



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 2006

zur nuklearen Sicherheit in den schweizerischen Kernanlagen

Aufsichtsbericht 2006

über die nukleare Sicherheit in den schweizerischen Kernanlagen

Rapport de Surveillance 2006

sur la sécurité nucléaire dans les installations nucléaires en Suisse

Regulatory Oversight Report 2006

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
Organisation	22
1. Kernkraftwerk Beznau	23
1.1 Überblick	23
1.2 Betriebsgeschehen	24
1.3 Anlagentechnik	26
1.4 Strahlenschutz	31
1.5 Radioaktive Abfälle	32
1.6 Notfallbereitschaft	33
1.7 Personal und Organisation	33
1.8 Sicherheitsbewertung	35
2. Kernkraftwerk Mühleberg	37
2.1 Überblick	37
2.2 Betriebsgeschehen	38
2.3 Anlagentechnik	39
2.4 Strahlenschutz	41
2.5 Radioaktive Abfälle	41
2.6 Notfallbereitschaft	43
2.7 Personal und Organisation	43
2.8 Periodische Sicherheitsüberprüfung 2005	45
2.9 Sicherheitsbewertung	45
3. Kernkraftwerk Gösgen	47
3.1 Überblick	47
3.2 Betriebsgeschehen	48
3.3 Anlagentechnik	49
3.4 Strahlenschutz	52
3.5 Radioaktive Abfälle	54
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	60
4.4 Strahlenschutz	63
4.5 Radioaktive Abfälle	65
4.6 Notfallbereitschaft	65
4.7 Personal und Organisation	65
4.8 Sicherheitsbewertung	67
5. Zentrales Zwischenlager Würenlingen	69
5.1 Zwischenlagergebäude	69
5.2 Konditionierungsanlage	71
5.3 Verbrennungs- und Schmelzanlage	71
5.4 Strahlenschutz	72

5.5	Notfallbereitschaft	72
5.6	Personal und Organisation	72
5.7	Rücknahme von Wiederaufarbeitungsabfällen	73
5.8	Beschaffung von Transport- und Lagerbehältern	74
5.9	Gesamtbeurteilung	74
6.	Paul Scherrer Institut (PSI)	75
6.1	Die Kernanlagen des PSI	75
6.2	Forschungsreaktor PROTEUS	75
6.3	Rückbau des Forschungsreaktors SAPHIR	76
6.4	Rückbau des Forschungsreaktors DIORIT	77
6.5	Hotlabor	77
6.6	Behandlung radioaktiver Abfälle	78
6.7	Lagerung radioaktiver Abfälle	79
6.8	Vorkommnisse	79
6.9	Strahlenschutz	79
6.10	Notfallbereitschaft	79
6.11	Personal und Organisation	80
6.12	Strahlenschutz-Schule	80
6.13	Gesamtbeurteilung	80
7.	Weitere Kernanlagen	81
7.1	Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL)	81
7.2	Universität Basel	81
8.	Transport von radioaktiven Stoffen	83
8.1	Genehmigungen nach Gefahrgutgesetzgebung	83
8.2	Bewilligungen nach Strahlenschutzgesetzgebung	83
8.3	Bewilligungen nach Kernenergiegesetzgebung	83
8.4	Transport abgebrannter Brennelemente und verglaster hochaktiver Abfälle	84
8.5	Inspektionen und Audits	84
9.	Anlagenübergreifende Themen	87
9.1	Probabilistische Sicherheitsanalysen und Accident Management	87
9.2	Joint Convention	89
9.3	Sicherheitsbewertung	90
10.	Geologische Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle	93
10.1	Schwach- und mittelaktive Abfälle	93
10.2	Hochaktive und alphatoxische Abfälle	93
10.3	Sachplan Geologische Tiefenlager	93
10.4	Felslaboratorien	94
Anhang		95
	Verzeichnis der Abkürzungen	117

Vorwort



Lehren aus dem Störfall in Forsmark

Am 25. Juli 2006 ereignete sich im schwedischen Kernkraftwerk Forsmark 1 ein Störfall, der weltweit ein grosses Medienecho auslöste. Was war geschehen? Technisch ist Folgendes passiert:

Bei Wartungsarbeiten in der 400-kV-Freiluftschaltanlage ausserhalb der Kernanlage wurde durch nicht fachgerecht ausgeführte Arbeiten ein Kurzschluss ausgelöst. Der Kurzschluss führte zur Trennung des Kernkraftwerkes vom Hochspannungsnetz. Der Trennungsvorgang verursachte eine unerwartet hohe Spannungsspitze, die zum Ausfall von zwei der vier Stränge der Notstromversorgung und zum Ausfall der Eigenbedarfsversorgung des Kernkraftwerkes führte. Damit standen zur Störfallbeherrschung nur noch die von den intakten Strängen versorgten Komponenten der Sicherheitssysteme zur Verfügung. Die Kühlung des Reaktorkerns war trotz dieser Ausfälle weiterhin möglich, weil die Auslegung der Notstrom- und Sicherheitssysteme im Block 1 der Anlage Forsmark 4 x 50 % beträgt und somit eine 100%-ige Kühlkapazität vorhanden war. Die vollständige Versorgung aller sicherheitstechnisch wichtigen Verbraucher konnte rund 22 Minuten nach Störfalleintritt durch manuelles Durchschalten des externen Netzes wieder hergestellt und die Anlage anschliessend in den kalt abgestellten Zustand normal abgefahren werden. Beim Störfall wurde keine Radioaktivität freigesetzt. Das Vorkommnis wurde von der schwedischen Aufsichtsbehörde auf Stufe 2 der 7-teiligen INES-Skala klassiert.

So weit die Fakten. Wir haben uns nach dem Bekanntwerden des Vorkommnisses umgehend der Detailabklärung zugewandt, um herauszufinden, was genau in Forsmark geschehen ist und welche Lehren wir daraus ziehen müssen. Bald war uns klar, dass im Bereich der Stromversorgung, speziell der Notstromversorgung, in der Anlage Forsmark technische Mängel vorhanden waren, die es in den schweizerischen Anlagen in vergleichbarer Weise nicht gibt. Ein Störfallablauf wie in Forsmark hätte in den Schweizer Anlagen allein aus technischen Gründen so nicht stattfinden können. Die Überprüfung der Detailausführung der Stromversorgung und insbesondere der vorhandenen Überspannungsschutzeinrichtungen in den schweizerischen Kernkraftwerken zeigen, dass nach heutigem Kenntnisstand in diesen Bereichen keine Mängel vorhanden sind.

Die Frage bleibt: Welches sind die Lehren, die wir aus diesem Vorkommnis ziehen müssen? Um diese Frage zu beantworten war es notwendig, die eigentlichen Grundursachen für den Störfall zu analysieren. Detailabklärungen zeigten, dass in Forsmark nebst den technischen Mängeln offensichtlich auch Defizite im Änderungswesen, in der Kommunikation mit dem Netzbetreiber, in der Umsetzung von Erfahrungen aus anderen in- und ausländischen Anlagen und nicht zuletzt in der Einstellung des Managements zur Sicherheit eine Rolle spielten. Und damit sind wir beim Kern unserer Erkenntnisse aus dem Forsmark-Störfall: Für den sicheren Betrieb von Kernanlagen spielen die Organisation und der Mensch eine zentrale Rolle. Mensch und Organisation bilden neben der Technik die Pfeiler der Sicherheit. Für die HSK ist diese Erkenntnis nicht neu – mit ihrer Aufsichtsstrategie der «Integrierten Aufsicht» fokussiert sie sich genau auf diese Eckpfeiler der Sicherheit.

Bei den Nach-Forsmark-Abklärungen in den schweizerischen Kernkraftwerken haben wir deshalb auch gezielt das Thema Mensch und Organisation analysiert. Schwerpunkte unserer Abklärungen

bildeten das Änderungswesen, die Ausbildung der Schichtmannschaft, die Auswertung von Erfahrungen und Vorkommnissen in in- und ausländischen Anlagen und die grundsätzliche Einstellung des Managements zur Sicherheit. Die Abklärungen haben gezeigt, dass in der Schweiz diesen Themen seit langem grosse Aufmerksamkeit geschenkt wird. Wir wissen, dass auch hier eine stetige Verbesserung Teil eines gelebten Sicherheitsdenkens ist. Aus dem Forsmark-Ereignis wird einmal mehr deutlich, wie wichtig die Ausbildung der gesamten Kraftwerksbelegschaft und insbesondere die Simulatorenbildung für die Schichtmannschaft ist. Am Simulator lassen sich Störfallszenarien ähnlich demjenigen in Forsmark üben. Die HSK erwartet deshalb von den Betreibern, dass sie bei der Simulatorenbildung des Schichtpersonals noch vermehrt Ausfälle von Redundanzen der Sicherheitssysteme oder der Energieversorgung und den Ausfall von Informationssystemen und Anzeigen im Kommandoraum schulen. Im Ernstfall ist es wichtig, dass das Schichtpersonal ruhig und nach klaren Vorgaben die Situation im Griff hält. Die Schichtmannschaft in Forsmark hat dies gut gemacht und massgeblich dazu beigetragen, dass die Stromversorgung nach rund 22 Minuten wieder voll verfügbar war und die Anlage sicher abgefahren werden konnte. Die HSK hat den Betreibern zudem empfohlen, für die Auswertung der Betriebserfahrung und von Vorkommnissen in ausländischen Anlagen ausreichend Ressourcen bereitzustellen. Aus der Erfahrung anderer lassen sich wichtige Lehren für die eigene Anlage ableiten, die genutzt werden müssen. Im Bereich Mensch und Organisation ist in den letzten Jahren in den schweizerischen Kernkraftwerken vieles geleistet und erreicht worden. Der HSK ist es ein Anliegen, dass sich die Werke mit ihrem sicherheitsgerichteten Verhalten und Denken, d.h. mit ihrer Sicherheitskultur auseinandersetzen. Die HSK ist sich bewusst, dass Kultur nicht verordnet werden kann. Sie kann lediglich durch wohl-

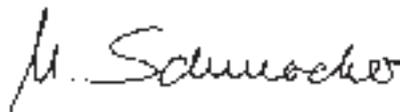
durchdachte Vorgehensweisen weiterentwickelt werden. Damit Massnahmen zur Förderung der Sicherheitskultur auch tatsächlich einen positiven Effekt auf die Sicherheit zeigen, ist es von grosser Bedeutung, dass sich das Management des Kraftwerks seiner besonderen Vorbildfunktion für eine gute Sicherheitskultur bewusst ist. Es ist die Aufgabe der Führung, die Sicherheitskultur der eigenen Organisation weiter zu entwickeln, aktiv umzusetzen und dafür zu sorgen, dass alle Mitarbeitenden diese mittragen. Die HSK beobachtet diesen Prozess und vergewissert sich, dass die Werke geeignete Massnahmen zur Förderung und Überwachung ihrer Sicherheitskultur treffen. Sie greift dann ein, wenn sie feststellt, dass der Prozess nicht mit der notwendigen Priorität und Intensität umgesetzt wird. Die Erfahrung zeigt, dass die Betreiber ein ureigenes Interesse daran haben, dass in ihrer Organisation eine Kultur herrscht, in welcher der Sicherheit erste Priorität eingeräumt wird. Die Einsetzung eines eigenen werksinternen Sicherheits-Controllings in einigen schweizerischen Kernkraftwerken zeigt, welche Bedeutung der Sicherheit beigemessen wird. Die im Sicherheits-Controlling eingesetzten, erfahrenen Mitarbeitenden sind nicht im Tagesgeschäft eingebunden. Sie kontrollieren das Tagesgeschäft allein im Hinblick auf dessen Sicherheitsrelevanz, prüfen und hinterfragen Arbeitsabläufe, Entscheide und Verhalten von Mitarbeitenden und berichten regelmässig ihre Beobachtungen dem Kraftwerksleiter und der Geschäftsleitung. Sie stehen als Ombudsstelle für Sicherheitsfragen allen Mitarbeitenden zur Verfügung. Die Anfang 2007 herausgegebene nukleare Sicherheits-Charta einer Geschäftsleitung schweizerischer Kernkraftwerke zeigt, dass sich auch diese sehr wohl der Bedeutung der nuklearen Sicherheit bewusst ist. Wenn die Geschäftsleitung und der Verwaltungsrat klar zum Ausdruck bringen, dass «dem Schutz der Bevölkerung, der Mitarbeitenden und der Umwelt vor radioaktiver Strahlung absoluter Vorrang» einzuräumen ist, dann ist das

für uns ein wichtiges Signal dafür, dass die oberste Führung dieser Organisation die nukleare Sicherheit als wichtigstes Ziel anerkennt. In ihrer Aufsicht überprüft die HSK laufend, dass dieses Ziel nicht nur geschrieben, sondern auch gelebt wird.

Die HSK ihrerseits wird ihre Präsenz in den Anlagen noch verstärken mit dem Ziel, sich ein eigenes, unabhängiges Bild vom Alltag in den Anlagen machen zu können. Der Alltag gibt die deutlichsten Hinweise auf Stärken und Schwächen im Umgang mit der Sicherheit in einer Anlage. Schwächen so früh wie möglich zu erkennen, ist unser Ziel. Im letzten Jahr haben wir keine Hinweise auf solche Mängel beobachtet. Wir bleiben weiterhin wachsam und werden diesem Aspekt in unserer Aufsicht ein hohes Gewicht beimessen. Über unsere Tätigkeit berichten wir offen und transparent,

zum Beispiel im vorliegenden Aufsichtsbericht. Auch dies ist für uns Teil unseres eigenen Sicherheitsdenkens.

Die Ergebnisse der HSK-Abklärungen zum Störfall in Forsmark und dessen Auswirkungen auf die schweizerischen Kernkraftwerke sind in einem ausführlichen Bericht festgehalten, der auch auf unserer Website (www.hsk.ch) abrufbar ist. Eine Kurzfassung kann in unserem Forschungs- und Erfahrungsbericht 2006 nachgelesen werden. Auch dieser Bericht ist auf unserer Website aufgeschaltet.



U. Schmocker

Préface

Les enseignements de l'incident de Forsmark

L'incident survenu le 25 juillet 2006 dans la centrale nucléaire suédoise de Forsmark 1 a connu un très large écho médiatique dans le monde entier. Que s'est-il passé? Voici le déroulement technique des événements:

Des travaux de maintenance effectués de façon inappropriée dans la sousstation de 400 kV externe à la centrale ont causé un court-circuit suite auquel la centrale a été déconnectée du réseau haute tension. Une surtension d'une amplitude inattendue intervenue au cours de cette séparation a provoqué l'échec du passage en îlotage et de là l'interruption de l'alimentation interne des équipements nécessaires à l'exploitation de la centrale, ainsi que la perte de deux des quatre jeux de barres de l'alimentation électrique de secours. Ainsi, seuls les équipements importants pour la sûreté alimentés par les jeux de barre encore intacts ont pu contribuer à la maîtrise de l'incident. Le refroidissement du réacteur est resté assuré malgré ces défaillances de l'alimentation électrique puisque, conformément à la conception de la tranche 1 de la centrale de Forsmark reposant sur quatre voies de sûreté (4 x 50%) avec, pour chacune d'entre elles, une alimentation électrique de secours, une capacité de refroidissement de 100% demeurerait disponible. L'alimentation électrique de tous les équipements importants pour la sûreté a pu être rétablie près de 22 minutes après le début de l'incident, en raccordant manuellement le système de distribution interne de la centrale au réseau auxiliaire externe. Par la suite, la mise à l'arrêt froid du réacteur s'est déroulée normalement. Cet incident n'a pas occasionné de rejets radioactifs. L'autorité de sûreté suédoise a classé l'incident au niveau 2 de l'échelle INES qui en compte 7.

Voilà pour l'exposé des faits. Dès la divulgation des premières informations sur cet incident, nous avons immédiatement engagé une analyse détaillée pour connaître le déroulement précis de l'incident de Forsmark et savoir quels enseignements en tirer. Nous avons très vite constaté qu'au niveau de l'alimentation électrique, en particulier de l'alimentation électrique de secours, l'installation de Forsmark présentait des défaillances techniques qu'on ne trouve pas dans nos installations. Donc techniquement déjà, l'incident survenu à Forsmark n'aurait pas pu avoir lieu dans les installations nucléaires suisses. Le contrôle du processus détaillé de l'alimentation électrique et notamment des dispositifs de protection contre les surtensions implantés dans les centrales nucléaires suisses montre qu'en l'état actuel des connaissances, ces domaines ne présentent pas de défaillances.

Une question reste: quels enseignements devons-nous tirer de cet événement? Pour y répondre, il était nécessaire d'analyser les causes véritables de l'incident. Des analyses détaillées ont montré que des défaillances techniques, mais à l'évidence aussi des défauts dans le processus de modification des équipements, dans la communication avec l'exploitant du réseau, dans le retour d'expériences d'autres installations suisses et étrangères et enfin dans la mise au point de la gestion de la sûreté, avaient joué un rôle important dans l'incident de Forsmark. Et nous voici donc au cœur du problème de l'incident de Forsmark: les facteurs humain et organisationnel jouent un rôle capital en matière d'exploitation sûre des installations nucléaires. L'être humain et l'organisation sont, avec la technique, les piliers de la sûreté. Ce constat n'a rien de nouveau pour la DSN; avec sa stratégie de la «surveillance intégrée», elle concentre précisément toute son attention sur ces piliers de la sûreté.

Dans nos analyses pour les centrales nucléaires suisses suivant l'incident de Forsmark, nous avons donc étudié aussi de manière ciblée le thème «facteurs humains et organisation». Nos études ont porté essentiellement sur les processus de modification des équipements, la formation du personnel des équipes de quart, l'évaluation des expériences et des événements dans les installations suisses et étrangères, ainsi que la mise au point de la gestion de la sûreté. Les études ont montré que la Suisse était depuis longtemps très attentive à ces thèmes. Car, nous savons qu'une amélioration constante fait partie d'une réflexion vivante sur la sûreté. L'incident de Forsmark souligne une fois de plus l'importance de la formation de l'ensemble du personnel d'une centrale, et en particulier de la formation du personnel de conduite sur simulateur. La formation sur simulateur permet de s'entraîner d'après des scénarios d'incidents similaires à celui qui est survenu à Forsmark. La DSN recommande que le cumul de pertes de voies redondantes des systèmes de sûreté ou de l'alimentation électrique, ainsi que le cumul de défaillances de systèmes d'information numériques et d'indicateurs en salle de commande soient exercés de façon accrue lors de la formation sur simulateur du personnel de quart. En cas critique, il est important que le personnel de quart garde la situation en main avec calme et dans le respect de prescriptions claires. L'équipe de quart de Forsmark s'est bien comportée et a largement contribué à ce que l'alimentation électrique soit entièrement rétablie près de 22 minutes après le début de l'incident et à ce que l'installation puisse redémarrer de manière sûre. La DSN attend par ailleurs des exploitants des centrales nucléaires suisses qu'ils consacrent les ressources nécessaires à l'évaluation de l'expérience d'exploitation et des événements survenus dans les centrales à l'étranger. L'expérience de tiers permet de tirer d'importants enseignements qu'on peut appliquer à sa propre installation.

Ces dernières années dans les centrales nucléaires suisses, on a beaucoup travaillé et atteint de nombreux objectifs dans le domaine «facteur humain et organisation». La DSN tient à ce que les centrales remettent en question leur comportement et leur réflexion sur la sûreté, c'est-à-dire leur culture

de la sûreté. La DSN sait que la culture de la sûreté ne peut faire l'objet de prescriptions. On ne peut que l'améliorer par des processus mûrement réfléchis. Pour que des mesures d'encouragement de la culture de la sûreté aient des effets véritablement positifs sur la sûreté, il est très important que la direction de la centrale ait conscience de sa fonction particulière de modèle d'une bonne culture de la sûreté. Il est du devoir de la direction d'améliorer la culture de la sûreté de sa propre organisation, de l'appliquer activement et de veiller à ce que tous ses collaborateurs la soutiennent. La DSN observe ce processus et s'assure que les centrales prennent les mesures appropriées pour promouvoir et contrôler leur culture de la sûreté. Elle intervient lorsqu'elle constate que le processus n'a pas été appliqué avec la priorité et l'intensité requises. L'expérience montre que les exploitants ont tout intérêt à ce que règne dans leur organisation une culture donnant la priorité absolue à la sûreté.

La mise en place de son propre contrôle de la sûreté interne dans quelques centrales nucléaires suisses montre l'importance attribuée à la sûreté. Les collaborateurs compétents qui travaillent au contrôle de la sûreté ne sont pas directement liés aux activités quotidiennes. Ils ne les contrôlent que dans l'optique de leur importance pour la sûreté, vérifient les déroulements du travail, les décisions et comportements des collaborateurs, y réfléchissent ensuite et rendent compte régulièrement de leurs observations au directeur de la centrale et à la direction de l'exploitant. Ils sont à la disposition de tous les collaborateurs en tant qu'organe de médiation pour les questions de sûreté. Publiée début 2007, la Charte de la sûreté nucléaire de la direction d'une centrale nucléaire suisse montre qu'elle aussi est très consciente de l'importance de la sûreté nucléaire. Lorsqu'ils déclarent clairement vouloir «donner la priorité absolue à la protection contre le rayonnement radioactif de la population, des collaborateurs et de l'environnement», la direction de l'exploitant et le conseil d'administration nous donnent un signal fort, puisqu'ils voient dans la sûreté nucléaire leur instrument le plus important. Dans son activité de surveillance, la DSN contrôle en permanence que

cet objectif n'en reste pas aux mots et soit aussi mis en pratique.

La DSN pour sa part renforcera encore sa présence dans les installations avec pour objectif d'avoir une représentation personnelle et indépendante du quotidien des installations. Le quotidien donne en effet les renseignements les plus clairs sur les forces et les faiblesses d'une installation dans le contexte de la sûreté. Notre but est d'en identifier aussi tôt que possible les faiblesses. L'année dernière, nous n'avons identifié aucun signe de telles défaillances. Nous restons vigilants et donnerons beaucoup d'importance à cet aspect de notre sur-

veillance. Nous rendons compte de notre activité de manière ouverte et transparente, comme par exemple dans le présent rapport de surveillance. Ceci aussi fait partie de notre propre réflexion sur la sûreté.

Les résultats des analyses de la DSN concernant l'incident de Forsmark et ses conséquences sur les centrales nucléaires suisses figurent dans un rapport détaillé, consultable aussi sur notre site Internet (www.hsk.ch). On peut en trouver un bref résumé dans notre rapport de recherche et d'expériences 2006. Ce rapport a également été publié sur notre site Internet.

Preface

Lessons from the incident at Forsmark

The incident at the Swedish nuclear power plant Forsmark 1 on 25 July 2006 sparked considerable media debate worldwide. What happened? In technical terms, the following:

During servicing of a 400 kV external switchyard a short circuit occurred because work had not been performed correctly. Following the short circuit, the nuclear power plant (NPP) was disconnected from the high voltage grid. This disconnection triggered an unexpectedly high voltage spike, which in turn led to the loss of two of the four trains of the emergency power supply and the failure of the NPP's internal power system. This meant that the only safety system components available to control the incident were those connected to the intact supply lines that remained. Despite these failures, it was still possible to cool the reactor core because the emergency and safety systems at the Forsmark 1 plant are designed as 4 x 50 % and so 100 % cooling capacity was retained. The power supply for all safety-related components was re-established about 22 minutes after the event by means of a manual connection to the external grid. It was then possible to shut down the plant normally in the cold shutdown state. The incident caused no leak of radiation. The Swedish regulatory body ranked the incident as 2 on the 7 level INES scale.

So much for the facts: As soon as the incident was announced, the Inspectorate took immediate action to find out exactly what had happened at Forsmark and whether there were lessons to be learned. It soon became clear that the power supply at the Forsmark plant had been faulty; in particular there had been a problem with the emergency power supply system. However, the nature of the problem was such that it could not have been replicated in a Swiss plant in a comparable way. In other words, it would have been impossible – not least for technical reasons – for something similar

to have occurred in a Swiss nuclear power plant. A thorough check of the power supply systems of Swiss nuclear power plants and in particular the over-voltage protection systems established that – based on the current state of knowledge – Swiss nuclear power plants currently have no problems in these areas.

However, this still leaves the question of whether there are lessons to be learned from this incident. To answer this question, it was necessary to analyse its underlying causes. Detailed investigations revealed that – apart from the technical defects – the Forsmark plant had shortcomings in other areas; the plant modification process, communication with the grid operator, implementation of experience from other domestic and foreign plants and last but not least the attitude of management to safety. This brings us to the essence of what we can learn from the Forsmark incident: People and organisation play a crucial role in the safe operation of nuclear power plants. Safety rests on three main planks. They are – in addition to technology – human influence and organisation. This is not new to the Inspectorate; as part of its strategy of «Integrated Supervision», it has focussed precisely on these three key aspects of safety.

As a result, our analysis of the relevance of the Forsmark incident to Swiss nuclear power plants included a focus on human influence and organisation, in particular, the modification processes, the training of shift teams, the evaluation of experience and incidents in Switzerland and abroad and the fundamental attitude of management to safety. Our analysis showed that in Switzerland these issues have been the subject of particular focus for some considerable time. And, we were already aware that regular improvements in these areas are part of a proactive approach to safety. The incident at Forsmark is a clear reminder of the importance of training for all those working in a nuclear power plant and in particular the importance of the use of simulators for training shift

personnel. Simulator training makes it possible to work through scenarios similar to the incident at Forsmark. For this reason, the Inspectorate expects operators to use simulators in order to provide shift personnel with an opportunity to practice their response to a failure in the redundancy of safety systems, the power supply or information systems and displays in control rooms. In real-life situations, it is important that those on duty remain calm and maintain a firm grip on the scenario based on clear parameters. The team on duty at Forsmark at the time of the incident responded well and played a major part in the restoration of full power within 22 minutes, thus allowing a safe shutdown of the plant. In addition, the Inspectorate recommends that operators should make available sufficient resources for the evaluation of operating experience and incidents occurring at plants outside Switzerland. We can learn important lessons from the experience of others and our plants must make use of this experience.

In terms of human influence and organisation, much has been done and achieved in recent years in Swiss nuclear power stations. For the Inspectorate, it is important that plants analyse their safety-related behaviour and way of thinking, i.e. they give detailed consideration to their own safety culture. The Inspectorate is mindful of the fact that culture is not something that can be prescribed. It can only be developed if there are procedures that are well thought out. If efforts to promote a safety culture are to have a genuine and positive effect on safety, management must be aware of their own particular role, i.e. management should be the role model for a good safety culture. Management must develop and continue to develop the safety culture within its own organisation; it must actively implement it and ensure that all personnel contribute to it. The Inspectorate monitors this process and ensures that plants take appropriate action to encourage and supervise their own safety culture. It intervenes if it finds that the process is not being implemented with the required priority and to the required degree. Experience has shown that it is in the interests of the plant operators to ensure that the culture in their organisation is one in which safety is given maximum priority.

The introduction of internal safety control systems by some nuclear power plants in Switzerland is evidence of the importance that they attribute to safety. These plants have assigned experienced personnel to such safety control systems, which are not part and parcel of normal everyday operations. Their sole function is to monitor day-to-day activities and assess their relevance to safety; they scrutinise and question procedures, decisions and staff behaviour and report regularly to plant managers and licence holders. For staff, they act as an ombudsman in matters of safety. The Nuclear Safety Charter issued at the beginning of 2007 by senior management at one of the Swiss nuclear power stations is further evidence of the importance that managers attribute to nuclear safety. If the licensee and board of directors clearly state that «the protection of the public, staff and the environment against radiation is an absolute priority», this is an important signal to the Inspectorate that the top management of this organisation regards nuclear safety as its No. 1 objective. As part of its regulatory functions, the Inspectorate undertakes continuous monitoring to ensure that this objective is not just something in writing but is also acted upon.

For its part, the Inspectorate plans to strengthen further its presence inside plants so that it can obtain an independent assessment of everyday operations. It is daily operations that provide the clearest indication of the strengths and weaknesses of safety in a plant and the Inspectorate will seek to identify any weaknesses as early as possible. In the last year, we have found no evidence of such weaknesses but we remain vigilant and attach considerable importance to our surveillance functions in this respect. We provide open and transparent reports on our activities, e.g. this Surveillance Report and as far as we are concerned, this forms part of our own safety culture.

The results of the Inspectorate's investigation of the Forsmark incident and its relevance to Swiss nuclear power stations were published in a detailed report, which is available – inter alia – from our website (www.hsk.ch). A brief summary is included in our Research and Experience Report for 2006, which is also available on our website.

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 in diesen 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 und die Vorschriften für den Transport radioaktiver Stoffe. Gestützt auf diese gesetzlichen Grundlagen erstellt die HSK eigene Richtlinien. Darin formuliert sie die Kriterien, nach denen sie die Tätigkeiten und Vorhaben der Betreiber von Kernanlagen beurteilt. Das bestehende Regelwerk wird kontinuierlich auf seine Aktualität überprüft. Eine Übersicht über die Richtlinien der HSK findet sich in der Tabelle 10 im Anhang dieses Aufsichtsberichts. Alle geltenden 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 Normalbetrieb 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 Medienmittei-

lungen, auf ihrer Website im Internet und an Veranstaltungen öffentlich zugänglich.

Jährliche Berichterstattung der HSK

Der vorliegende Aufsichtsbericht ist Teil einer umfassenden 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. Die Vorworte, Einleitungen und Zusammenfassungen werden auf Französisch und Englisch übersetzt.

Die Berichte werden nach ihrem Erscheinen auch im Internet unter www.hsk.ch aufgeschaltet.

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 der 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 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 den 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 enthält zudem eine Reihe ergänzender Detailinformation.

Beurteilung zu den Kernkraftwerken

Die HSK stellt zusammenfassend fest, dass im Berichtsjahr die nukleare Sicherheit aller schweizerischen Kernkraftwerke in Bezug auf die Auslegung und das Betriebsgeschehen gut war und die bewilligten Betriebsbedingungen eingehalten wurden. Die Bewilligungsinhaber haben gegenüber der Aufsichtsbehörde ihre gesetzlich festgelegten Meldepflichten und Freigabepflichten im Aufsichtsjahr wahrgenommen, mit vereinzelt in den Kapiteln 1 und 2 behandelten Ausnahmen. Die HSK klassierte gemäss ihren Richtlinien 9 Vorkommnisse (im Vorjahr 14) in den Kernkraftwerken (KKW). Zwei dieser Vorkommnisse ereigneten sich im Block 1 des KKW Beznau, zwei in Mühleberg, drei in Gösgen und zwei in Leibstadt. Diese Vorkommnisse wurden auf der internationalen Ereignisskala INES der Stufe 0 zugeordnet (INES siehe Tabelle 4 im Anhang). Sie 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 2006 befanden sich in der Behälterlagerhalle 25 Transport- und Lagerbehälter mit abgebrannten Brennelementen und Glaskokillen sowie sechs Behälter mit Stilllegungsabfällen aus dem Versuchsatomkraftwerk Lucens. Im Lager für mittelaktive Abfälle befanden sich Ende 2006 insgesamt 2369 Gebinde. 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 fast 500 Abfallfässer verarbeitet, d.h. deutlich mehr als im Durchschnitt in der Schweiz jährlich anfallen. Am Ende der Kampagnen gelang es zudem immer, den Verbrennungsofen in ordnungsgemäss entleertem Zustand abzufahren. Die ZWILAG hat beschlossen, den Personalbestand stark zu erhöhen, um die anfallenden Arbeiten flexibler bewältigen zu können.

Beurteilung zum Paul Scherrer Institut und zu den Forschungsanlagen

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 ereigneten sich im Jahr 2006 keine klassierten Vorkommnisse.

Die HSK beurteilt die nukleare Sicherheit der Kernanlagen des PSI 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 und des PSI 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

In der ersten Hälfte des Berichtsjahrs wurden zwei Transporte abgebrannter Brennelemente zur Wiederaufarbeitung durchgeführt. Seit dem 1. Juli 2006 gilt das im Kernenergiegesetz festgelegte zehnjährige Moratorium. Es erfolgte auch eine Rückführung von hochaktiven Glaskokillen aus der Wiederaufarbeitung bei COGEMA in Frankreich zur ZWILAG. Bei allen Transporten von Brennelementen, Glaskokillen und radioaktiven Abfällen wurden die gefahrgutrechtlichen Grenzwerte und die Strahlenschutzvorgaben eingehalten. Im Berichtsjahr trugen sich aber anlässlich von Transport-

ten sonstiger radioaktiver Stoffe vier klassierte Vorkommnisse zu, die alle auf mangelnde Sorgfalt beim Absender im Ausland zurückzuführen sind.

Geologische Tiefenlagerung

Im Juni 2006 hat der Bundesrat den von der Nagra eingereichten Entsorgungsnachweis für die hochaktiven und langlebigen mittelaktiven Abfälle auf Grund der behördlichen Überprüfungen und der Ergebnisse der öffentlichen Vernehmlassung als erbracht erklärt. Es soll nun die Realisierung der benötigten Tiefenlager für alle radioaktiven Abfälle in Angriff genommen werden. Hierzu sind vorerst die Standorte gemäss dem Sachplan Geologische Tiefenlager auszuwählen.

Der Sachplan wird unter Federführung des Bundesamtes für Energie (BFE) ausgearbeitet. Die HSK legt dabei die im Auswahlverfahren anzuwendenden sicherheitstechnischen Kriterien fest. Der Entwurf des Konzeptteils des Sachplans wurde von Juni bis August 2006 einer breiten Vernehmlassung unterzogen. Der auf Grund der eingegangenen Stellungnahmen überarbeitete Entwurf wurde im Januar 2007 den interessierten Stellen und Behörden im In- und Ausland sowie der Öffentlichkeit zur Anhörung unterbreitet.

Auf Grund der Bestimmungen der Kernenergiegesetzgebung ist neu das Bundesamt für Gesundheit (BAG) und nicht mehr die HSK die zuständige Behörde für den Umgang mit radioaktiven Stoffen in den Felslaboratorien.

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'acquiescer 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) ainsi que les prescriptions en vigueur pour le transport de substances radioactives constituent la base légale de la surveillance de la DSN. La DSN élabore 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. L'actualité des réglementations en vigueur fait l'objet de contrôles continus. Un aperçu des directives de la DSN est donné 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 cor-

recte, 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 d'un plus large 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 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 cha-

pitre 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 renferme par ailleurs toute une série d'informations détaillées complémentaires.

Appréciation des centrales nucléaires

Sur l'ensemble de l'exercice 2006, la DSN constate que la sûreté nucléaire de toutes les centrales nucléaires suisses est satisfaisante tant au niveau de la conception et du dimensionnement, qu'à celui de l'exploitation. En outre, les conditions d'exploitation autorisées ont été respectées. A quelques exceptions près, traitées plus en détail aux chapitres 1 et 2, les titulaires d'autorisations ont respecté, face aux autorités de surveillance, leurs devoirs de notification et d'agrément fixés par la loi.

Conformément à ses directives, la DSN a notifié 9 événements (14 l'année précédente) survenus dans les centrales nucléaires. Deux d'entre eux se sont produits dans la tranche 1 de la centrale nucléaire de Beznau, deux autres à Mühleberg, trois à Gösgen et deux à Leibstadt. Tous ces événements ont été classés au niveau 0 de l'échelle internationale de gravité des événements INES (échelle INES, voir tableau 4 en annexe). Ces événements n'ont pas compromis la sûreté nucléaire.

Appréciation du Centre de stockage intermédiaire de Würenlingen

Le Centre de stockage intermédiaire ZWILAG à Würenlingen comprend plusieurs bâtiments d'entrepasage, une installation de conditionnement, ainsi qu'une station d'incinération et de fusion. Les halles d'entrepasage sont opérationnelles depuis 2001. Fin 2006, la halle des conteneurs abritait 25 conteneurs de transport et d'entrepasage avec assemblages combustibles usés et coquilles de verre, en plus des six conteneurs de déchets de démantèlement provenant de la centrale nucléai-

re expérimentale de Lucens. Fin 2006, le dépôt pour déchets moyennement radioactifs abritait en tout 2369 fûts. La sûreté nucléaire des bâtiments de stockage et de la cellule chaude est satisfaisante 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 2006 dans la station d'incinération et de fusion. Près de 500 fûts de déchets y ont été traités, soit bien plus que la quantité moyenne produite chaque année en Suisse. A la fin des campagnes, le four d'incinération a toujours pu être vidé de manière réglementaire. ZWILAG a décidé d'augmenter sensiblement l'effectif de son personnel afin de pouvoir assumer les travaux à réaliser avec plus de flexibilité.

Evaluation de la sûreté de l'Institut Paul Scherrer et de ses installations de recherche

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 accordées.

En 2006, aucun événement n'a été notifié dans les installations nucléaires de l'IPS.

La DSN juge la sûreté nucléaire des installations de l'IPS globalement bonne, tant au niveau de la conception et du dimensionnement, qu'en ce qui concerne l'exploitation. Les travaux y ont été réalisés dans le respect des prescriptions en vigueur pour la radioprotection. En 2006 aussi, les doses collectives annuelles à l'IPS sont restées à un niveau bas.

Rejets de substances radioactives

En 2006, 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 et de l'IPS, 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

Au premier semestre de l'exercice sous revue, deux transports pour le retraitement d'assemblages combustibles usés ont eu lieu. Le moratoire de dix ans fixé dans la loi sur l'énergie nucléaire est en vigueur depuis le 1^{er} juillet 2006. Il y a eu aussi un retour à ZWILAG de coquilles de verre hautement radioactives provenant du retraitement à la COGEMA en France. 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. Mais au cours de ce même exercice, quatre événements ont été notifiés dans le cadre de transports d'autres substances radioactives; tous résultaient d'une carence de soin de la part de l'expéditeur à l'étranger.

Stockage en couches géologiques profondes

Le Conseil fédéral a déclaré en juin 2006 que la démonstration de la faisabilité du stockage en couches géologiques profondes pour déchets hautement radioactifs et déchets de moyenne activité à vie longue avait été fournie sur la base des vérifications effectuées par les autorités et des résultats de la consultation publique. Il s'agit maintenant de procéder à la réalisation des dépôts profonds nécessaires pour tous les déchets radioactifs et, pour ce faire, de d'abord sélectionner les sites conformément au plan sectoriel «Dépôts en couches géologiques profondes».

Le plan sectoriel est placé sous la direction de l'Office fédéral de l'énergie (OFEN). La DSN fixe les critères de sûreté à appliquer pour la procédure de sélection. Le projet de la partie conceptuelle du plan sectoriel a été soumis, de juin à août 2006, à une large procédure de consultation. Après avoir été remanié sur la base des prises de position saisies, le projet a été soumis, en janvier 2007, à une audition publique ainsi que des services et autorités intéressés en Suisse et à l'étranger.

Sur la base des clauses de la législation sur l'énergie nucléaire, c'est maintenant l'Office fédéral de la santé publique (OFSP), et plus la DSN, qui est l'autorité compétente en matière de manipulation des substances radioactives dans les laboratoires souterrains de recherche.

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 the five nuclear power plants in Switzerland, the plant-based interim storage facilities, the Central Interim Storage Facility at Würenlingen and the nuclear facilities at the Paul Scherrer Institute (PSI) and the university of Basel and the Federal Institute of Technology in Lausanne. The Inspectorate assesses nuclear safety in these facilities and using a mixture of inspections, regulatory meetings, examinations and analyses together with reports from individual plant licensees, it obtains the required overview of nuclear safety. The Inspectorate ensures that the facilities comply with regulations and that operations are conducted in compliance 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 which would be activated if there were a serious incident in a Swiss nuclear facility.

The legislative framework for the regulatory functions of the Inspectorate consists of the Nuclear Energy Act (KEG), the Nuclear Energy Ordinance (KEV), the Radiological Protection Act (StSG), the Radiological Protection Ordinance (StSV) and regulations covering the transport of radioactive materials. This legislative framework forms the basis of the guidelines issued by the Inspectorate formulating the criteria by which the plans and activities of nuclear plant operators are evaluated. The existing regulatory framework is reviewed regularly and revised as necessary. Table 10 of 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 responsibilities in this respect cover both normal operations and any incidents occurring in nuclear

facilities in Switzerland. The Inspectorate seeks to provide the public with accurate, timely and transparent information and makes such information 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 comprehensive system of reporting. In addition, the Inspectorate publishes an annual Radiological Protection Report, a Research and Experience Report and a Management Report. These four reports are all published in the spring. The original language for all reports is German but the prefaces, introductions and summaries are also available in French and English.

After publication, these reports are also posted on the Inspectorate's website at www.hsk.ch.

Content of this report

Chapters 1 to 4 of this Oversight Report focus primarily on the operation, repair, 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 oversight of nuclear facilities at the Paul Scherrer Institute 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, i.e. those not specific to individual nuclear facilities such as the probabilistic safety analyses. In Chapter 10, the Inspectorate reports on the preparatory work for the deep 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 nuclear safety – in terms of the design and operation of facilities in all Swiss nuclear power plants – was good throughout the year under review and facilities complied with their operating licences. In terms of their dealings with the Inspectorate, the licensees complied with statutory reporting requirements and disclosed the information required by law with the exception of the instances listed in Chapters 1 and 2.

During the year, the Inspectorate recorded a total of 9 incidents (14 in 2005) in Swiss nuclear power plants (NPP) classified according to the system laid down in its own guidelines. Two of these incidents occurred in Unit 1 of the Beznau NPP, two at Mühleberg, three at Gösgen and two at Leibstadt. All incidents were classed as Level 0 on the International Nuclear Event Scale (INES – see Table 4 in the appendix). They had minimal impact on nuclear safety.

Assessment of the Central Interim Storage Facility at Würenlingen

The Central Interim Storage Facility (ZWILAG) at Würenlingen consists of several interim storage halls, a conditioning plant and an incineration/melting plant. The storage halls have been in use since 2001. At the end of 2006, the cask storage hall contained 25 transport/storage casks with spent fuel assemblies and vitrified residue packages plus six casks with decommissioning waste from the experimental nuclear power plant at Lucens. The storage hall for intermediate level waste contained 2369 containers. In terms of their design and operation, the nuclear safety of storage buildings and the so-called hot cell was good.

During the year under review, two further test campaigns using radioactive waste were conducted in the incineration/melting plant. During these tests, almost 500 drums containing waste were processed, i.e. considerably more than the average number accruing in Switzerland each year. In addition, on completion of the tests it was possible on every occasion to shut down the incineration plant in the required emptied state. ZWILAG has decided on a significant increase in its workforce so that it has greater flexibility in the way it handles the workload.

Assessment of the Paul Scherrer Institute and the research facilities

The nuclear facilities at 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 oversight 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 were no classified incidents at PSI nuclear facilities in 2006.

In terms of the design and operation of the PSI nuclear facilities, the Inspectorate rated overall nuclear safety as good. Work was done in accordance with regulations on radiological protection. Moreover, annual collective doses at PSI remained low in 2006.

Release of radioactive materials

In 2006, the release of radioactive materials into the environment via waste water and exhaust air from nuclear power plants, the Central Interim Storage Facility and PSI was considerably less than the limits specified in the operating licenses. The analyses showed that the maximum dose, including for individuals living in the immediate vicinity of a plant was less than 1 % of the annual exposure to natural radiation.

Transport of radioactive materials

During the first half of 2006, 2 consignments of spent fuel assemblies were transported for reprocessing. The 10-year moratorium provided for under the Nuclear Energy Act (KEG) came into force on 1st July 2006. In addition, a consignment of high-level vitrified waste was returned to ZWILAG after reprocessing at COGEMA in France. The fuel assemblies, vitrified residue packages and radioactive waste were all transported without breach of the limits specified in the regulations on the

transport of hazardous waste and legislation on radiological protection. However, during the year under review, four classified incidents occurred during the transport of other radioactive materials, all of which were the result of a lack of care on the part of the consignor abroad.

Deep geological repository

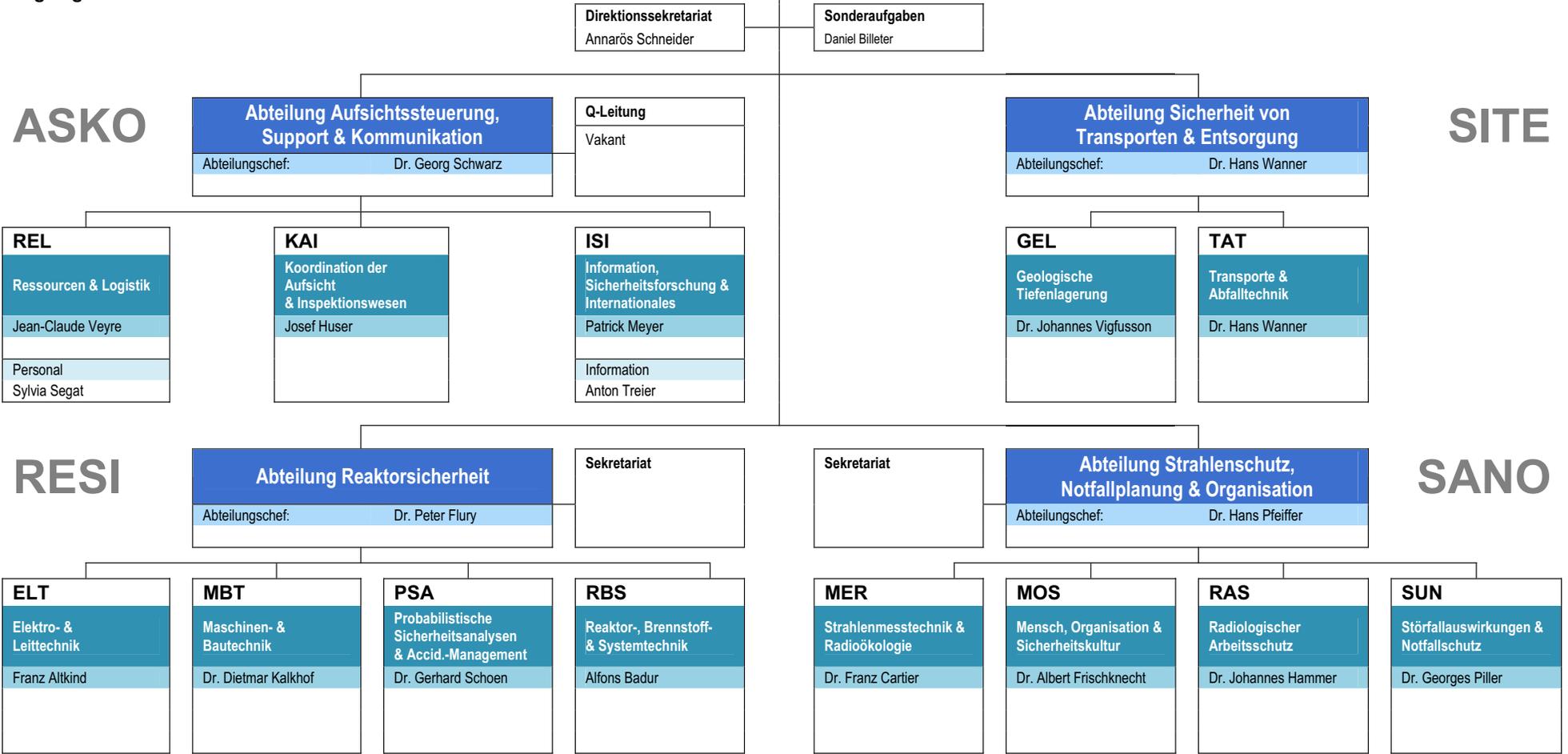
In June 2006 – following official evaluation and public consultation – the Swiss Federal Council confirmed that Nagra had complied with its statutory obligations in terms of the proof-of-disposal evidence submitted for high-level and long-life medium-level waste. Work will now start on realizing the required geological repository for all radioactive waste; the first stage will be the selecti-

on of locations based on the procedure specified in the detailed plan for a deep geological repository. The Swiss Federal Office for Energy (SFOE) was the lead body in the preparation of this plan with the Inspectorate stipulating the technical safety criteria to be applied to the selection process. The draft of this concept element of the plan was the subject of extensive consultation between June and August 2006. The document was then amended in the light of the comments received and the revised draft was distributed in January 2007 to interested bodies and agencies in Switzerland and abroad and to the public for further consultation. In accordance with the provisions of the Nuclear Energy Act, responsibility for the handling of radioactive materials at the rock laboratories will be the Federal Office of Public Health (FPOH) and not the Inspectorate.



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

Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen
 Direktor: Dr. Ulrich Schmocker 1. Stv: Dr. Hans Pfeiffer 2. Stv: Dr. Georg Schwarz QMB: Jean-Claude Veyre





Das KKB im
Dezember 2006.
Foto: KKB

1. Kernkraftwerk Beznau

1.1 Überblick

Das Betriebsjahr 2006 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** kam es neben dem geplanten Revisionsstillstand lediglich zu einer Leistungsreduktion von wenigen Stunden Dauer. Daneben waren zwei klassierte Vorkommnisse zu verzeichnen. Beide hatten eine geringe Bedeutung für die nukleare Sicherheit. Das KKB hat mit angemessenen Sofort- und Folgemaßnahmen reagiert. Eines dieser Vorkommnisse, eine am Frischdampfleitungssystem festgestellte herstellungsbedingte Wanddickenschwächung, hat umfangreiche Massnah-

men zur Folge, insbesondere den Ersatz des geschwächten Rohrbogens (siehe Kap 1.2).

Während des Revisionsstillstandes wurden umfangreiche Prüfungen am Deckel des Reaktor-druckbehälters, an dessen Rohrdurchführungen und an den beiden Dampferzeugern durchgeführt. Die 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 ausgetauscht sowie eine Hochdruckturbine und eine Speisewasserpumpe revidiert. Ausserdem wurden die 6-kV-Einspeisekabel zu den beiden Reaktorhauptpumpen und das 6-kV-Kabel vom nahe gelegenen hydraulischen Kraftwerk Beznau aus Altersgründen ersetzt.

Im **Block 2** ereignete sich während des ganzen Jahres kein einziges Vorkommnis. Der ungestörte

Vollastbetrieb wurde lediglich im August 2006 durch einen 10-tägigen Kurzstillstand für den Brennelementwechsel unterbrochen. Grössere Arbeiten fanden nicht statt. Erwähnenswert sind die System- und Komponententests beim Abstellen sowie beim Wiederauffahren der Anlage sowie die visuelle Inspektion an einem der beiden Dampferzeuger. Der Dampferzeuger war in einwandfreiem Zustand.

Im Berichtsjahr 2006 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 Grenzwerten.

Die HSK hat im Rahmen ihrer Aufsicht etwa 80 Inspektionen in allen Fachgebieten durchgeführt. Wo erforderlich, verlangte die HSK Verbesserungsmassnahmen und überwachte deren Umsetzung. Das KKB hat im Jahr 2006 die Stabsstelle eines Sicherheits-Controllers geschaffen und damit eine linienunabhängige Beurteilung der nuklearen Sicherheit eingeführt. Im Berichtsjahr bestanden sechs Reaktoroperateure und ein Schichtchef ihre Zulassungsprüfung. Drei weitere angehende Reaktoroperateure bestanden die Prüfung in Kerntechnik. Auch der Aus- und Weiterbildung der Instruktoren wurde sowohl in fachtechnischer wie didaktischer Richtung ausreichend Aufmerksamkeit geschenkt.

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 1a und 1b im Anhang zusammengestellt. Die Figur 7a zeigt das Funktionsschema einer Druckwasserreaktoranlage.

1.2 Betriebsgeschehen

Die Blöcke KKB 1 und KKB 2 erreichten im Jahr 2006 eine Arbeitsausnutzung¹ von 92,4 % bzw. 96,2 % und eine Zeitverfügbarkeit² von 92,6 % bzw. 97,2 %, wobei der unproduktive Anteil jeweils im Wesentlichen auf den Revisionsstillstand zurückzuführen war.

Die Zeitverfügbarkeiten und die Arbeitsausnutzungen der letzten 10 Jahre sind in Figur 1 darge-

stellt. Die ausgekoppelte Wärme für das regionale Fernwärmenetz (REFUNA) belief sich im Jahr 2006 auf insgesamt 164,3 GWh_{th}.

Die Kühlwassertemperatur darf beim Wiedereintritt in die Aare 32° C nicht überschreiten. Diese Anforderung kann bei hoher Aare-Wassertemperatur nur durch eine Verringerung der Blockleistung erfüllt werden. Wegen der heissen Witterung und entsprechend hoher Wassertemperaturen mussten im Juli 2006 jeweils nachmittags Leistungsreduktionen um wenige Prozente vorgenommen werden.

Im **Block 1** dauerte der Revisionsstillstand zur Durchführung des Brennelementwechsels und der Instandhaltungsarbeiten insgesamt 27 Tage. Es war 2006 keine ungeplante Reaktorschnellabschaltung zu verzeichnen. Am 17. Januar 2006 kam es zu einer unten beschriebenen automatischen Leistungsreduktion.

Im **Block 2** dauerte der Revisionsstillstand 10 Tage und diente primär dem Brennelementwechsel. Auch in diesem Block erfolgte im Berichtsjahr keine ungeplante Reaktorschnellabschaltung.

Die Störungen im europäischen Stromnetz vom 4. November 2006 hatten nur geringe Auswirkungen auf den Betrieb der beiden Kraftwerksblöcke in der Beznau. Die Regelungen im KKB haben ordnungsgemäss auf den Frequenzabfall reagiert. Die Reaktorregelungen blieben jederzeit stabil und folgten den Turbinenleistungen. Durch Vakuump Probleme in den Kondensatoren von Block 2 reduzierte sich in diesem Block die Leistung einer Turbine kurzzeitig auf ca. 120 MW. Anschliessend wurden beide Blöcke wieder auf die maximal mögliche Leistung hochgefahren. Auf die nukleare Sicherheit der Anlage hatte das Ereignis keine Auswirkungen.

Entsprechend der HSK-Richtlinie R-15, Berichterstattung über den Betrieb von Kernkraftwerken, hat der Betreiber über die meldepflichtigen **Vorkommnisse** berichtet.

Im **Block 1** ereigneten sich in diesem Jahr zwei Vorkommnisse, welche von der HSK gemäss HSK-Richtlinie R-15 der Klasse B zugeordnet wurden. Auf der internationalen Ereignisskala INES (siehe Anhang, Tabelle 4) wurden alle Vorkommnisse der Stufe 0 zugeordnet.

■ Am 17. Januar 2006 kam es im Block 1 zu einem Einfallen eines Steuerstabes und als Folge davon auslegungsgemäss zu einer automatischen Leistungsreduktion auf rund 85 % Reaktorleistung. Ausgelöst wurde das Vorkommnis durch eine Störung am Motorventil eines Heizkondensat-

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

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



Der in Entwicklung begriffene Grosssimulator – er stand bis Dezember 2006 noch beim kanadischen Hersteller in Montreal – wird mit Unterstützung durch KKB-Experten für den Einsatz im Kernkraftwerk Beznau vorbereitet.
Foto: KKB

Ablaufventils. Das Ventil blieb fälschlicherweise geschlossen. Dadurch konnte das Kondensat aus den Heizregistern und den Luftbefeuchtern nicht mehr abfliessen und gelangte über die Luftbefeuchterdüsen in die Lüftungssysteme. Mit der Luftströmung in den Lüftungskanälen mitgerissenes sowie über Durchführungen im Boden des Lüftungsraumes gesickertes Wasser drang in den darunter liegenden Raum mit den Schaltschränken ein und löste in einer Steuerkarte einen Fehlkontakt aus. Die Anlage reagierte auslegungsgemäss. Nachdem der Abfluss des Kondensates durch Öffnen des Ventils wieder in Ordnung gebracht, die auftretende Feuchtigkeit beseitigt und die Stabsteuerung auf korrekte Funktion überprüft worden waren, wurde der Steuerstab wieder ausgefahren. Die Anlage konnte nach wenigen Stunden wieder auf die maximal mögliche Leistung hochgefahren werden.

- Im Rahmen des Wiederholungsprüfprogramms werden seit 1985 an relevanten Stellen der Frischdampf-, Speisewasser- und Kondensatleitungen periodisch die Wanddicken gemessen. An einem Rohrbogen einer Frischdampfleitung im Block 1 des KKW Beznau wurde dabei festgestellt, dass der betroffene Rohrbogen lokal eine zu geringe Wandstärke aufweist. Mit einem rechnerischen Nachweis konnte das KKB jeweils die Zulässigkeit der als lokal eingestufteten Unterschreitungen nachweisen. Auf Grund von

Ereignissen in ausländischen Anlagen (z. B. Bruch einer Kondensatleitung im KKW Mihama, Japan) wurden die im Jahre 2005 ausgemessenen Bereiche in der Jahreshauptrevision 2006 mit einem feineren Raster nachgemessen. Die Feinrastermessung zeigte dann, dass die Ausdehnung der Wanddickenunterschreitung grösser ist als bisher angenommen wurde. Die HSK verlangte deshalb vom KKW Beznau zu analysieren, ob der betroffene Rohrbogen auch der grössten anzunehmenden Belastung standhält. Das KKB führte diese Analyse mit Hilfe eines externen Experten durch. Die Ergebnisse zeigen, dass im Falle der grössten Belastung die gemäss gültigem ASME-Code zulässigen Spannungen örtlich leicht überschritten werden. Der Rohrbogen muss deshalb ausgetauscht werden. Wie Abklärungen zeigten, ist davon auszugehen, dass die Wandschwächung nicht auf strömungsbedingte Abtragsmechanismen zurückzuführen ist, sondern auf eine herstellungsbedingte Wanddickenabminderung. Weil die Spannungen im Normalbetrieb im zulässigen Bereich sind und zudem keine Hinweise bestehen, dass die Wanddicke betriebsbedingt abnimmt, hat die HSK einem befristeten Weiterbetrieb mit dem leicht geschwächten Rohrbogen zugestimmt. Auf Grund der bisher vorliegenden Messungen liegen Wanddickenunterschreitungen an insgesamt vier Bögen vor (drei Bögen im

Block 1, ein Bogen im Block 2). Es wird davon ausgegangen, dass es sich um lokale Wanddickenschwächungen handelt. Im Block 2 sind an 6 Rohrbögen noch keine Wanddickenmessungen durchgeführt worden. Die HSK forderte deshalb, dass im Jahr 2007 ein spezielles Wanddickenmessprogramm durchgeführt wird, um den Zustand aller Rohrbögen der Frischdampfleitungen der Sicherheitsklasse 2 zu untersuchen. Das KKB wird alle noch nicht gemessenen Bögen sowie diejenigen Bögen, bei denen bisher lokale Unterschreitungen festgestellt wurden, mit einem feinen Messraster untersuchen. Je nach Ergebnis der während der Revisionsstillstände 2007 in beiden Blöcken durchzuführenden Wanddickenmessungen werden weitere Massnahmen getroffen. – Die HSK bemängelte die Qualität der Analysen, in denen das KKB die Sicherheitsbedeutung der Ergebnisse der Frischdampfleitungs-Wanddickenmessungen beurteilte. Die Analysen führten zunächst zu widersprüchlichen Ergebnissen und nicht sicherheitsgerichteten Schlussfolgerungen.

Im **Block 2** ereigneten sich in diesem Jahr keine meldepflichtigen Vorkommnisse.

Die Anzahl klassierter Vorkommnisse der letzten zehn Jahre ist im Anhang in Figur 2 dargestellt.

Anlieferung von
MOX-Brennelementen
ins KKB 2006.
Foto: KKB



1.3 Anlagetechnik

1.3.1 Revisionsarbeiten

Im Revisionsstillstand des **Blocks 1** vom 9. Juni bis 6. Juli 2006 wurden Routinetätigkeiten wie Brennelementwechsel, Inspektionen mechanischer und elektrischer Einrichtungen, zerstörungsfreie Werkstoffprüfungen, wiederkehrende Funktionsprüfungen an Komponenten und Systemen sowie Instandhaltungs- und Änderungsarbeiten durchgeführt. In Ergänzung zu den Revisionsarbeiten wurden zahlreiche Anlagenänderungen vorgenommen (siehe dazu Kap. 1.3.2).

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

- Der Zustand der im Jahr 1993 eingebauten Dampferzeuger wurde in diesem Jahr mit einem neuen verbesserten Manipulator und revidierten Prüfvorschriften eingehend untersucht. Es wurden keine Schäden gefunden.
- Für die visuellen Untersuchungen am Deckel des Reaktordruckbehälters (RDB) wurde dieser ohne Flanschbolzen in der entleerten Reaktorgrube abgestellt. Die Isolationsmatten und die Ventilationsverschalung wurden entfernt. Die Untersu-

chungen ergaben keine Hinweise auf Leckagen an den Deckeldurchführungen oder Borsäureablagerungen aus der letzten Betriebsperiode.

- Die Innenseite des RDB-Deckels (RDB-Deckelplattierung und Einschweissnähte der RDB-Deckeldurchführungen) wurde wie im letzten Jahr im Block 2 mit einem speziell für diese Prüfung gebauten ferngesteuerten Raupenfahrzeug mit Videokamera geprüft. Gegenüber der vorjährigen Prüfung wurden Verbesserungen am Prüfsystem und beim Prüfverfahren realisiert. Die Prüfung ergab keine Auffälligkeiten.
- Wie letztes Jahr im Block 2 wurden in der diesjährigen Revision auch im Block 1 mehrere austenitische Rohrleitungsschweissnähte sowie eine Mischnaht des Hauptkühlkreislaufes, des Restwärmesystems und des Sicherheitseinspeisesystems mit Ultraschall geprüft. Im Prüfungsumfang enthalten waren auch die Schweissnähte, die im Rahmen der Entfernung der Backing-Ringe (siehe 1.3.2) geschweisst wurden. Die eingesetzten Ultraschallprüfsysteme wurden im Vorfeld des Revisionsstillstandes an Blindtestkörpern qualifiziert. Eine Ultraschallanzeige wurde einer ergänzenden Analyse unterzogen. Es waren keine unzulässigen Fehlerbefunde zu verzeichnen.
- Die Stahldruckschale des Primärcontainments wurde hinsichtlich des Korrosionszustandes eingehend untersucht. Zu diesem Zweck wurde eine Reihe von visuellen Prüfungen, Wandstärkemessungen und Sonderuntersuchungen durchgeführt. Auch die Machbarkeit eines kathodischen Korrosionsschutzes an der Innenseite der Stahldruckschale wurde abgeklärt. Dabei mussten Bohrungen in die umschliessende Betonwand vorgenommen werden. Auf Grund einer Anzeige des Potenzialmesssystems entschloss sich das KKB, eine zusätzliche Inspektionsbohrung an der Aussenseite der Stahldruckschale vorzunehmen. Die Untersuchungen an der neu angebrachten Inspektionsbohrung zeigten jedoch, dass der Korrosionsangriff an dieser Stelle geringer war als an anderen, früher untersuchten Stellen im unteren Bereich des Containments. Die früheren Berechnungen zur Integrität des Primärcontainments bleiben damit weiterhin gültig.
- Im Rahmen der Alterungsüberwachung wurden verschiedene Wandstärkemessungen an Rohrleitungen vorgenommen. Dabei wurden an drei Stellen geringe Mengen von Asbest festgestellt. Alle Fundstellen wurden nach der Entdeckung

sofort professionell und unter Beizug einer spezialisierten Firma gesichert. Die HSK konnte davon Kenntnis nehmen, dass das KKB die vorgefundenen Rohrschellen-Unterlagen aus Asbestgewebe in zwei Fällen entfernt und in einem Fall saniert und gekennzeichnet hat. Luftpartikelmessungen zeigten keine messbare Belastung durch Asbestfasern.

Die gemäss den Wiederholungsprüfprogrammen und zugehörigen Vorschriften durchgeführten Prüfungen und Funktionskontrollen an elektrischen Ausrüstungen verliefen ohne Befunde. Nennenswert sind die Reaktorschutzprüfungen, der Einspeisetest des Notstand-Sperrwassersystems und der Funktionstest der Armaturen des Sicherheitsgebäude-Druckentlastungssystems.

Erwähnenswerte Instandsetzungsarbeiten waren: Die Reparatur einer Gewindebohrung am Primärmanloch eines Dampferzeugers und das Ausbessern einer Dichtungsfläche an einer Abluftklappe. Bei Letzterem wurde die beschädigte Stelle kurzfristig durch Ausschleifen und Auftragsschweissen repariert. Durch entsprechende Nachbearbeitung wurde der Originalzustand wieder hergestellt.

In der Anfahrphase nach dem Revisionsstillstand wurde anlässlich des Probelaufs einer Containment-Sprühpumpe in der Schweissnaht, welche die Mindestmengenleitung mit dem Pumpengehäuse verbindet, ein kleiner Riss festgestellt. Die Reparatur wurde noch am gleichen Tag ausgeführt.

Um im Notspeisewassersystem ein defektes Sicherheitsventil zu ersetzen, baute das KKB am 1. Juli 2006 ein an anderer Stelle in der Anlage eingebautes baugleiches Ventil aus, ohne hierfür eine Freigabe der HSK einzuholen und ohne die sicherheitstechnischen Auswirkungen ausreichend zu analysieren. Mitte August wurde der ursprüngliche Zustand wieder hergestellt.

Block 2 wurde vom 15. bis 26. August 2006 vom Netz getrennt und für den Kurzstillstand abgestellt. Der Stillstand dauerte rund 10 Tage und diente primär dem Brennelementwechsel. Die übrigen Arbeiten konzentrierten sich auf die System- und Komponententests beim Abstellen sowie beim Wiederanfahren der Anlage. Nennenswert sind die Instandsetzungsarbeiten an den Schweissverbindungen zwischen den beiden Containment-Sprühpumpen und den jeweiligen Mindestmengenleitungen. Die Anschlüsse wurden ertüchtigt und die angrenzenden Rohraufhängungen der Mindestmengenleitungen neu eingestellt. Diese Arbeiten wurden durch den oben erwähnten Rissbefund im Block 1 ausgelöst.

Bei den zerstörungsfreien Prüfungen sind die Dichtheitsprüfungen an den Containment-Isolationsarmaturen, die visuellen Inspektionen am RDB-Deckel und die Zusatz-Untersuchungen an einer Schweißnaht des Sicherheits-Einspeisesystems hervorzuheben. An dieser Schweißnaht wurde im Jahr 2005 eine bewertungspflichtige Ultraschallanzeige gefunden. Um besser abgesicherte Aussagen bezüglich der Lage der Anzeige gegenüber der Schweißnahtwurzel machen zu können, wurden zusätzliche Durchstrahlungs- und Ultraschalluntersuchungen sowie eine Kammprofilaufnahme an der Aussenoberfläche vorgenommen. Die Ergebnisse der Zusatzuntersuchungen werden im Prüfprogramm für das Jahr 2007 berücksichtigt. Die System- und Komponentenbegehungen sowie die geforderten Dichtheitsprüfungen an den Containment-Durchdringungen ergaben keine Beanstandungen. Ein Dampferzeuger wurde auf Fremdkörper untersucht, weil beim Anfahren nach dem Revisionsstillstand 2005 auf der Sekundärseite dieses Dampferzeugers Signale vom Körperschallmesssystem registriert wurden. Die Signale traten nur kurzzeitig und einmalig auf. Weder auf dem Rohrboden, noch im Fremdkörperfangsieb des Dampferzeugers wurden Fremdkörper gefunden. Die visuell inspizierten Teile waren in einwandfreiem Zustand. Die HSK hat sich vor Ort von der korrekten Durchführung der Prüfungen überzeugt.

1.3.2 Anlagenänderungen

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

- Wie bereits im Jahr 2005 im Block 2 wurden nun auch im Block 1 die im Rahmen des NANO-Projekts eingebauten Backing-Ringe an den Endschweißnähten der Surgeline, des Sicherheitseinspeise-Headers und der Restwärmeleitung entfernt. Die betroffenen T-Stücke wurden durch gerade Rohrstücke ersetzt.
- In die Mindestmengenleitungen zweier Sicherheitseinspeisepumpen wurden Isolationsventile eingebaut. Durch diese zusätzliche Absperrmöglichkeit wird im Anforderungsfall die Instandsetzung dieser Pumpen erleichtert. Die gleiche Änderung wurde vorgängig von der HSK bereits bei der dritten Sicherheitseinspeisepumpe freigegeben und vom KKB realisiert.
- Ein wassergekühlter Steuerluftkompressor wurde ausgebaut. Dessen Funktion wird neu von einer luftgekühlten Kompressoranlage übernommen. Deshalb konnte ein Teil des primären Zwi-

schenkühlsystems, der bisher der Wasserkühlung des Steuerluftkompressors diente, entfernt werden.

- Im Rahmen der Untersuchungen für einen kathodischen Korrosionsschutz an der Stahldruckschale wurde ein Überwachungs-System installiert. Dabei wurde an vier Stellen der Stahldruckschale ein Erdungsanschluss angeschweisst. Diese Arbeiten sind Teil der Massnahmen zur Erfassung und zur Überwachung von Korrosionsvorgängen an der Stahldruckschale.
- Bei den Druckhalter-Sicherheits- und -Isolationsventilen wurden die Magnete der zugehörigen Vorsteuerventile durch solche mit grösserer Stellkraft ersetzt.
- An der im Jahr 2004 im Block 1 neu eingebauten Turbinenleittechnik wurden auf Grund der seither gewonnenen Erkenntnisse einige Verbesserungen vorgenommen. Nennenswert ist dabei die Verbesserung der Spannungsüberwachung.
- Das Reaktorschutz- und Regelsystem wurde um eine Trendanzeige der Dampferzeuger-Drücke erweitert. Zudem wurde die Software zur Vermeidung unnötiger Fehlermeldungen bei Messbereichsüberschreitungen von Analogwerten angepasst.
- Für die Steuerstabantriebe wurde eine zusätzliche Kühlung nachgerüstet, um bei Ausfall der zugehörigen Lüfter im Normalbetrieb die Steuerstabantriebe weiter kühlen zu können.
- Für das Neutronenfluss-Weitbereichsmesssystem wurden die Anzeigen im Hauptkommandoraum ergonomisch verbessert. Zusätzlich wurden bei diesem System die elektrischen Abschirmungen verbessert.

Folgende Systeme und Ausrüstungen wurden alterungsbedingt ersetzt:

- die Zuleitungskabel von der 6-kV-Anlage zu den beiden Reaktorhauptpumpen, inklusive dazugehörige druckfeste und prüfbare Containmentdurchdringungen (analog zum Block 2 im Jahr 2005)
- das Einspeisekabel vom Wasserkraftwerk Beznau zur Versorgung einer Notstromschiene von Block 1 (analog zum Block 2 im Jahr 2005)
- alle 120-V- und 24-V-Notstrombatterien für die Gleichstromversorgung
- diverse elektrotechnische Komponenten wie Schützen, Relais, Sicherungen. Unter anderem wurden 15-jährige Sicherungen durch Sicherungen eines anderen Lieferanten ersetzt.

Nach dem alterungsbedingtem Austausch von elektrischen Sicherungen haben bei zwei Abluftventilatoren die neu eingebauten Sicherungen bei betrieblichen Umschaltungen im Oktober und im Dezember 2006 angesprochen. Das KKB hat interne Untersuchungen vorgenommen und Abklärungen beim Lieferanten veranlasst. Die Resultate dieser Abklärungen haben gezeigt, dass der beim Ventilator eingesetzte Sicherungstyp nicht ideal ist für den Einsatz bei Ventilatoren mit hohem Anlaufstrom. Deshalb wurde wieder der ursprüngliche Sicherungstyp eingebaut.

Ausgetauscht wurde auch der Rotor eines der beiden Generatoren. Es wurde ein beim Hersteller revidierter und mit neuer Wicklung ausgestatteter Ersatzrotor eingebaut.

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

- Wie im Block 1 wurden in die Mindestmengenleitungen zweier Sicherheitseinspeisepumpen Isolationsventile eingebaut. Dadurch wird die Instandhaltung erleichtert.
- Im Rahmen der Untersuchungen für einen kathodischen Korrosionsschutz an der Stahldruckschale wurden Potenzialmessungen durchgeführt. Diese Arbeiten dienten als Vorbereitung für die Installation eines Überwachungs-Systems zur Erfassung und Überwachung von Korrosionsvorgängen an der Stahldruckschale. Im Block 1 ist dieses System bereits installiert.

An der elektrischen Eigenbedarfsanlage wurden die Schutzeinstellungen überprüft und diverse Anpassungen von Einstellwerten an den elektrischen Schutzeinrichtungen vorgenommen. Diese Arbeiten, welche im Jahre 2005 begannen, wurden während des diesjährigen Stillstandes abgeschlossen. Die Niederspannungs-Hochleistungssicherungen wurden aus Alterungsgründen präventiv ersetzt.

Bei den leittechnischen Ausrüstungen wurden unter anderem folgende Änderungen durchgeführt:

- An der Turbinen- und Speisewasserpumpenüberwachung, die im Jahr 2005 eingebaut worden war, wurde eine zusätzliche Temperaturüberwachung der Axiallager der Turbogeneratoren installiert und die Grenzwertüberwachung im Mindestmengenbetrieb verbessert.
- Bei der im Jahre 2005 neu eingebauten Turbinenleittechnik wurden die gleichen Anpassungen wie im Block 1 vorgenommen.

Die HSK hat diese Änderungen freigegeben, de-

ren Durchführung im Rahmen ihrer Aufsichtstätigkeit verfolgt und sich von der korrekten Umsetzung überzeugt.

1.3.3 Brennelemente und Steuerstäbe

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

Während des Revisionsstillstands im Block 1 wurden von den total 121 Brennelementen im Reaktorkern 24 ersetzt: Es wurden 20 neue Uranoxid-Brennelemente aus wiederaufgearbeitetem, angereichertem Uran (WAU-Brennelemente) und 4 Uran/Plutonium-Mischoxid-Brennelemente (MOX-Brennelemente) zugeladen. Der Reaktorkern enthält nun 24 MOX-Brennelemente. Zur Überprüfung des Betriebsverhaltens von Brennelementen bei höherem Abbrand wurden vier Brennelemente inspiziert. Es ergaben sich keine Hinweise, die gegen den Weitereinsatz dieser Brennelemente sprechen.

Während des Brennelementwechsels in Block 2 wurden 32 Brennelemente durch 8 neue Uranoxid- (WAU-) und 24 neue MOX-Brennelemente ersetzt. Der Reaktorkern von Block 2 enthält im Betriebszyklus 2006/2007 insgesamt 36 MOX-Brennelemente.

Die HSK hat sich davon überzeugt, dass die neuen Brennelemente beider Blöcke den Qualitätsanforderungen für einen sicheren Betrieb entsprechen. Das Steuerstab-Inspektionsprogramm sah im Berichtsjahr in beiden Blöcken keine Wirbelstromprüfungen von Steuerstäben vor. Es gibt auch keine Hinweise auf Schäden an Steuerstäben.

1.3.4 Periodische Sicherheitsüberprüfung

Mit Verfügung vom 3. Dezember 2004 hatte der Bundesrat der Nordostschweizerischen Kraftwerke AG (NOK) die unbefristete atomrechtliche Bewilligung zum Betrieb des Blockes 2 erteilt. Die Bewilligung stützte sich u.a. auf die von der NOK Ende 2002 eingereichten Unterlagen zur Periodischen Sicherheitsüberprüfung (PSÜ) für den **Block 2** und auf das Gutachten der HSK aus dem Jahr 2004. Mit der Bewilligung waren Auflagen und Forderungen verknüpft worden (vgl. Aufsichtsbericht 2004). Eine zweite Stellungnahme der HSK aus dem Jahre 2004 bezog sich auf die PSÜ für den **Block 1**, der schon seit seiner Betriebsaufnahme 1969 eine unbefristete Betriebsbewilligung hat. Die Umsetzung dieser im Gutachten und in der Stellungnahme zur PSÜ verlangten Verbesse-

rungsmassnahmen wird von der HSK beaufichtigt. Die Bearbeitung durch das KKB erfolgt termingerecht und umfassend. Mit wenigen begründeten Ausnahmen wurden alle bis Ende 2006 verlangten Untersuchungen durchgeführt, Nachweise erbracht und die Unterlagen termingerecht der HSK eingereicht. Im Jahr 2006 betraf dies unter anderem folgende Forderungen:

- Die Leckageüberwachung und -erkennung des Primärkreises wurde durch technische und administrative Massnahmen verbessert. Durch Verkürzung der Prüfintervalle und Modifikation der thermischen Isolation am Reaktordruckbehälter können nun allfällige Leckagen sowie das Vorhandensein von Borsäurekorrosion frühzeitig erkannt werden.
- Der von der HSK verlangte Bericht zur Requalifizierung des Rückstandslager-Gebäudes für Auslegungs-Erdbeben mit den Nachweisen über die sich daraus ergebenden radiologischen Folgen wurde eingereicht. Die Überprüfung hat ergeben, dass die vom KKB vorgenommenen Analysen korrekt sind und dass die Folgedosen vernachlässigt werden können.
- Ein Konzept mit vielen wesentlichen Änderungs-vorschlägen zur Verbesserung der Benut-

zerfreundlichkeit der Technischen Spezifikationen wurde – wie verlangt – der HSK eingereicht. Die HSK hat das Konzept akzeptiert.

- Der Prüfumfang der lokalen Dichtheitsprüfungen am Containment wurde auf alle Leitungen ausgedehnt, welche in das Reaktorkühlsystem münden. Berücksichtigt werden auch die Leitungen des Druckhalter-Entlastungstanks und des Sicherheitsgebäude-Entwässerungstanks.
- Mit dem Einbau zusätzlicher Containment-Absperrarmaturen in die Probenahmeleitungen vom Druckhalter-Entlastungstank und vom Sicherheitsgebäude-Entwässerungstank zum Gasanalysator hat das KKB die Forderung der HSK nach Einhaltung des Einzelfehlerkriteriums erfüllt.
- Die baulichen Brandschutzmassnahmen in der Primäranlage wurden überprüft und die erforderlichen Nachrüstmassnahmen festgelegt.
- Auf Verlangen der HSK wurden die Auslegungsbedingungen eines Aktivitätsmonitors hinsichtlich der bei Störfällen herrschenden Medium- und Umgebungsbedingungen überprüft. Als Folge dieser Überprüfung wurden am Standort des Detektors zum Schutz gegen das dort auftretende Strahlenfeld zusätzliche Bleiabschirmungen angebracht.

Anlieferung von
MOX-Brennelementen
ins KKB 2006
Foto: KKB



- Das KKB hat ein Konzept zur Überwachung der radiologischen Situation in der kontrollierten Zone vorgelegt und Verbesserungen identifiziert. Unter anderem wird das KKB bis Ende 2009 die Instrumentierung zur Überwachung der Kaminfortluft hinsichtlich radioaktiver Stoffe ertüchtigen.
- Die Dokumentation der Strahlenmesstechnik wurde entsprechend den Forderungen der HSK verbessert und ergänzt. Die HSK hat die revidierte Dokumentation hinsichtlich Vollständigkeit, Nachvollziehbarkeit und stichprobenweise hinsichtlich Richtigkeit überprüft und für gut befunden.
- Die Konformität der radiologischen Luftüberwachung des KKB nach dem geltenden Regelwerk wurde nachgewiesen. Zur Erledigung dieser Forderung hat das KKB Änderungen an den Probenahmesystemen der Kaminfortluftüberwachung durchgeführt.
- Die Abluftanlagen des Brennelement-Lagers sollen mit Aktivkohlefiltern ausgerüstet werden. Die HSK hat den eingereichten Konzeptvorschlag akzeptiert. Die Realisierung der Nachrüstungen wird in den Jahren 2007 bis 2009 erfolgen.
- Im Jahr 2005 wurde eine Nanofiltrationsanlage zur Ergänzung des Systems zur Aufbereitung radioaktiver Abwässer der beiden Blöcke installiert. Mit dieser Anlage werden die in die Aare abgeleiteten radioaktiven Stoffe reduziert. Der Probetrieb im Jahr 2006 verlief erfolgreich, so dass das KKB unter Berücksichtigung der Erfahrungen die definitive Einbindung der Anlage im Jahr 2007 plant.
- Die im Sicherheitsbericht von Block 2 behandelten Störfallanalysen wurden aktualisiert. Das Vorgehen wurde vorgängig in Fachgesprächen zwischen der HSK und dem KKB festgelegt. Untersucht wurden u.a. die Störfälle Hauptspeisewasser-Leitungsbruch, Hilfsspeisewasser-Leitungsbruch, Frischdampf-Leitungsbruch und Dampferzeuger-Heizrohrbruch. Für den Dampferzeuger-Heizrohrbruch wurde zusätzlich zur Analyse des Vollastfalls auch eine Aussage zum Nullastfall vorgenommen.
- Das KKB hat den Zustand der Stahlcontainments von Block 1 bewertet und ein Massnahmenpaket zur Erfassung und Verhinderung des Korrosionsfortschritts für die Innen- wie für die Aussenseite des Containments festgelegt. Ein Vorgehensplan für die Umsetzung dieser Massnahmen wurde erarbeitet.

- Bis Ende 2007 hat das KKB für die Ausbildung des Betriebspersonals einen KKB-spezifischen Full-Scope-Replica-Simulator zur Verfügung zu stellen. Die Arbeiten verlaufen zufrieden stellend. Im April 2007 soll mit dem ordentlichen Ausbildungsbetrieb begonnen werden.

1.4 Strahlenschutz

Im Kalenderjahr 2006 wurden im KKB folgende Kollektivdosen ermittelt:

Aktionen	KKB 1	KKB 2	KKB 1 und 2
Revisionsstillstand	355 Pers.-mSv	75 Pers.-mSv	430 Pers.-mSv
Leistungsbetrieb	47,3 Pers.-mSv	47,3 Pers.-mSv	94,5 Pers.-mSv
Jahreskollektivdosis	402,3 Pers.-mSv	122,3 Pers.-mSv	524,6 Pers.-mSv

Im Kalenderjahr 2006 wurden in den beiden Blöcken des KKB niedrige Kollektivdosen verzeichnet. Die höchste im KKB registrierte Individualdosis betrug 8,7 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 Mitteln entfernt werden konnten, noch Inkorporationen auf.

Die für die Arbeiten beim Revisionsstillstand im Block 1 registrierte Kollektivdosis betrug 355 Pers.-mSv, geplant waren 363 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 niedrigere Kollektivdosis durch strahlenschutzgerechtes Verhalten aller Mitarbeitenden, ein ausgeklügeltes Absperrungs- und Abschirmungskonzept sowie weitere Optimierungsmassnahmen.

Ein Problem stellt die fehlende Abdichtung des Bodens im Ringraum dar, da damit im Falle einer Leckage radioaktives Wasser in die Baustruktur eindringen kann. Andererseits musste das KKB das Fugenband zwischen Boden und Stahldruckschale entfernen, um die seit mehreren Jahren gemessene Feuchtigkeit aus dem Spalt und dadurch mögliche Korrosionsschäden zu vermeiden. Das KKB wurde aufgefordert, eine Lösung für dieses Problem zu erarbeiten.

Im Block 2 der Anlage Beznau wurde im Berichtsjahr ein Brennelementwechsel durchgeführt. Das Abfahren verlief wie im Block 1 ohne Hinweise auf Brennelementschäden. Der radiologische Zustand in den aktiven Systemen hat sich gegenüber den

Vorjahren nicht geändert. Der Kontaminationsgrad in den kontrollierten Zonen ist wie im Block 1 sehr zufrieden stellend. Die anspruchsvolle Planungsdosis von 78 Pers.-mSv ist auf Grund der reibungslosen Arbeitsabläufe und des strahlenschutzgerechten Verhaltens der Mitarbeitenden mit 75 Pers.-mSv unterboten worden.

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. Die für Druckwasserreaktoren typischen Tritium-Abgaben des KKB betragen wie im Vorjahr rund 16% des Jahresgrenzwerts. Die quartalsweise von der HSK durchgeführten Kontrollmessungen von Abwasserproben sowie Iod- und Aerosolfiltern zeigten Übereinstimmung mit den vom KKB gemeldeten Analyseergebnissen.

Aus den tatsächlich über die Abluft und das Abwasser abgegebenen radioaktiven Stoffen berechnet die HSK die Jahresdosis für Einzelpersonen der Bevölkerung in der Umgebung des KKB unter konservativen, d.h. ungünstigen Annahmen. Die Dosen betragen 0,0020 mSv für Erwachsene und 0,0032 mSv für Kleinkinder und liegen 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 Kraftwerkareals 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 die Direktstrahlung ausserhalb des Kraftwerksareals von 1 mSv pro Jahr für Wohn- und Aufenthaltsräume und von 5 mSv pro Jahr für andere Bereiche wurden eingehalten.

Für detailliertere Angaben zur radiologischen Situation innerhalb und ausserhalb der Anlage Bezug auf den Strahlenschutzbericht 2006 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 vom Austausch von Komponenten bei Instandhaltungs-, Umbau- oder Nachrüstmassnahmen und den dabei verwendeten Verbrauchsmaterialien. Der Anfall an radioaktiven Rohabfällen (vgl. Tabelle 8) war im Berichtsjahr mit 23 m³ wieder auf dem Niveau des langjährigen, im internationalen Vergleich niedrigen Mittelwerts.

Die radioaktiven Rohabfälle werden gesammelt, kampagnenweise konditioniert und anschliessend zwischengelagert. Die im KKB vorhandenen unkonditionierten Abfälle bestehen mit wenigen Ausnahmen aus ausgedienten Ionentauscherharzen sowie aus brenn- und schmelzbaren Abfällen; sie sind in dafür vorgesehenen Sammelbehältern und Räumlichkeiten der kontrollierten Zone (Nebenanlagegebäude, ZWIBEZ) aufbewahrt. Brenn- und schmelzbare Abfälle wurden auch im Berichtsjahr für die Behandlung im Plasmaofen der ZWILAG vorbereitet und zum Abtransport bereitgestellt.

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 vorwiegend verbrauchte Ionentauscherharze konditioniert; es wurden auch Schlämme und Filterkerzen zementiert.

Anlässlich einer Verfestigungskampagne von Ionentauscherharzen löste sich ein befülltes Gebinde (200 Liter Normfass) aus dem Fassgreifer des Krans und stürzte auf das darunter stehende Gebinde. Ursache war das Verfangen des Greifers im Schleppseil der Stromversorgung für die Laufkatze. Das Schleppseil hakte bei einer Flügelmutter des Greifers ein. Dies führte beim Greifer zu einer Schrägstellung und in der Folge zum Absturz des Fasses. Das Fass wurde leicht beschädigt; einige Liter Styrolmischung mit Ionenaustauscherharzen flossen aus dem Gebinde aus, wodurch es zu einer Kontamination des Bodens kam. Eine Luftkontamination wurde nicht festgestellt. Der Absturz verursachte Schäden an zwei weiteren Gebinden. Personen wurden weder durch das Ereignis noch während der anschliessenden Korrektur- und Reinigungsarbeiten verletzt. Am betroffenen Hebezeug wurden alle Flügelmutter durch Senk-

schrauben ersetzt. Sämtliche Hebezeuge im KKB wurden durch den Betreiber hinsichtlich der Vorkommnisursache überprüft: vergleichbare Bedingungen, die zum Vorkommnis geführt haben, liegen bei den übrigen Hebezeugen nicht vor. – Die Bedeutung des Gebindeabsturzes wurde vom KKB nicht korrekt eingeschätzt. Das KKB beurteilte den Vorfall zunächst als Beinahe-Ereignis und nicht als meldepflichtiges Vorkommnis.

Die konditionierten Abfallgebände werden routinemässig in die werkseigenen Zwischenlager (Rückstandslager und SAA-Halle des ZWIBEZ) eingelagert. Die radioaktiven Abfälle sind in einem von allen schweizerischen Kernanlagen eingesetzten elektronischen Buchführungssystem erfasst, so dass die Information über Menge, Lagerort und radiologische Eigenschaften jederzeit verfügbar ist. Im Jahr 2005 waren 21 ursprünglich am PSI konditionierte Abfallgebände zu einer Nachbehandlung wieder vom KKB dorthin verbracht worden. Die Arbeiten selbst werden aus Kapazitätsgründen beim PSI erst im Jahre 2007 durchgeführt.

Mit dem Projekt ZWABEL (Zwischenlagerausbaubehälterlager) bereitet das KKB einen Teil des Zwischenlagers ZWIBEZ für die Einlagerung von Transport- und Lagerbehältern mit abgebrannten Brennelementen vor. Im Rahmen dieses Projektes wurden vorbereitende Arbeiten zur Installation von Komponenten durchgeführt und die detaillierten Fertigungsunterlagen erstellt. Soweit erforderlich wurden diese Unterlagen von der HSK geprüft und freigegeben.

Im Sinne der Minimierung radioaktiver Abfälle wurden im Jahr 2006 aus dem KKB erhebliche Mengen an Metallen sowie kleine Mengen an Isolationsmaterial, anorganischem Schutt, Elektronikschrott und Harzen gemäss den Vorgaben der Richtlinie HSK-R-13 freigeschuttet. Es handelte sich um rund 28 t, zirka 80 % davon war metallischer Schrott.

1.6 Notfallbereitschaft

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

Mit einer Inspektion der Notfallkommunikationsmittel zu externen Stellen hat sich die HSK davon überzeugt, dass die KKB-Einrichtungen betriebsbereit sind.

Die HSK hat im Mai an der Werksnotfallübung «POSEIDON» die Notfallorganisation beobachtet und beurteilt. Das Szenario ging von einem mittelschweren Erdbeben und einem nachfolgenden auslegungsüberschreitenden schweren Erdbeben aus, welche die beiden Kraftwerksblöcke beschädigt hätten. Die eingeleiteten Accident-Management-Massnahmen konnten die Kernkühlung beider Blöcke gewährleisten und die Freisetzung von Radioaktivität verhindern. Die HSK kam auf Grund der Übungsbeobachtung zum Schluss, dass die Übungsziele erreicht wurden.

Im Dezember 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

Das KKB hat gegen Ende 2006 die Stabstelle des Sicherheits-Controllers geschaffen. Die Aufgabe dieser Stelle liegt in der linienunabhängigen Beurteilung der nuklearen Sicherheit. Der Sicherheits-Controller berichtet über seine Feststellungen dem Kraftwerksleiter und dem Leiter der Division Kernenergie der NOK. Der Personalbestand des KKB ist mit 504 Beschäftigten gegenüber dem Jahr 2005 unverändert.

Im Berichtsjahr hat die HSK im organisatorischen Bereich den Themen «Interne Sicherheitskommission» (ISK) und «Umgang mit Abweichungen von der Revisionsplanung» besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Die interne Sicherheitskommission berät den Kraftwerksleiter in Fragen der Sicherheit. Dazu überprüft und bewertet sie sicherheitsrelevante Änderungen vor deren Ausführung. Sie bewertet Vorkommnisse in der eigenen Anlage und Vorkommnisse in fremden Anlagen, welche für das KKB von Bedeutung sein können. Die HSK stellt im KKB eine sehr strukturierte und gut vorbereitete Arbeitsweise dieses Gremiums fest.

Das KKB hat im Berichtsjahr die administrativen Vorbereitungen getroffen, um das in Art. 30 der Kernenergieverordnung geforderte Gremium zur Analyse von Vorkommnissen mit Ursachen im Bereich menschliche Faktoren zu institutionalisieren. Das Gremium setzt sich aus Vertretern des KKB, ei-



Das KKB im Herbst 2006.

Foto: KKB

nem Spezialisten für Ursachenanalyse des KKB und einem Arbeitspsychologen der Axpo zusammen und wird Anfang 2007 seine Aktivitäten aufnehmen.

Eine sorgfältige Planung und deren umsichtige Umsetzung ist für die Sicherheit während des Revisionsstillstands von hoher Bedeutung, da während dieser Zeit verschiedene Sicherheitssysteme ausser Betrieb genommen werden müssen. Dabei muss beachtet werden, dass jederzeit die von der Technischen Spezifikation vorgeschriebenen Systeme zur Beherrschung möglicher Störungen zur Verfügung stehen. Dies wird während der Planung analysiert. Für jeden Zeitpunkt werden die notwendigen Konstellationen von Systemen festgelegt. Treten während der Ausführung Situationen ein, bei denen vom Plan abgewichen werden muss, bedarf es sorgfältiger Analysen, um sicherzustellen, dass die notwendigen Sicherheitssysteme verfügbar sind. Das KKB hat dazu eine Vorgehensweise festgelegt, welche im Falle von Abweichungen eine sicherheitsgerichtete Rückführung zum ursprünglichen Plan ermöglicht. Die HSK hat sich während einer Inspektion davon überzeugt, dass das KKB diese Vorgehensweise konsequent anwendet.

Gewisse Reparaturen an Sicherheitssystemen können auch während des Betriebs vorgenommen werden, sofern gewährleistet werden kann, dass im Anforderungsfall genügend redundante Teilsysteme zur Verfügung stehen. Die Randbedingungen dafür sind in den von der HSK freigegebenen Technischen Spezifikationen des Kernkraftwerks festgelegt. Für Reparaturen an Systemen oder Komponenten werden diese freigeschaltet. Eine Freischaltung erfolgt nach einem formalen Prozess, welcher gewährleistet, dass bei Sicherheitssystemen immer genügend redundante Teilsysteme verfügbar sind und das Instandhaltungspersonal vor Elektrounfällen, Verbrennungen, usw. geschützt ist. Bei einer Inspektion hat die HSK in einem Formular zur Freischaltung einen Eintragungsfehler festgestellt. Dieser Fehler hatte im konkreten Fall weder Auswirkungen auf die nukleare Sicherheit noch auf die Arbeitssicherheit. Da solche Auswirkungen in anderen Situationen durchaus möglich sind, hat die HSK vom KKB gefordert, den Vorfall zu untersuchen und die notwendigen Vorkehrungen zur Verhinderung ähnlicher Vorfälle zu treffen. Das KKB wird das betroffene Personal in Schulungen auf die Gefahr von Fehleinträgen hinweisen. Gleichzeitig prüft das

KKB die Möglichkeit einer automatischen Kontrolle von Einträgen mit Hilfe der für die Erstellung der Formulare verwendeten Software.

Um die Mitarbeitenden vor den Revisionsabstellungen für Sicherheitsaspekte zu sensibilisieren, definiert die Kraftwerksleitung ihre Erwartungen und gibt diese der Belegschaft bekannt. Nach der Revision werden im Gespräch mit den Mitarbeitenden aufgetretene Probleme, aber auch besonders gute Vorgehensweisen ermittelt und im Rahmen des Erfahrungsrückflusses Verbesserungen eingeleitet. Aus der Sicht der HSK ist dieses Vorgehen ein wichtiges Element einer lernenden Organisation.

1.7.2 Personal und Ausbildung

Im Berichtsjahr bestanden sechs Reaktoroperateur-Anwärter des KKB unter Aufsicht der HSK die Abschlussprüfung der kerntechnischen Grundlagenausbildung an der PSI-Technikerschule. Dies ist eine Voraussetzung für die spätere Zulassungsprüfung zum Reaktoroperateur. Drei weitere angehende Reaktoroperateure bestanden unter Aufsicht der HSK die Prüfung in Kerntechnik an der Fachhochschule Ulm, welche für Absolventen einer schweizerischen Technikerschule die erforderlichen Ergänzungen zur kerntechnischen Grundlagenausbildung auf den Gebieten Reaktorphysik und Energietechnik bietet. Sechs Reaktoroperateure und ein Schichtchef des KKB legten ihre Zulassungsprüfung unter der 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 HSK-Richtlinie R-27 und nach der seit dem 1. Juli 2006 gültigen Verordnung über die Anforderungen an das Personal von Kernanlagen (VAPK). Die Anzahl der zulassungspflichtigen Personen ist im Anhang in Tabelle 2 zusammengestellt.

Das Ausbildungsprogramm 2006 für das zulassungspflichtige Betriebspersonal berücksichtigte die Erfahrungen aus der Umsetzung des Programms 2005. Zusätzlich fließen relevante Erkenntnisse aus Ereignissen im KKB und in fremden Anlagen in das Ausbildungsprogramm ein. Sie werden dem Personal in Ergänzungskursen vermittelt. Insbesondere werden daraus abgeleitete, für das KKB wichtige Szenarien im Simulatortraining geübt. Die HSK überprüfte in diesem Zusam-

menhang, ob und wie das KKB die Lehren aus dem Vorkommnis im schwedischen Kernkraftwerk Forsmark 1 in die Ausbildung übernommen hat. Sie stellte dabei fest, dass das KKB die Übertragbarkeit des Vorkommnisses auf die eigene Anlage sehr schnell überprüft hat. Obwohl die Anlagen des KKB und des Kernkraftwerks Forsmark 1 grosse Unterschiede aufweisen, hat das KKB die Inhalte der Schichtpersonal-Schulung zum Thema Notstromversorgung des KKB ergänzt. In der Schulung wurden die in Forsmark aufgetretenen Probleme, soweit sie für das KKB von Bedeutung sind, vertieft bearbeitet.

Der von der HSK geforderte KKB-spezifische Grosssimulator für die Ausbildung des Betriebspersonals ist beim Hersteller unter intensiver Mitarbeit von KKB-Experten fertig gestellt, umfassend geprüft und in die Schweiz transportiert worden. Im KKB wird er weiteren Testverfahren unterzogen. Der neue Simulator ersetzt im Laufe des Jahres 2007 den bisher benutzten Grosssimulator in den USA.

1.8 Sicherheitsbewertung

Die HSK hat in ihrer Sicherheitsbewertung (vgl. Kapitel 9.3) die in Inspektionen und bei der Vorkommnisanalyse bewerteten Aspekte berücksichtigt. In beiden Kraftwerksblöcken zusammen wurden 6 Inspektionspunkte als gute Praxis beurteilt. Dies sind Punkte, in denen das KKB die Anforderungen und die normale Praxis anderer Anlagen deutlich übertrifft. 143 Inspektionspunkte wurden mit Normalität bewertet. Die HSK ordnete 11 Punkte in die Kategorie Verbesserungsbedarf ein. Bei der Analyse der 5 im Berichtsjahr gemeldeten Vorkommnisse (alle Block 1) bewertete die HSK 7 Punkte mit der Kategorie Abweichung und 2 Punkte mit der Kategorie Verbesserungsbedarf. Die Sicherheitsbewertung des **Betriebsgeschehens** unterscheidet zwischen Bewertungen der Anlage und Bewertungen von Mensch und Organisation.

Im **Block 1** führt die Bewertung des Zustands und Verhaltens der **Anlage** zu folgendem Bild:

Mit Blick auf die gestaffelte Sicherheitsvorsorge, welche auch die Optimierung der radioaktiven Abgaben, Abfälle und der Strahlenexposition des Personals umfasst, sind folgende Aspekte als Abweichung bewertet worden. Diese betreffen in den vorangegangenen Abschnitten dargestellte Schwachstellen im Rahmen von fünf Vorkommnissen:

- Zwei miteinander zusammenhängende Komponentenfehler führten zum Einfall eines Steuerstabs. Eine Störung an einem Kondensat-Rückführventil im Heizkondensatsystem (Sicherheitsebene 1) führte im darunter liegenden Raum zu einem Wasserschaden an einer Reglerkarte des Steuerstabantrieb-Systems (Sicherheitsebenen 1 und 2). Die Reaktorschnellabschaltfunktion war davon nicht betroffen.
- Ein Gebinde mit radioaktiven Ionenaustauscherharzen stürzte vom Kranhaken auf den Boden des Endkonditionierraums (Sicherheitsebene 1).
- An einem Frischdampfleitungsbogen vor der zweiten Isolationsvorrichtung wurde eine Wänddickenschwächung festgestellt (Sicherheitsebenen 1 und 3).
- An der Mindestmengenleitung einer Containment-Sprühpumpe wurde ein kleiner Riss festgestellt (Sicherheitsebene 3).
- Eine elektrische Sicherung der Heizung und Lüftung im Notstandgebäude sprach falsch an (Sicherheitsebene 3).

Bezüglich der Barrieren-Integrität sind keine Abweichungen festgestellt worden.

Die Gesamtbewertung der Anlage zeigt für das KKB 1 ein mehrheitlich positives Bild. Sicherheitstechnisch bedeutsam ist die anstehende Sanierung eines Frischdampfleitungs bogens und die umfassende Überprüfung des Zustands verschiedener weiterer Frischdampfleitungsbögen während des Revisionsstillstands 2007.

Im Block 1 führt die Bewertung des Zustands und Verhaltens von **Mensch und Organisation** zu folgendem Bild:

Mit Blick auf die gestaffelte Sicherheitsvorsorge ist ein Aspekt als Abweichung bewertet worden. Diese Abweichung betrifft das Vorgehen des KKB bei der Beurteilung der Ergebnisse der Wänddickenmessungen an einem Frischdampfleitungsbogen (Sicherheitsebenen 1 und 3).

Bezüglich der Barrieren-Integrität hat die HSK keine Aspekte als Abweichung beurteilt.

Die Gesamtbewertung von Mensch und Organisation zeigt für das KKB 1 – unter Berücksichtigung weiterer Erkenntnisse aus der Aufsichtstätigkeit der HSK – folgendes Bild:

- Die Qualität der Analysen, in denen das KKB die Sicherheitsbedeutung der Ergebnisse der Frischdampfleitungs-Wänddickenmessungen beurteilte, war unzureichend. Die Analysen führten

zunächst zu widersprüchlichen Ergebnissen und nicht sicherheitsgerichteten Schlussfolgerungen.

- Die Bedeutung des Absturzes eines Gebindes mit radioaktiven Ionenaustauscherharzen wurde vom KKB nicht korrekt eingeschätzt. Das KKB beurteilte den Vorfall als Beinahe-Ereignis und nicht als meldepflichtiges Vorkommnis.
- Um im Notspeisewassersystem ein defektes Sicherheitsventil zu ersetzen, baute das KKB ein an anderer Stelle in der Anlage eingebautes baugleiches Ventil aus, ohne hierfür eine Freigabe der HSK einzuholen und ohne die sicherheitstechnischen Auswirkungen ausreichend zu analysieren.

Im **Block 2** führt sowohl die Bewertung des Zustands und Verhaltens der Anlage als auch die Bewertung des Zustands und Verhaltens von Mensch und Organisation hinsichtlich der gestaffelten Sicherheitsvorsorge und der Barrieren-Integrität zu folgendem Bild: Die HSK hat keine Inspektionspunkte als Abweichung bewertet. Meldepflichtige Vorkommnisse waren keine zu beurteilen.

Das Risiko des KKB ist nach wie vor sehr gering und liegt unterhalb des von der IAEA empfohlenen Richtwertes. Diese Beurteilung berücksichtigt die Erkenntnisse aus dem Projekt PEGASOS (siehe Kap. 9.1) noch nicht.

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 2006 die bewilligten Betriebsbedingungen stets eingehalten wurden. Sie attestierte dem KKB eine gute Betriebssicherheit.



Areal des Kernkraftwerks Mühleberg.
Foto: KKM

2. Kernkraftwerk Mühleberg

2.1 Überblick

Das Betriebsjahr 2006 war im Kernkraftwerk Mühleberg (KKM) durch einen weitgehend ungestörten Vollastbetrieb geprägt. Neben dem geplanten Revisionsstillstand kam es im Rahmen von Funktionsprüfungen zu einigen geplanten Leistungsreduktionen von kurzer Dauer, einer störungsbedingten Leistungsreduktion sowie einer Leistungsreduktion wegen der Beschädigung einer Entlüftungsleitung einer Speisewasserpumpe. 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 zwei klassierten Vorkommnissen. Diese hatten nur eine geringe Bedeutung für die nukleare Sicherheit. Das KKM hat mit angemessenen Sofort- und Folgemaßnahmen reagiert.

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 Revisionsstillstandes wurden neben den üblichen Revisionsarbeiten insbesondere folgende Verbesserungen umgesetzt: Im RDB-Stützen N9 wurde die schadhafte Wärmeschutzhülse entfernt und die nicht mehr benötigte Steuerstab-Rückführleitung wurde mit einer Kappe verschlossen. Die fettgeschmierten Lager der Hilfskühlwasserpumpen wurden durch Faserkeramiklager ersetzt.

Im Berichtsjahr 2006 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.

Das KKM hat folgende organisatorische Änderungen vorgenommen: Die Stabsabteilung Kern-



Blick ins Reaktorgebäude: Ansicht des Torus.
Foto: KKM

brennstoff ist als Ressort in die Abteilung Überwachung integriert worden, um die Zusammenarbeit mit dem für die nukleare Betriebsführung verantwortlichen Ressort Physik zu stärken. Das KKM hat den internen Sicherheitsausschuss um ein Gremium für die Bearbeitung menschlicher Faktoren erweitert.

Im Berichtsjahr bestanden mehrere Reaktoroperateur-Anwärter die Abschlussprüfungen der kerntechnischen Grundlagenausbildung. Dies ist eine Voraussetzung für die spätere Reaktoroperateur-Zulassungsprüfung. Auch der fachtechnischen und didaktischen Aus- und Weiterbildung der Instruktoren wurde grosse Aufmerksamkeit geschenkt.

Das Kernkraftwerk Mühleberg (KKM) der BKW FMB Energie AG, welches seinen kommerziellen Betrieb im Jahr 1972 aufnahm, ist eine Siedewas-

serreaktoranlage mit 355 MW elektrischer Nettoleistung. Weitere Daten der Anlage sind in den Tabellen 1a und 1b des Anhangs zu finden; Figur 7b zeigt das Funktionsschema einer Siedewasserreaktoranlage.

2.2 Betriebsgeschehen

Das Kernkraftwerk Mühleberg erreichte im Jahr 2006 eine Arbeitsausnutzung von 91,0 % und eine Zeitverfügbarkeit von 93,4 %. Die Zeitverfügbarkeiten und die Arbeitsausnutzungen der letzten zehn Jahre sind in Figur 1 dargestellt. Die Revisionsarbeiten mit dem Brennstoffwechsel dauerten 25 Tage und bestimmten wesentlich die Nichtverfügbarkeit der Anlage.

Zur geplanten Behebung einer Ventilleckage am Sperrdampfregelventil wurde eine Turbogruppe am 11. Februar 2006 vom Netz genommen. Beim Entlasten der Turbogruppe traten bei ca. 5 MW Schwingungen im Turbinenregelölssystem auf. Dies führte zu einem Teilsclam, wodurch die Leistung auf ca. 28 % reduziert wurde. Die Analyse der Teilsclamauslösung zeigte, dass eine Begrenzungsfunktion, die gewährleisten soll, dass eine Störung als Betriebsstörung (Sicherheitsebene 2) begrenzt bleibt, fehlerhaft ausgelöst hat. Die resultierende Transiente war im vorliegenden Fall auf die Sicherheitsebene 2 begrenzt. Die Anlage verhielt sich auslegungsgemäss. Es wurde kein Sicherheitssystem angeregt.

Eine Messstelle der Turbinen-Überwachung stellte einen Fehler im Regelöl-System (Sicherheitsebene 1) fest und löste auslegungsgemäss eine automatische Leistungsreduktion durch Einfahren eines Teils der Steuerstäbe aus. Der Fehler war nicht reproduzierbar.

Die Kühlwassertemperatur darf beim Wiedereintritt in die Aare 33° C nicht überschreiten. Diese Anforderung kann bei hoher Aare-Wassertemperatur nur durch eine Verringerung der Reaktorleistung erfüllt werden. Wegen der heissen Witterung und entsprechend hoher Wassertemperaturen musste zwischen Juni und August 2006 die Leistung wiederholt reduziert werden.

Eine weitere Leistungsreduktion ergab sich durch die Beschädigung einer Entlüftungsleitung im Speisewassersystem, zu deren Reparatur die Leistung auf 30% reduziert und eine Turbine ausser Betrieb genommen werden musste (siehe unten). Für die Heizung der Wohnsiedlung «Steinriesel» wurden 1,7 GWh thermische Energie geliefert.

Im KKM erfolgte im Berichtsjahr keine ungeplante Reaktorschnellabschaltung.

Im Berichtsjahr waren zwei **Vorkommnisse** zu verzeichnen, welche von der HSK gemäss Richtlinie R-15 der Klasse B zugeordnet wurden. Auf der internationalen Ereignisskala INES (siehe Anhang, Tabelle 4) wurden alle Vorkommnisse der Stufe 0 zugeordnet.

■ Beim monatlichen Testlauf des Kernisolationssystems B (RCIC-B) am 04. Juli 2006 wurde festgestellt, dass das System statt der von der Technischen Spezifikation geforderten Fördermenge von 50 t/h bei einem Druck von 71,4 bar nur 46 t/h lieferte. Ursache für die Abweichung war eine defekte Elektronikbaugruppe, die eine negative Abweichung bei der Fördermengenregelung bewirkte. Dies bedeutet eine Nichterfüllung des Prüfkriteriums und führte deshalb zur entsprechenden Klassierung des Vorkommnisses.

■ Am 6. November 2006 wurden im Maschinenhaus die Brandmelder überprüft. Zur Kontrolle der Melder an der Decke wurde der Kran eingesetzt, an dessen Haken noch die Seile zur Beförderung einer Transportvorrichtung hingen. Diese Seile waren nicht entfernt worden. Beim Fahren des Kranes im Bereich der Speisewasserpumpen streiften diese Seile die Entlüftungsleitung einer Pumpe, was zu deren Beschädigung und damit zur Speisewasserleckage führte. Da der Defekt durch die Pumpenabschaltung nicht behoben werden konnte, wurde die Reaktorleistung manuell auf 30% reduziert. Eine der beiden Turbinengruppen wurde vom Netz getrennt und die zugehörige Kondensatpumpe ausgeschaltet. Mit diesen Massnahmen konnte die Speisewasserleckage gestoppt und der Defekt behoben werden. Nach Abschluss der Reparatur wurde die Anlage wieder auf 100% hochgefahren. Das Vorkommnis hatte keine radiologischen Auswirkungen auf die Umgebung und in der Anlage.

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

2.3 Anlagetechnik

2.3.1 Revisionsarbeiten

Am 13. August 2006 wurde die Anlage zum Revisionsstillstand abgestellt, der 25 Tage dauerte. Während dieser Zeit wurden geplante Tätigkeiten wie Brennelementwechsel, Inspektionen elektri-

scher und mechanischer Einrichtungen, zerstörungsfreie Werkstoffprüfungen, wiederkehrende Funktionsprüfungen an Komponenten und Systemen sowie Instandhaltungs- und Änderungsarbeiten durchgeführt. Die Prüfungen der nuklearen Komponenten wurden durch die HSK und ihre Experten inspiziert. Dabei wurden keine unzulässigen Befunde festgestellt. Die Revision endete mit dem Wiederanfahren der Anlage am 6. September 2006.

Folgende sicherheitsrelevante Arbeiten an mechanischen Komponenten sind hervorzuheben:

Im Revisionsstillstand 2006 wurden an ausgewählten Kernmantelschweissnähten visuelle Kontrollen und zusätzlich Untersuchungen mittels Unterwasserkamera und mechanisierter Ultraschallprüfung durchgeführt. Die Messungen bestätigten die Ergebnisse früherer Jahre und zeigten keine Veränderung der Risswachstumsgeschwindigkeit. Die Risse sind bruchmechanisch gesehen zulässig, womit die Stabilität des Kernmantels nach wie vor gewährleistet ist. Die 1996 eingebauten Zuganker zur Sanierung des Kernmantels wurden planmässig inspiziert und befinden sich in einem einwandfreien Zustand.

Die kombinierte Einspeisung von Wasserstoff und Platin (On-Line-Noble-Chem, OLNC) in den Reaktorwasserkreislauf zur Prävention von Spannungsrisskorrosion wurde fortgeführt. Die Ergebnisse der bisherigen Applikationen zeigten keine negativen Auswirkungen auf die wasserchemischen oder strahlenschutztechnischen Anlageparameter sowie auf das Brennstoffverhalten. Auf Grund der bisher gewonnenen guten Erfahrungen wird die OLNC-Applikation im Jahr 2007 fortgeführt.

Bei den visuellen Prüfungen der Kerneinbauten wurden keine wesentlichen Anzeichen von Werkstoffalterung oder Beschädigungen an den Kerneinbauten festgestellt.

Nachdem Betreiber amerikanischer SWR-Anlagen über Rissbefunde an den Kernsprühleitungen berichtet hatten, wurden im Jahr 2006 auch im KKM erstmals alle zugänglichen Schweissnähte mit einem mechanisierten Ultraschall-Messsystem geprüft. Darüber hinaus erfolgte eine visuelle Prüfung der für das Ultraschallverfahren nicht zugänglichen Bereiche. Das Kernsprühsystem hat die Aufgabe, bei Kühlmittelverluststörfällen aller Leckgrössen in Verbindung mit dem automatischen Druckentlastungssystem die Kernkühlung sicherzustellen. Die untersuchten Rohrleitungen befinden sich innerhalb des RDB. Bei der Auswertung der Ultraschallprüfung wurden vier bewert-

tungspflichtige Anzeigen festgestellt. Die Befunde wurden der HSK fristgemäss gemeldet. Zur Bewertung der Rissanzeigen reichte das KKM sowohl bruchmechanische Analysen als auch eine sicherheitstechnische Beurteilung ein. Die bruchmechanischen Nachweise zeigten, dass die Fehler für mindestens zwei Betriebsperioden belassen werden können. Die HSK hat die bruchmechanischen Berechnungen überprüft und die Ergebnisse bestätigt.

An den Frischdampf- und Speisewasserleitungen wurden manuelle und mechanisierte Wanddickmessungen durchgeführt. Es wurden keine Mindestwanddickenunterschreitungen festgestellt.

Von den Prüfungen an elektrischen Ausrüstungen sind folgende erwähnenswert:

Mit dem jährlichen Kapazitätstest von Notstrom-Batterien wurde deren einwandfreier Zustand nachgewiesen. Die Prüfungen der Leittechnik von Notstandeinrichtungen im SUSAN-Gebäude und des Reaktorschutzsystems verliefen ohne Beanstandungen. Bei mehreren Systemen wurden zudem Sensortests vorgenommen. Bei den durchgeführten Prüfungen wurden keine unzulässigen Abweichungen festgestellt. Ebenso bestätigten die Kontrollen der Schutzrelais an den Transformatoren und die Kontrollen sämtlicher Gleich- und Wechselrichter der elektrischen Eigenbedarfsanlagen deren einwandfreien Zustand.

Insgesamt haben die diesjährig durchgeführten Prüfungen den guten Zustand der mechanischen und elektrischen Einrichtungen gezeigt. Alle Arbeiten im Revisionsstillstand wurden unter Einhaltung einer hohen Qualität und unter Beachtung der Strahlenschutzvorgaben geplant und durchgeführt.

2.3.2 Anlagenänderungen

Von den im Berichtsjahr durchgeführten Anlagenänderungen sind die nachfolgend aufgeführten speziell erwähnenswert:

Im Revisionsstillstand 2006 wurde die schadhafte Wärmeschutzhülse des RDB-Stutzens N9 (siehe dazu auch den Aufsichtsbericht 2005) entfernt und die nicht mehr benötigte Steuerstab-Rückführleitung mit einer Kappe verschlossen.

- Die bestehenden fettgeschmierten Lager der Hilfskühlwasserpumpen und deren Reservepumpe wurden auf selbstschmierende Faserkeramiklager umgerüstet. Der Umbau vereinfacht die Wartungsarbeiten und verringert die Umweltbelastung des Aarewassers.

- Im Bereich der Leittechnik wurden die Schreiber im Kommandoraum durch papierlose Schreiber ersetzt.

- Ein Druckluft-Generator-Lastschalter wurde durch einen modernen SF6-Schalter ersetzt.

2.3.3 Brennelemente und Steuerstäbe

Geringe Aktivitätskonzentrationen im Reaktorwasser und im Abgas aus den Turbinenkondensatoren liessen den Schluss zu, dass im Berichtsjahr 2006 keine Brennstab-Hüllrohrdefekte aufgetreten sind. Die durchgeführten Brennelementinspektionen bestätigten dies denn auch. Die Integrität der ersten Barriere gegen den Austritt radioaktiver Stoffe war somit gewährleistet.

Im Betriebszyklus 33 wurden Vibrationen einer Messlanze im Reaktorkern detektiert. Diese äuserten sich in Abweichungen zwischen Messwerten und berechneten Werten der Kernüberwachung. Nach der planmässigen Abschaltung zur Revision 2006 erfolgte eine visuelle Inspektion der Brennelemente (BE) im Bereich der betroffenen Messlanze. Dabei wurde festgestellt, dass ein BE nicht in seinem Einlasstutzen in der unteren Kernplatte sass (versetztes BE). Bei der visuellen Kontrolle der peripheren Brennelemente wurde ein zweites versetztes gefunden. Beide wiesen keine Beschädigungen auf, und die Sicherheit des Kerns war nicht betroffen. Die Betriebslimiten wurden immer eingehalten.

Für den 34. Zyklus (2006/07) wurden von den 240 Brennelementen des Reaktorkerns 36 durch neue GE14-Brennelemente mit einer 10-x-10-Brennstabanordnung ersetzt. Die HSK hat sich überzeugt, dass die neuen Brennelemente den Qualitätsanforderungen für einen sicheren Betrieb entsprechen. Um das Betriebsverhalten der Brennelemente bei höherem Abbrand und den möglichen Einfluss der Edelmetallzugabe zum Reaktorwasser auf die Brennelemente zu prüfen, wurden im Revisionsstillstand 14 Brennelemente mit unterschiedlichen Einsatzzeiten mit einer Unterwasserkamera inspiziert. An sechs dieser Brennelemente wurden Oxidickenmessungen vorgenommen. Alle inspizierten Brennelemente waren in einem guten Zustand.

Während des Revisionsstillstandes wurden keine Steuerstäbe ausgewechselt. Die im Zyklus 33 gemessenen Borkonzentrationen im Reaktorwasser bestätigen den guten Zustand der Absorberröhrchen in den Steuerstäben.

Während der Eingangsinspektion der im Jahre 2005 angelieferten Brennelemente wurde das Kopfstück eines Brennelements beschädigt. Die

Beschädigung wurde der HSK erst verspätet korrekt gemeldet. Das beschädigte Element wurde vom US-amerikanischen Hersteller zur Reparatur zurückgenommen und im Berichtsjahr erneut zum KKM transportiert. Das KKM führte in Anwesenheit der HSK die Eingangsinspektion des reparierten BE durch. Die HSK stellte dabei einen Verbesserungsbedarf fest, weil die Kommunikation zwischen den KKM-Operateuren und dem englisch sprechenden Experten des Brennelementherstellers nicht immer gewährleistet war.

2.4 Strahlenschutz

Im Kalenderjahr belief sich die Kollektivdosis im KKM auf 1063 Pers.-mSv. Die höchste im KKM registrierte Individualdosis betrug 10,7 mSv. Der Dosisgrenzwert der Strahlenschutzverordnung für beruflich strahlenexponierte Personen von 20 mSv pro Jahr wurde somit weit unterschritten. Es traten weder Personenkontaminationen, die nicht mit einfachen Mitteln entfernt werden konnten, noch Inkorporationen auf.

Die Arbeiten während des Revisionsstillstandes führten zu einer Kollektivdosis von 709 Pers.-mSv. Der Planungswert von 860 Pers.-mSv wurde damit deutlich unterschritten. Der radiologische Zustand der Anlage war auf Grund der schadenfreien Brennelemente sowie der Abschaltung der Wasserstoff-Einspeisung zwei Tage vor dem Abfahren des Reaktors zum Revisionsstillstand gut. Die Schutz- und Überwachungsmaßnahmen bei den strahlenschutzrelevanten Arbeiten, insbesondere während des Revisionsstillstandes, sowie die hierfür notwendigen personellen, organisatorischen und technischen Mittel waren angemessen. Die Kontrollen der Luft und der Oberflächen in der kontrollierten Zone gaben keine Hinweise auf unzulässige Kontaminationen.

Im Januar 2006 wurde eine wasserlösliche Platinverbindung (OLNC) in das Reaktorwasser eingespeist. Primäres Ziel der Massnahme war es, die Einbauten im Reaktordruckbehälter vor Spannungsrisskorrosion zu schützen. Als positiver Nebeneffekt zeigte sich im Revisionsstillstand 2006 eine Verringerung der Dosisleistung um 21 Prozent an den Umwälzschleifen.

Die HSK überprüfte in mehreren Inspektionen den Strahlenschutz im KKM. Dieser entsprach den Vorgaben. Bei einer unangemeldeten Inspektion fand die HSK in der kontrollierten Zone eine gute radiologische Situation vor.

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

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 0,0053 mSv für Erwachsene und 0,0056 mSv für Kleinkinder und liegen somit 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. 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 signifikante Veränderung gegenüber dem Vorjahr (Jahreshöchstwert 2005: 1,8 mSv inkl. natürlicher Untergrundstrahlung). Bei den quartalsweise von der HSK zur Kontrolle durchgeführten Messungen an der Umzäunung des KKM wurden ebenfalls keine signifikanten Veränderungen festgestellt. Die in Art. 102 Absatz 3 der Strahlenschutzverordnung vorgegebenen Immissionsgrenzwerte für Direktstrahlung ausserhalb des Kraftwerkareals 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 2006 der HSK verwiesen.

2.5 Radioaktive Abfälle

Radioaktive Rohabfälle fallen im KKM regelmässig aus den Wasserreinigungssystemen, der Abgas- und Fortluftreinigung und als verbrauchte Brenn-

elementkästen an. Weitere Abfälle stammen vom Austausch von Komponenten bei Instandhaltungs-, Umbau- oder Nachrüstmassnahmen und den dabei verwendeten Verbrauchsmaterialien. Der Anfall an radioaktiven Rohabfällen (vgl. Tabelle 8) war im Berichtsjahr mit 26 m³ etwas höher als im Vorjahr, bewegt sich aber im mehrjährigen Mittel und ist im internationalen Vergleich mit anderen 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. Deren Bestand ist um die aktuelle Jahresproduktion erhöht, da die für die Verarbeitung im Plasmaofen der ZWILAG bereitgestellten brenn- und schmelzbaren Rohabfälle (mit Ausnahme von 500 l Altöl) erst im Jahr 2007 wieder dort-

**Jahresrevision:
Verschiebung der
Brennelemente.**
Foto: KKM



hin abtransportiert werden. Mit 96 m³ ist dieser Bestand dennoch klein.

Als Konditionierungsverfahren kommt im KKM 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 im KKM mehrmals verbrauchte Harze mit der Verfestigungsanlage CVRS konditioniert.

Die konditionierten Abfallgebilde werden routinemässig in das werkseigene Zwischenlager eingelagert. Das KKM nutzt aber auch die Kapazitäten des zentralen Zwischenlagers in Würenlingen. Im Berichtsjahr wurden 1156 konditionierte Abfallgebilde aus dem Abfalllager des KKM dorthin transportiert. Die radioaktiven Abfälle sind in einem von allen schweizerischen Kernanlagen eingesetzten elektronischen Buchführungssystem erfasst, so dass die Information über Menge, Lagerort und radiologische Eigenschaften jederzeit verfügbar ist.

Ein wichtiges Element bei der Minimierung der radioaktiven Abfälle ist die Inaktiv-Freimessung von Materialien aus der kontrollierten Zone. Im KKM wurden in 2006 insgesamt 214,8 t Material gemäss den Vorgaben der HSK-Richtlinie R-13 freigesessen. Dabei handelte es sich zu ca. 90 % um Bauschutt bzw. ausgesonderte Betonbehälter, der Rest setzt sich aus verschiedenen Materialien, überwiegend Metallen, zusammen. Weiterhin wurden im Juni und Juli 2006 zwei innen kontaminierte Wärmetauscher zu einer ausländischen Schmelzanlage abtransportiert. Dort wurden die Komponenten nach Vordekontamination eingeschmolzen, und die entstandenen inaktiven Metallblöcke werden der konventionellen Wiederverwertung zugeführt. Die HSK hat sich durch vorgängige Prüfungen und eine Inspektion vor Ort davon überzeugt, dass das Material nicht mit ausländischem Material vermischt wird und bei der dortigen Inaktiv-Freigabe vergleichbare Kriterien und Schutzziele gelten, wie dies gemäss der HSK-Richtlinie R-13 gefordert wird. Die anhaftende Aktivität verbleibt in den Sekundärabfällen, die deutlich weniger als 10 % der ursprünglichen Masse ausmachen und im Laufe des Jahres 2007 zur Konditionierung in das KKM zurückgeliefert werden.

Befunde an Behältern mit radioaktiven Abfällen wurden der HSK verspätet korrekt gemeldet, weshalb diese erst im Rahmen der Sicherheitsbewertung 2007 berücksichtigt werden.

2.6 Notfallbereitschaft

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

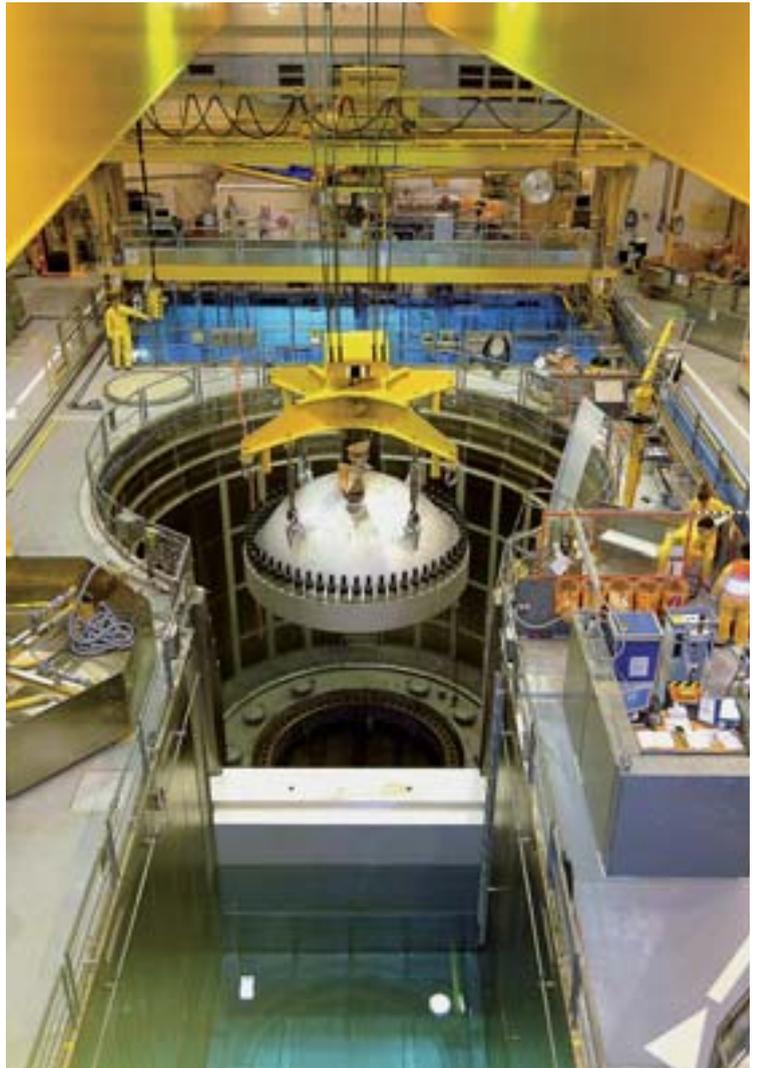
Die Inspektion der Bereitschaft der Notfallkommunikationsmittel zu externen Stellen hat gezeigt, dass die KKM-Einrichtungen betriebsbereit sind. Die HSK hat an der Werksnotfallübung «HYDRA» die Notfallorganisation beobachtet und beurteilt. Die Übung begann mit einem Sicherungsszenario, bei dem ein Täter auf das Gelände vordrang und an verschiedenen Stellen Brandsätze legte. Durch die Brände wurde die Stromversorgung von sicherheitstechnisch wichtigen Systemen beeinträchtigt, so dass der Reaktor vorsorglich abgeschaltet wurde. Nach der Festnahme des Täters begann die Brandbekämpfung. Die Brände wurden von der KKM-Betriebsfeuerwehr zusammen mit der Berufsfeuerwehr Bern gelöscht. Die HSK kam auf Grund der Übungsbeobachtung zum Schluss, dass die Übungsziele erreicht wurden. Im Dezember löste die HSK im KKM ohne Voranmeldung einen Übungsalarm aus, bei welchem die Verfügbarkeit des Werks-Notfallstabes bestätigt wurde.

2.7 Personal und Organisation

2.7.1 Organisation und Betriebsführung

Das KKM hat im Berichtsjahr die Stabsabteilung Kernbrennstoff als Ressort in die Abteilung Überwachung integriert und verbessert damit die Zusammenarbeit mit dem für die nukleare Betriebsführung verantwortlichen Ressort Physik. Es wurde eine neue Stabseinheit geschaffen, welche sich mit übergeordneten strategischen Fragen des KKM befasst. Die HSK hat im Rahmen von Fachgesprächen die organisatorischen Änderungen vor deren Umsetzung mit dem Betreiber eingehend diskutiert und stellte fest, dass diese sorgfältig überlegt, langfristig vorbereitet und geplant wurden. Ende 2006 umfasste die Belegschaft 304 Personen (2005: 303).

Mit der Erweiterung des internen Sicherheitsausschusses um ein Gremium für die Bearbeitung menschlicher Faktoren (ISA-H) ist das von der



Jahresrevision:
Öffnung des
Reaktordruckbehälters.
Foto: KKM

Kernenergieverordnung Art. 30 geforderte Gremium zur Analyse von Vorkommnissen mit Ursachen im Bereich menschlicher Faktoren geschaffen worden. Die Mitglieder des ISA-H sind zurzeit dabei, ihre Fachkenntnisse im Bereich der Vorkommnisanalyse sowie der organisatorischen und menschlichen Faktoren mit Einfluss auf die nukleare Sicherheit zu vertiefen. Die sorgfältige Analyse von Vorkommnissen hinsichtlich Beiträgen aus den Bereichen Mensch und Organisation stellen ein wichtiges Element einer lernenden Organisation dar und tragen zur Förderung einer guten Sicherheitskultur bei.

Viele Sicherheitssysteme können nur während des Revisionsstillstands gewartet werden. Es muss aber jederzeit sichergestellt sein, dass die für den jeweiligen Anlagenzustand von der Technischen Spezifikation geforderten Sicherheitssysteme zur Verfügung stehen. Deshalb stellt die Gewährleistung eines sicheren Zustandes der Anlage besondere Anforderungen an die Planung und Durchführung der Revisionsarbeiten. Situationen, bei

denen von der ursprünglichen Planung abgewichen werden muss, verlangen eine besonders sorgfältige Analyse zur Festlegung des weiteren Vorgehens. Die HSK hat festgestellt, dass das KKM für Abweichungen von der Planung Prozesse, Zuständigkeiten und Kommunikationswege festgelegt hat. Wie bei anderen Aufgaben wendet das Personal im KKM auch in diesen Fällen das STAR-Prinzip an (Stop-Think-Act-Review).

Aufnahme über dem Reaktorgebäude.
Foto: KKM



2.7.2 Personal und Ausbildung

Im Berichtsjahr bestanden zwei Reaktoroperateur-Anwärter des KKM unter Aufsicht der HSK die Prüfung der kerntechnischen Grundkenntnisse an der PSI-Technikerschule. Dies ist eine Voraussetzung für die spätere Zulassungsprüfung als Reaktoroperateur. Sieben weitere Reaktoroperateur-Anwärter bestanden unter Aufsicht der HSK die Prüfung der kerntechnischen Grundkenntnisse an der Fachhochschule in Ulm, welche für Absolventen einer schweizerischen Technikerschule die erforderlichen Ergänzungen zur kerntechnischen Grundlagenausbildung auf den Gebieten Reaktorphysik und Energietechnik bietet. Fünf Reaktoroperateure und zwei Schichtchefs legten ihre Zulassungsprüfung mit Erfolg ab. Die von der HSK beaufsichtigten Zulassungsprüfungen bestehen aus einem umfangreichen mündlichen Teil, in welchem die Kandidaten ihre detaillierten theoretischen Kenntnisse der Anlage und Vorschriften nachweisen müssen und aus einem praktischen Teil am Simulator. Die Ausbildung und Prüfung des zulassungspflichtigen Betriebspersonals richtet sich nach der HSK-Richtlinie R-27 und seit dem 1. Juli 2006 nach der Verordnung über die Anforderungen an das Personal von Kernanlagen (VAPK). Die Anzahl der zulassungspflichtigen Personen ist in Tabelle 2 zusammengestellt.

Im Programm 2006 für die Wiederholungsschulung wurden die Erfahrungen des Vorjahres, der Kenntnisstand des Personals, Änderungen in der Anlage und Erfahrungen aus der eigenen und aus anderen Kernkraftwerken berücksichtigt. Die HSK überprüfte, ob und wie das KKM die Lehren aus dem Vorkommnis im schwedischen Kernkraftwerk Forsmark 1 in der Ausbildung berücksichtigt hat. Die HSK konnte feststellen, dass KKM das Vorkommnis rasch auf Übertragbarkeit und Bedeutung für das KKM analysiert hat. Durch die grossen Unterschiede im Aufbau der Stromversorgung und dank den 2 dampfgetriebenen Kerneinspeisesystemen ist die Anlage des KKM wesentlich unempfindlicher auf Spannungsausfälle ähnlich denjenigen in der Anlage Forsmark 1. Trotzdem wurde am Simulator der Ausfall einer oder beider sicherer Wechselstromschienen vermehrt trainiert. Das Ereignis in Forsmark und die Unterschiede zum KKM wurden mit dem Schichtpersonal vertieft behandelt.

Das Schulungsprogramm berücksichtigt zudem die periodische Wiederholung wichtiger Situationen im Normalbetrieb, spezieller Fahrweisen ge-

mäss Gesamtanlagen-Fahrvorschrift und die Anwendung von Stör- und Notfallvorschriften. Bei allen Kursen erfolgt für jeden Teilnehmer eine Lernzielkontrolle. Zudem werden die einzelnen Kurse und die Arbeitsweise des Instructors von den Teilnehmern bewertet (Feedback). Die Ergebnisse dienen den Teilnehmern und den Ausbildnern als Basis für gezielte Verbesserungen.

2.8 Periodische Sicherheitsüberprüfung 2005

1996 reichte die BKW FMB Energie AG (BKW) ein Gesuch um Aufhebung der Befristung der Betriebsbewilligung vom 14. Dezember 1992 für das Kernkraftwerk Mühleberg (KKM) ein. Auf dieses Gesuch hin verfügte der Bundesrat am 28. Oktober 1998 zwar nicht die Aufhebung der Befristung, aber eine Verlängerung der existierenden Betriebsbewilligung für das KKM bis zum 31. Dezember 2012.

In den Erwägungen des Bundesrates, welche Teil der Verfügung sind, wird festgestellt, dass die BKW die Sicherheit des KKM periodisch nachweisen muss. Dazu hatte sie der HSK bis zum Jahr 2001 eine umfassende Dokumentation für eine periodische Sicherheitsüberprüfung (PSÜ) einzureichen. Die HSK hat dazu Ende 2002 eine sicherheitstechnische Stellungnahme erstellt und veröffentlicht (vgl. HSK-Jahresbericht 2002).

Für eine Zwischenbewertung des KKM musste die BKW bis zum Jahr 2006 ihre PSÜ-Dokumentation aktualisieren und der HSK erneut zur Bewertung einreichen. Die HSK hat dazu bis Ende 2007 wiederum eine sicherheitstechnische Stellungnahme zu erarbeiten.

Das KKM hat seine PSÜ-Dokumentation aus dem Jahr 2000 umfassend aktualisiert (KKM PSÜ 2005) und die überarbeiteten Dokumente fristgerecht zum Jahresende 2005 eingereicht. Die HSK hat diese Dokumentation im Berichtsjahr geprüft und zu einigen sicherheitsrelevanten Themen Nachforderungen gestellt, welche zum Teil bis zum Erscheinen der sicherheitstechnischen Stellungnahme Ende 2007 durch das KKM erledigt werden können und zum Teil als terminierte Forderungen der HSK in ihrer Stellungnahme formuliert sein werden.

Die sicherheitstechnische Stellungnahme wird in der zweiten Jahreshälfte 2007 abgeschlossen und anschliessend veröffentlicht.

2.9 Sicherheitsbewertung

Die HSK hat in ihrer Sicherheitsbewertung (vgl. Kap. 9.3) die in Inspektionen und bei der Vorkommisanalyse bewerteten Aspekte berücksichtigt. Im KKM wurden 10 Inspektionenpunkte als gute Praxis beurteilt. Dies sind Punkte, in denen das KKM die Anforderungen und die normale Praxis anderer Anlagen deutlich übertrifft. 120 Inspektionenpunkte wurden mit Normalität bewertet. Die HSK ordnete 35 Punkte in die Kategorie Verbesserungsbedarf ein und einen – ebenfalls als Vorkommnis gemeldeten – Inspektionenpunkt in die Kategorie Abweichung. Bei der Analyse der 5 im Berichtsjahr gemeldeten Vorkommnisse bewertete die HSK 5 Punkte mit der Kategorie Abweichung und 3 Punkte mit der Kategorie Verbesserungsbedarf.

20 der in die Kategorie Verbesserungsbedarf eingeordneten Inspektionenpunkte betreffen seismische Aspekte des für die probabilistische Sicherheitsanalyse verwendeten Modells. Die HSK beurteilt diese im Rahmen der Ende 2007 veröffentlichten sicherheitstechnischen Stellungnahme zur periodischen Sicherheitsüberprüfung.

Die Sicherheitsbewertung des **Betriebsgeschehens** unterscheidet zwischen Bewertungen der Anlage und Bewertungen von Mensch und Organisation.

Die Bewertung des Zustands und Verhaltens der **Anlage** führt zu folgendem Bild:

Mit Blick auf die gestaffelte Sicherheitsvorsorge, welche auch die Optimierung der radioaktiven Abgaben, Abfälle und der Strahlenexposition des Personals umfasst, sind folgende Aspekte als Abweichung bewertet worden. Diese betreffen in den vorangegangenen Abschnitten dargestellte Schwachstellen:

- Eine Messstelle der Turbinen-Überwachung stellte einen Fehler im Regelöl-System (Sicherheitsebene 1) fest und löste auslegungsgemäss eine automatische Leistungsreduktion durch Einfahren eines Teils der Steuerstäbe aus. Der Fehler war nicht reproduzierbar.
- Durch eine Unachtsamkeit des Kranfahrers ist im Maschinenhaus eine Entlüftungsleitung im Bereich einer Speisewasserpumpe gebrochen (Sicherheitsebene 1). Für die Reparatur der Leckage musste eine Turbogruppe ausser Betrieb genommen und die Reaktorleistung reduziert werden.
- An einer Kernsprühleitung im Reaktordruckbehälter wurden während des Revisionsstillstandes Rissanzeigen gefunden. Über diese Leitung

speist das Niederdruck-Kernsprühsystem in einem Kühlmittelverlust-Störfall Wasser in den Reaktorkern ein (Sicherheitsebene 3). Die Bewertung dieser Rissanzeigen hat gezeigt, dass die Sicherheitsanforderungen zumindest während der nächsten zwei Betriebszyklen erfüllt sind. Eine spätere Sanierung ist erforderlich.

- Wegen einer defekten Elektronikbaugruppe erreichte eines der beiden redundanten Teilsysteme des Reaktorkernisoliations-Kühlsystems beim monatlichen Testlauf nicht die geforderte Fördermenge (Sicherheitsebene 3).
- Beim Brennelementwechsel 2006 wurde festgestellt, dass zwei Brennelemente am Rand des Kerns während des vorangegangenen Betriebszyklus schief positioniert waren (ebenenübergreifend). Brennelemente wurden nicht beschädigt. Die Abschaltbarkeit des Reaktors und die Kernkühlung waren trotz der geometrischen Abweichung gewährleistet. Die Betriebslimiten wurden während des ganzen Zyklus eingehalten.

Die oben beschriebene Leckage im Bereich einer Speisewasserpumpe infolge Bruch der Entlüftungsleitung bedeutete eine Schwächung der 2. Barriere, weil dadurch zwar gereinigtes, aber dennoch leicht radioaktives Speisewasser in das Maschinenhaus austrat.

Die Gesamtbewertung der Anlage zeigt ein mehrheitlich positives Bild, wobei der Zustand der Kernsprühleitung überwacht werden muss und mittelfristig Sanierungsmassnahmen erfordert. Der Zustand des Kernmantels wird alle zwei Jahre inspiziert, letztmals im Jahr 2005. Auf Grund der Inspektionsergebnisse aus dem Jahr 2005 und der zu erwartenden Zustandsveränderungen ist davon auszugehen, dass der Kernmantel die Sicherheitsanforderungen bis zur nächsten Inspektion im Jahr 2007 erfüllt.

Die Bewertung des Zustands und Verhaltens von **Mensch und Organisation** führt zu folgendem Bild: Die HSK hat keine Aspekte in die Kategorie Abweichung eingeordnet.

Die Gesamtbewertung von Mensch und Organisation ist positiv, mit folgenden Einschränkungen: Die Berichterstattung des KKM weist Lücken auf. So wurden Befunde an Behältern mit radioaktiven Abfällen und eine bei der Eingangskontrolle verursachte Beschädigung des Kopfstücks eines Brennelements der HSK erst verspätet korrekt gemeldet, weshalb diese erst im Aufsichtsbericht 2007 bewertet werden können.

Das Risiko des KKM ist nach wie vor sehr gering und liegt unterhalb des von der IAEA empfohlenen Richtwertes. Diese Beurteilung berücksichtigt die Erkenntnisse aus dem Projekt PEGASOS (siehe Kap. 9.1) noch nicht.

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 2006 die bewilligten Betriebsbedingungen stets eingehalten wurden. Sie attestiert dem KKM eine gute Betriebssicherheit.



Die Hauptkühl-
mittelleitungen des
Reaktors werden
für Prüfungen unter
Wasser mit Loop-
stopfen verschlossen.
Foto: KKG

3. Kernkraftwerk Gösgen

3.1 Überblick

Das Betriebsjahr 2006 war im Kernkraftwerk Gösgen (KKG) geprägt durch einen weitgehend ungestörten Volllastbetrieb. Neben dem geplanten Revisionsstillstand kam es lediglich zu zwei Leistungsreduktionen von wenigen Stunden Dauer.

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

Es waren drei klassierte Vorkommnisse zu verzeichnen. Diese hatten nur eine geringe Bedeutung für die nukleare Sicherheit. Das KKG hat jeweils mit angemessenen Sofort- und Folgemaßnahmen reagiert. Der bereits 2005 aufgetretene Hüllrohrschaden an einem Brennstab führte im Berichtsjahr zu einer geringfügigen Auswaschung von Brennstoff. Die in der Technischen Spezifikati-

on festgelegte Grenze der maximal zulässigen Kühlmittelaktivität wurde stets eingehalten.

Die HSK hat im Rahmen ihrer Aufsicht in allen Fachgebieten etwa 60 Inspektionen durchgeführt. Wo erforderlich, verlangte die HSK Verbesserungsmaßnahmen und überwachte deren Umsetzung.

Während des Revisionsstillstands wurden u.a. die Sumpfgitter vor den Ansaugleitungen der Not- und Nachkühlpumpen in drei von vier Strängen durch Kassetten-Strainer ersetzt. Diese weisen verglichen mit den Sumpfgittern eine andere Geometrie und eine viel größere Ansaugfläche auf, wodurch die Gefahr des Verstopfens durch in den Sumpf geschwemmte Materialien weiter verringert wird.

Der Erweiterungsbau des Hilfsanlagengebäudes wurde im Rohbau fertig gestellt. Die baulichen Massnahmen zur Verbesserung der Erdbebensi-

cherheit des Notspeisegebäudes stehen vor dem Abschluss. Die Bauarbeiten für das externe Nasslager für abgebrannte Brennelemente wurden planmässig fortgesetzt.

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. Acht Reaktoroperateure bestanden ihre Zulassungsprüfung. Drei Reaktoroperatoranwärter absolvierten die theoretische Grundausbildung an der Reaktorschule des Paul Scherrer Instituts erfolgreich. Anlässlich der Werksnotfallübung legte ein Kandidat den praktischen Teil der Zulassungsprüfung als Pickettingenieur mit Erfolg ab.

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 Tabelle 1a zusammengestellt; Figur 7a zeigt das Funktionsschema einer Druckwasserreaktoranlage.

3.2 Betriebsgeschehen

Das KKG erreichte im Betriebsjahr 2006 eine Arbeitsausnutzung¹ von 95,6 % und eine Zeitverfügbarkeit von 93,9 %. Der geplante Revisionsstillstand dauerte 22 Tage. Die Nichtverfügbarkeit der Anlage war zum grössten Teil durch den Revisionsstillstand bedingt. Im Berichtsjahr lieferte die Anlage 192,8 GWh Prozesswärme für die Versorgung der nahe gelegenen Kartonfabrik. Weitere Betriebsdaten sind in Tabelle 1b des Anhangs zusammengestellt, während Figur 1 die Zeitverfügbarkeit und die Arbeitsausnutzung in den letzten zehn Jahren zeigt.

Zwei Tage nach Ende des Revisionsstillstands wurden am 27. Juni 2006 verschiedene Arbeiten im nichtnuklearen Teil des KKG ausgeführt. Die Richtung des Drehfeldes der Hilfserregermaschine am Generator wurde gewechselt, ein Sicherheitsventil an einer Niederdruck-Vorwärmerstrasse ausgetauscht und ein Fremdkörper aus einer Armatur des konventionellen Zwischenkühlkreislaufs entfernt. Dafür wurde die Anlage nochmals abgefahren und der Generator für etwa zwei Stunden vom Netz getrennt.

Eine fehlerhafte Klemmverbindung im Messkreis

des Motor-Differentialschutzes führte am 15. Juli 2006 zum Abschalten einer der drei Hauptkühlmittelpumpen im Primärkreislauf. Die Anlage reagierte auslegungsgemäss mit einer automatischen Leistungsreduktion des Reaktors auf 30 % der thermischen Nennleistung und des Generators auf 280 MW elektrische Leistung. Nachdem die fehlerhafte Klemme ersetzt worden war, wurde die betroffene Hauptkühlmittelpumpe wieder zugeschaltet. Sieben Stunden nach dem Pumpenausfall befand sich das KKG wieder im Volllastbetrieb. Die nukleare Sicherheit war jederzeit gewährleistet.

Die Störung im europäischen Verbundnetz am 4. November 2006 hatte nur geringe Auswirkungen auf den Betrieb des KKG. Die elektrische Bruttowirkleistung des Generators verminderte sich vorübergehend von 1035 MW auf 990 MW, verbunden mit einer entsprechenden Reduktion der thermischen Reaktorleistung. Nach 30 Minuten befand sich die Anlage wieder im Volllastbetrieb. Die Anlage reagierte auslegungsgemäss und die nukleare Sicherheit wurde in keiner Weise beeinträchtigt.

2006 war das 16. Jahr in Serie ohne ungeplante Reaktorschnellabschaltung, was im internationalen Vergleich eine herausragende Zeitspanne darstellt.

Im Berichtsjahr waren drei **Vorkommnisse** zu verzeichnen, welche von der HSK gemäss Richtlinie R-15 der Klasse B zugeordnet wurden. Auf der internationalen Ereignisskala INES (siehe Anhang, Tabelle 4) wurden alle Vorkommnisse der Stufe 0 zugeordnet.

Bereits seit Ende November 2005 deutete die erhöhte Aktivität im Primärkühlmittel auf einen Hüllrohrschaden hin. Anfang Mai 2006 erfolgte ein Anstieg der Neptunium-239- und der Iod-134-Aktivität, was Indizien für eine Auswaschung von Brennstoff sind. Im Revisionsstillstand 2006 wurde der betroffene Brennstab gefunden. Im untersten Abstandhalter zeigte sich eine durchgehende Perforation des Hüllrohrs, verursacht durch Reibung (Fretting) an den Abstandhalternoppen. Ursache für die Reibung war eine ungenügende Federspannung, wodurch sich der Brennstab innerhalb des Abstandhalters unter dem Einfluss der Kühlmittelströmung bewegen konnte. Später kam es im oberen Bereich des Brennstabs zum Sekundärschaden mit einer weiteren Perforation des Hüllrohrs. Insgesamt wurden nur wenige Gramm Brennstoff ins Primärkühlmittel freigesetzt. Eine Auswaschung von Brennstoff wird unabhängig

¹ Die berechnete Arbeitsausnutzung von 95,6 % basiert auf einer elektrischen Bruttonennleistung von 1020 MW. Infolge der in den letzten Jahren ausgeführten leistungserhöhenden Anlageänderungen im nichtnuklearen Teil der Anlage liegt die tatsächliche elektrische Bruttolenistung 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.

von der Menge als Vorkommnis B klassiert. An einem benachbarten Brennstab zeigte sich ebenfalls eine Beschädigung durch Reibung, die jedoch zu keiner Perforation des Hüllrohrs geführt hatte. Beide betroffenen Brennstäbe wurden durch Stahlstäbe ohne Brennstoff ersetzt. Der in den Technischen Spezifikationen festgelegte Grenzwert für die spezifische Iod-131-Aktivität im Primärkühlmittel wurde nicht überschritten.

Bei einem Probelauf eines der beiden Notstanddieselgeneratoren wurden eine starke, weisse Rauchentwicklung aus dem Auspuff und eine schwankende Generatorfrequenz festgestellt. Drei der zwölf Zylinder wiesen ungewöhnlich tiefe Austrittstemperaturen der Abgase auf. Diese Befunde deuteten auf eine unvollständige oder fehlende Verbrennung des eingespritzten Kraftstoffs in den betroffenen Zylindern hin. Als Ursache wurde eine Kombination von zwei Fehlern gefunden. Einerseits war die Grundeinstellung der Kraftstoffeinspritzung falsch, was eine verspätete Einspritzung zur Folge hatte, die für sich allein die Funktion des Dieselmotors noch nicht beeinträchtigte. Zusätzlich kam es während des Betriebs zu einer Beschädigung des im Antriebsstrang der Einspritzpumpe liegenden Kupplungssterns aus Kunststoff, der die Funktion eines mechanischen Dämpfungselements hat. Der Materialabtrag am Kupplungsstern führte zu einer weiteren Verzögerung der Kraftstoffeinspritzung. Als Sofortmassnahme wurde der defekte Kupplungsstern ersetzt und die Grundeinstellung der Kraftstoffeinspritzung korrigiert. Vorsorglich wurde auch der Kupplungsstern des zweiten Notstanddieselgenerators ausgetauscht, obwohl keine Beschädigung ersichtlich war. Mittelfristig wird eine Modifikation des Antriebsstrangs der Einspritzpumpe geprüft, die ohne Kupplungsstern auskommt. Vorläufig wird der Zustand des Kupplungssterns nach jedem Betrieb eines Notstanddieselgenerators visuell überprüft.

Bei Reinigungsarbeiten auf einer Hilfsbrücke über einem Brennelementbecken in der kontrollierten Zone kontaminierte sich ein Arbeiter an den Knien und Händen mit Cäsium-137. Er reinigte den nassen Boden kniend und trug die für solche Arbeiten vorgesehenen Gummihandschuhe, nicht aber wasserundurchlässige Überhosen. Die Kontamination im Ausmass vom Dreifachen des Richtwerts für die Oberflächenkontamination nach Strahlenschutzverordnung (StSV) auf einer Fläche von rund 200 cm² konnte mit einfachen Mitteln nicht sofort entfernt werden. Nach wenigen Tagen war



Nach Abschluss der Revisionsarbeiten wird der Reaktordeckel montiert.

Foto: KKG

der Mitarbeiter wieder kontaminationsfrei. Obwohl die vom betroffenen Mitarbeiter akkumulierte Dosis vernachlässigbar war, zeigte das Vorkommnis einen Optimierungsbedarf beim Verhalten in der kontrollierten Zone. Die Lehren aus dem Vorfall wurden in der Wiederholungsschulung des betroffenen Personals berücksichtigt.

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

3.3 Anlagentechnik

3.3.1 Revisionsarbeiten

Während des Revisionsstillstandes vom 3. bis 25. Juni 2006 wurden Routinetätigkeiten wie Brennelementwechsel, Inspektionen mechanischer und elektrischer Einrichtungen, zerstörungsfreie Werkstoffprüfungen, wiederkehrende Funktionsprüfungen an Komponenten und Systemen sowie Instandhaltungs- und Änderungsarbeiten durchge-

führt. Angesichts der wegen des Brennelementschadens erhöhten Aktivitäten im Primärkühlmittel wurden alle Brennelemente in einem zweistufigen Verfahren auf Dichtigkeit geprüft. Bereits bei der Vorprüfung beim Entladen des Reaktors wurde das defekte Brennelement identifiziert. Die Detailprüfung mittels Nass-Sipping bestätigte diesen Befund und zeigte, dass keine anderen Brennelemente undicht sind.

Einige der im Revisionsstillstand durchgeführten Arbeiten sind nachfolgend aufgeführt.

- Der Reaktordruckbehälter (RDB) wurde einer umfassenden Ultraschallprüfung unterzogen und visuell geprüft. Der Defekt an einer Stelle der austenitischen Plattierung im Innern des RDB hat sich seit der letzten Prüfung nicht verändert. Es handelt sich um eine Abplatzung der obersten Lage der in mehreren Schichten aufgetragenen Plattierung. Das ferritische Grundmaterial ist an dieser Stelle von austenitischem Material bedeckt. Es gibt keine Anzeichen für Risse, die ausgehend vom Plattierungsdefekt ins Grundmaterial verlaufen. Die Prüfungen ergaben keine neuen Befunde. Bei der Durchführung der Plattierungsprüfung mit speziellen Ul-

traschall- und Wirbelstromverfahren stellte die HSK einen erheblichen Verbesserungsbedarf fest, der bei zukünftigen Prüfungen zu beachten ist. Die Prüfungen waren nicht qualifiziert und ungenügend auf die Prüfaufgaben abgestimmt. Deshalb anerkannte die HSK einige Teilergebnisse nicht.

- Die letzten drei Kapseln mit Materialproben wurden aus dem RDB entnommen. Infolge ihrer Anordnung im RDB waren sie einer höheren Fluenz schneller Neutronen ausgesetzt als das ferritische Grundmaterial des RDB. Damit wird eine Prognose zur zukünftigen Versprödung des Grundmaterials möglich. Von der Oberfläche der Plattierung im Innern des RDB wurden ebenfalls Materialproben genommen. Durch die Analyse des Gehalts an Niob-Isotopen in diesen Proben kann die Fluenz schneller Neutronen ermittelt werden, was eine quantitative Basis für die Versprödungsprognose ergibt.
- Die innere Plattierung der drei Hauptkühlmittelleitungen wurde mittels einer ferngesteuerten Kamera visuell geprüft. Auf der heißen Seite wurden die Leitungen vollumfänglich bis zum Dampferzeuger inspiziert, auf der kalten Seite bis zur Hauptkühlmittelpumpe. An einer Haupt-



Der Loopstopfen wird in die mit Wasser geflutete Reaktorgrube versenkt.

Foto: KKG

kühlmitteleitung fanden zusätzlich Oberflächenriss- und Ultraschallprüfungen an Schweißnähten statt. Die Prüfungen ergaben keine unzulässigen Befunde.

- Die im Vorjahr neu eingebauten Primärsicherheitsventile (Projekt PISA) wurden geprüft und funktionierten einwandfrei. Das Hauptsicherheitsventil in der Frischdampfleitung eines Dampferzeugers wurde erfolgreich 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 Nachkühlpumpen frei bleiben und nicht durch faseriges Material, das beim Kühlmittelstörfall in den Containmentsumpf gelangen kann, verstopft werden. Deshalb hat man im Revisionsstillstand 2006 die Sumpfgitter vor den Ansaugleitungen der Not- und Nachkühlpumpen in drei von vier Strängen durch Kassetten-Strainer ersetzt. Die Kassetten-Strainer 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 138 geprüften mechanischen Stossbremsen erfüllten 31 die Anforderungen nicht mehr und wurden ersetzt. Der Ersatz von mechanischen Stossbremsen ist Teil der normalen Instandhaltung. Der Anteil liegt im langjährigen Mittel. 33 Rohrhalterungen und 79 hydraulische Stossbremsen wurden geprüft. Vier hydraulische Stossbremsen wurden planmässig ersetzt.
- In allen drei Speisewasser-Hauptpumpen wurden neue Laufräder mit verbesserter Kennlinie eingebaut. Nachdem im Vorjahr die gemessene Kennlinie der mit einem neuen Laufrad bestückten Pumpe von den Vorgaben abwich, zeigten die Messungen beim Anfahren nach dem Revisionsstillstand 2006 den verlangten Zusammenhang zwischen Druck und Fördermenge.
- An 46 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. Alle Messungen zeigten, dass keine Wanddickenschwächung vorliegt. Anlass war ein Vorkommnis im japanischen Kernkraftwerk Mihama, bei dem Erosion zum Versagen einer Rohrleitung geführt hatte.

- Die Schutzeinrichtungen für die 10-kV- und 6-kV-Verbraucher im letzten der vier Stränge der elektrischen Eigenbedarfsversorgung wurden durch digital arbeitende Geräte ersetzt. Die in den anderen drei Strängen bereits früher eingesetzten digitalen Schutzeinrichtungen haben sich bewährt.
- Einer der drei Pole des Blocktransformators wurde gegen den nach dem Revisionsstillstand 2005 revidierten Pol ausgetauscht. Zwei Pole wurden mit einer Videokamera von innen inspiziert. Auf Grund der Ergebnisse der diesjährigen und der bereits früher durchgeführten Inspektionen hat das KKG beschlossen, vier neue Pole zu beschaffen und drei davon im Revisionsstillstand 2008 in die Schaltanlage einzusetzen.
- Im Generator wurde die Erregermaschine nach 27 Jahren Betrieb gegen die Ersatzmaschine ausgetauscht. Der ausgebauten Erreger wird beim Hersteller einer Generalrevision unterzogen.
- Im Rahmen des Projekts ANTIKE zum Austausch von nicht ausreichend qualifizierten oder nicht qualifizierbaren Komponenten der Elektrotechnik wurde das dritte von insgesamt fünf Austauschpaketen umgesetzt. An 19 Unterverteilern wurden die Klemmen ersetzt. Ein Messumformer und ein Leittechnikkabel für die Niveaumessung des Brennelementbeckens wurden ausgetauscht. 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:

Die Erweiterung des Hilfsanlagengebäudes wurde im Rohbau fertig gestellt. Zur Einbindung des Abwasserrohrs vom Nasslager zum Hilfsanlagengebäude musste die Ausführungsplanung für den Blitzschutz angepasst werden. Mit dem Innenausbau wurde begonnen.

Der Bau des externen Nasslagers für abgebrannte Brennelemente wurde fortgesetzt. Die Aussen-

wände des Lagergebäudes wurden bis auf eine Höhe von 8,75 m betoniert, ebenso die Wände des Lager- und des Behälterbeckens sowie diverse Innenwände im unteren Teil des Gebäudes. Mit der Pfahlfundation wurde die erste Bauetappe für die Kühltürme und den Systemtrakt begonnen. Die Qualität der zur Freigabe an die HSK eingereichten Dokumente im Bereich Bautechnik hat sich verglichen mit der Anfangsphase signifikant verbessert. Kleinere Mängel im Bereich des Blitzschutzes wurden während der Bauausführung erkannt und behoben. Die Herstellung der zum Einbau bestimmten Komponenten ist im Gang. Beispiele sind die Lagergestelle zur Aufnahme der Brennelemente, der Hallenkran zur Handhabung des Behälters, in dem die Brennelemente angeliefert werden, die Stahlauskleidung für Lager- und Behälterbecken sowie der Abwassersammelbehälter.

Die baulichen Massnahmen zur Verbesserung der Erdbebensicherheit des Notspeisegebäudes standen am Ende des Berichtsjahres kurz vor dem Abschluss. Die Freigabe der HSK für den Bau der letzten Verstärkungswände wurde erteilt. Damit stehen auch die durch die Periodische Sicherheitsüberprüfung (PSÜ) von 1999 ausgelösten Anlageänderungen vor dem Abschluss. Neben den baulichen Massnahmen im Notspeisegebäude ist noch eine Rohrleitungsunterstützung zu ertüchtigen, wofür die HSK die erforderliche Freigabe erteilte.

Das neue Kernüberwachungssystem POWERTRAX wurde installiert und getestet. Im 28. Betriebszyklus, der nach dem Revisionsstillstand 2006 begann, läuft POWERTRAX zwecks Prüfung der Ergebnisse parallel zum bisherigen Kernüberwachungssystem NUDAWIN. Das Kernüberwachungssystem enthält ein numerisches Modell des Reaktorkerns, welches laufend auf Grund von Messdaten aktualisiert wird. Wichtige Elemente des Modells sind die Verteilung der Leistungs- und Neutronenflussdichte sowie der Brennstoffabbrand.

Die Instrumentierung zur Erfassung von Erdbeben wurde ersetzt. 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 und Steuerstäbe

Im 27. Betriebszyklus (2005/2006) wies die erhöhte Aktivität im Primärkühlmittel ab Ende No-

vember 2005 auf Brennelementschäden hin. Beim Abfahren zum Jahresstillstand und der anschließenden Dichtheitsprüfung aller Brennelemente wurde ein defektes Brennelement identifiziert. Ursache und zeitlicher Ablauf des Brennelementschadens sind in Kapitel 3.2 beschrieben. Für den 28. Zyklus wurden während des Revisionsstillstandes 52 von insgesamt 177 Brennelementen durch solche mit wiederaufgearbeitetem Uran (WAU-Brennelemente) und Mischoxid (MOX-Brennelemente) als Brennstoff ersetzt. Im 28. Betriebszyklus sind im Kern 25 Uran-, 100 WAU- und 52 MOX-Brennelemente eingesetzt. Die HSK hat sich anhand von Protokollen davon überzeugt, dass die neuen Brennelemente den Qualitätsanforderungen für einen sicheren Betrieb entsprechen. Damit war die Integrität der ersten Barriere gegen den Austritt radioaktiver Stoffe zum Zeitpunkt des Wiederanfahrens gewährleistet.

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 vorgenommen. Die untersuchten Brennelemente zeigten ein gutes Betriebsverhalten.

Die Hüllrohre aller 48 Steuerstäbe wurden während des Revisionsstillstandes mittels Wirbelstromprüfung auf Wandschwächungen und Beschädigungen untersucht. Auf Grund dieser Messungen wurde ein Steuerstab ersetzt. Im laufenden 28. Zyklus sind noch 24 Steuerstäbe der Erstausrüstung im Einsatz.

3.4 Strahlenschutz

Im Kalenderjahr 2006 belief sich die Kollektivdosis im KKG auf 540,9 Pers.-mSv. Die höchste im KKG registrierte Individualdosis betrug 10,5 mSv. Der Dosisgrenzwert der Strahlenschutzverordnung für beruflich strahlenexponierte Personen von 20 mSv pro Jahr wurde deutlich unterschritten.

Eine Personenkontamination (vgl. Kap. 3.2) wurde der HSK vorschriftsgemäss gemeldet.

Auf Grund des bereits in der Mitte des 27. Zyklus festgestellten Brennstoffschadens (vgl. Kap. 3.2) stiegen während des Abfahrens der Anlage zum Revisionsstillstand die Aktivitätskonzentrationen der Iodnuklide und der Edelgase im Primärwasser an.

Die Arbeiten während des Revisionsstillstands führten zu einer Kollektivdosis von 444,7 Pers.-mSv, geplant waren 495 Pers.-mSv. In diesem Zeitraum wurde bei mehr als 10 000 Begehungen der kontrollierten Zone ein Fall einer leichten Personenkontamination festgestellt. Die betroffene Person konnte ihre Arbeit noch am selben Tag fortsetzen. Es traten keine Inkorporationen auf. Die Kontrollen der Luft und der Oberflächen in der Anlage gaben keine Hinweise auf unzulässige Kontaminationen.

Die HSK stellte bei mehreren Inspektionen fest, dass im KKG ein 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 Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser ohne Tritium. Die für Druckwasserreaktoren typischen Tritium-Abgaben des KKG betragen rund 19 % des Jahresgrenzwertes. Die quartalsweise von der HSK durchgeführten Kontrollmes-

sungen von Abwasserproben sowie Iod- und Aerosolfiltern ergaben bis auf zwei Ausnahmen Übereinstimmung mit den vom KKG gemeldeten Analyseergebnissen. Die Abweichungen wurden bei den Kontrollmessungen des dritten Quartals festgestellt und zwar bei der Auswertung der Iodfilter der Kaminüberwachung und bei einer Abwasserprobe. Die Abweichung bei der Auswertung des Iodfilters war auf einen Kalibrierfehler und eine ungenügende Homogenisierung der Aktivkohleprobe zurückzuführen. Bei der Abwasserprobe war der Probenbehälter im KKG leicht kontaminiert. Das KKG hat in beiden Fällen umgehend Verbesserungsmaßnahmen umgesetzt.

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 0,0010 mSv für Erwachsene und für Kleinkinder und liegen damit deutlich unterhalb des quellenbezogenen Dosisrichtwerts von 0,3 mSv/Jahr gemäss HSK-Richtlinie R-11.

Ein Fachmann der HSK misst die Dosisleistung eines Transportbehälters für abgebrannte Brennelemente aus dem Kernkraftwerk Gösgen.

Foto: KKG



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

Mit Schutzanzug wird nach der Reinigung der Reaktorgube ein Wischtest durchgeführt.
Foto: KKG



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 2006 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 vom 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 16 m³ deutlich niedriger als im Vorjahr, da die Revisionsarbeiten weit weniger abfallintensiv waren. Die Abfallmenge entspricht dem langjährigen Mittelwert.

Die radioaktiven Rohabfälle werden gesammelt, kampagnenweise konditioniert und anschliessend zwischengelagert. Im Jahr 2006 wurden keine Rohabfälle zwecks Verarbeitung in der Verbrennungs- und Schmelzanlage zur ZWILAG transportiert. Der Bestand an unkonditionierten Abfällen im KKG ist mit 46 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 2006 wurde keine derartige Konditionierungskampagne durchgeführt. Es wurden jedoch acht Fässer, die bereits im Vorjahr mit aktivierten Kerneinheiten befüllt wurden, nach erfolgter Trocknung definitiv verschlossen.

Aus mehreren Sammel tanks wurden radioaktive Schlämme über eine speziell hierfür beschaffte Kammerfiltrationsanlage abgeschieden. Die Schlämme werden später zusammen mit anderen Rohabfällen verarbeitet. Hinsichtlich der Abfallgebindetypen erteilte die HSK im Berichtsjahr drei Typengenehmigungen, die eine Zusammenfassung und Aktualisierung von sechs alten Typen beinhalten.

Die radioaktiven Abfälle sind in einem von allen schweizerischen Kernanlagen eingesetzten elektronischen Buchführungssystem erfasst, so dass die In-

formation über Menge, Lagerort und radiologische Eigenschaften jederzeit verfügbar ist. Inaktivfreigaben gemäss den Vorgaben der HSK-Richtlinie R-13 erfolgten im Berichtsjahr aus dem KKG nicht.

3.6 Notfallbereitschaft

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

Die Inspektion der Notfallkommunikationsmittel hat bestätigt, dass die KKG-Einrichtungen betriebsbereit sind.

Die HSK hat während der Werksnotfallübung HEUREKA die Notfallorganisation beobachtet und beurteilt. Das Szenario ging von einer durch Blitzschlag ausgelösten automatischen Reaktorschnellabschaltung aus. Es wurde zudem unterstellt, dass dabei ein Dampferzeugerheizrohrbruch erfolgte, und es bei einer Messleitung als Folge eines Materialfehlers zu einer Ölleckage kam, wobei sich das austretende Öl entzündete. Der Brand wurde durch die KKG-Betriebsfeuerwehr gelöscht. Der defekte Dampferzeuger wurde nach dem forcierten Abkühlen des Reaktors isoliert, womit die angenommene Aktivitätsfreisetzung beendet wurde. Die HSK kam zum Schluss, dass die Übungsziele erreicht wurden.

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

3.7 Personal und Organisation

3.7.1 Organisation und Betriebsführung

Im Berichtsjahr wurde das Ressort Informatik aus der Abteilung Elektrotechnik herausgelöst und direkt der Kraftwerksleitung unterstellt. Mit dieser Änderung soll der gestiegenen Bedeutung der Informatik für das ganze Kraftwerk Rechnung getragen werden. Ende 2006 arbeiteten im KKG 390 Personen (2005: 403). Das KKG hat in den letzten Jahren wegen Pensionierungen einen grösseren Personalwechsel erfahren. Um das Know-how der Belegschaft zu erhalten, sorgt das

KKG seit Jahren für lange Überlappungszeiten zwischen abtretenden und neu eintretenden Mitarbeitenden. Der für den in den letzten Jahren vollzogenen Generationenwechsel vorübergehend erhöhte Personalbestand konnte wieder auf den ursprünglichen Wert zurückgeführt werden. Dies erklärt den im letzten Jahr geringeren Personalbestand von 13 Personen gegenüber dem Vorjahr.

Sicherheitsfragen wie sicherheitsrelevante Anlagenänderungen, besondere Vorkommnisse in der eigenen Anlage oder in fremden Anlagen wurden im internen Sicherheitsausschuss (ISA) diskutiert. Mitglieder des ISA sind der Kraftwerksleiter und sein Stellvertreter, die Abteilungsleiter, ein Vertreter der Arbeitsgruppe Sicherheitskultur sowie eine aussenstehende Fachperson. Fallweise werden weitere Mitarbeiter beigezogen. Die Zusammensetzung und die Arbeitsweise des ISA entsprechen den Anforderungen der Richtlinie HSK-R-17. Der Art. 30 der Kernenergieverordnung fordert ein Gremium, welches Vorkommnisse mit Ursachen im Bereich menschlicher Faktoren analysiert. Das KKG beabsichtigt dieser Forderung nachzukommen, indem es bei einem Vorkommnis eine Ad-hoc-Arbeitsgruppe aus Experten der Fachabteilungen zusammenstellt, welche das Vorkommnis analysiert und Massnahmen vorschlägt. Diese Arbeitsgruppe wird immer von derselben Person geleitet, welche über Kompetenzen und eine entsprechende Ausbildung im Bereich menschlicher Faktoren verfügt. Der ISA überprüft und beurteilt die Analysen und Massnahmenvorschläge dieser Arbeitsgruppe und entscheidet über deren Umsetzung.

Abweichungen von den Planvorgaben während des Revisionsstillstands können einen grossen Einfluss auf die Sicherheit haben, da während dieser Zeit verschiedene Sicherheitssysteme geplant ausser Betrieb genommen werden. Treten Situationen auf, in denen von den Planvorgaben abgewichen werden muss, sind eine eingehende Analyse der Situation und eine sorgfältige Planung des weiteren Vorgehens notwendig. Bei einer Inspektion hat die HSK festgestellt, dass das KKG für solche Fälle zweckmässige Vorgaben und Kommunikationswege bereitgestellt hat und diese in entsprechenden Fällen konsequent anwendet.

Bei der Nachkontrolle einer Rückschaltung am Ende einer Strangrevision überprüfte ein routinierter Mitarbeiter des KKG zwei gleiche Schalt-Abzweige auf deren korrekte Funktion. Dabei war ihm bei einem Leistungsschalter nicht bewusst,

dass dieser bereits wieder eingeschaltet war. Dies führte dazu, dass eine Notstandsschiene für 2 Minuten 45 Sekunden spannungslos wurde. Das KKG hat dieses Vorkommnis analysiert und für diese Nachprüfungen einen zusätzlichen Prüfschritt eingeführt und zusätzlich auf den für diese Kontrolle notwendigen Dokumenten ergonomische Verbesserungen angebracht. Solche Routinefehler treten selten auf, können jedoch nicht vollständig vermieden werden. Vorbeugend kann ihnen begegnet werden, indem Abläufe so gestaltet werden, dass die Routine aufgebrochen wird. Das KKG hat in diesem Fall aus Sicht der HSK geeignete Massnahmen getroffen.

3.7.2 Personal und Ausbildung

Im Berichtsjahr bestanden drei Reaktoroperateur-anwärter des KKG unter Aufsicht der HSK die Abschlussprüfung der kerntechnischen Grundausbildung an der PSI-Technikerschule. Dies ist eine Voraussetzung für die spätere Zulassungsprüfung zum Reaktoroperateur. Die HSK beaufsichtigte auch die Zulassungsprüfungen von acht Kandidaten, welche auf Grund der bestandenen Prüfung die Zulassung als Reaktoroperateur erlangten. Die Zulassungsprüfungen bestehen aus einem umfangreichen theoretischen Teil, in welchem die Kandidaten ihre Kenntnisse der Anlage und Vorschriften nachweisen müssen, und aus einem praktischen Teil am Simulator. Die praktische Prüfung von Pickettingenieuren erfolgt im Rahmen einer Notfallübung. Die Ausbildung und Prüfung des zulassungspflichtigen Betriebspersonals richtet sich nach der HSK-Richtlinie R-27 und seit dem 1. Juli 2006 nach der Verordnung über die Anforderungen an das Personal von Kernanlagen (VAPK). Die Anzahl der zulassungspflichtigen Personen ist in Tabelle 2 des Anhangs zusammengestellt.

Das Ausbildungsprogramm für das Betriebspersonal stützt sich auf das KKG-Ausbildungshandbuch. Darin sind die Lernziele und Ausbildungsmethoden für die verschiedenen Zulassungsstufen detailliert festgelegt. Wichtige Themen der Weiterbildung waren interne und externe Ereignisse sowie Änderungen an der Anlage und in Vorschriften. Obwohl sich die Anlage des KKG wesentlich von jener im Kernkraftwerk Forsmark 1 unterscheidet, hat das KKG die Übertragbarkeit des Ereignisses in Forsmark auf die eigene Anlage überprüft. Ähnliche Störfallszenarien, wie jenes in Forsmark, werden im KKG regelmässig am Simulator geübt. Den Störfallablauf in Forsmark hat das

KKG in der Schulung des Betriebspersonals behandelt.

Die HSK stellte fest, dass das KKG der Ausbildung des Personals eine hohe Bedeutung beimisst und dabei auch neue Möglichkeiten zur Verbesserung der Schulung schafft. So hat das KKG vom Störfallkapitel des Betriebshandbuchs eine Schulungsversion erstellt, welche wichtige Zusatzinformation enthält. Ein neues Schulungsinstrument ist der «Soft-Panel-Simulator». Dieser ermöglicht es, einen Ausschnitt des Fahrpults im Kommandoraum, wichtige Anlageparameter, Alarmanzeigen und die Funktionslogik gleichzeitig auf eine Wand zu projizieren. Diese Darstellung erlaubt eine gezielte Schulung regeltechnischer Einrichtungen und fördert das Verständnis für den dynamischen Prozessablauf bei Betriebsstörungen und Störfällen. Die Sicherheit des Schichtpersonals bei der Behebung von Anlagestörungen wird dadurch gestärkt.

3.8 Sicherheitsbewertung

Die HSK hat in ihrer Sicherheitsbewertung (vgl. Kap. 9.3) die in Inspektionen und bei der Vorkommnisanalyse bewerteten Aspekte berücksichtigt. Im KKG wurden 2 Inspektionenpunkte als gute Praxis beurteilt. Dies sind Punkte, in denen das KKG die Anforderungen und die normale Praxis anderer Anlagen deutlich übertrifft. 123 Inspektionenpunkte wurden mit Normalität bewertet. 11 Punkte ordnete die HSK in die Kategorie Verbesserungsbedarf ein. Bei der Analyse der 5 im Berichtsjahr gemeldeten Vorkommnisse bewertete die HSK 5 Punkte mit der Kategorie Abweichung und 2 Punkte mit der Kategorie Verbesserungsbedarf.

Die Sicherheitsbewertung des **Betriebsgeschehens** unterscheidet zwischen Bewertungen der **Anlage** und Bewertungen von Mensch und Organisation.

Die Bewertung des Zustands und Verhaltens der Anlage führt zu folgendem Bild:

Mit Blick auf die gestaffelte Sicherheitsvorsorge, welche auch die Optimierung der radioaktiven Abgaben, Abfälle und der Strahlenexposition des Personals umfasst, sind folgende Aspekte als Abweichung bewertet worden. Diese betreffen in den vorangegangenen Abschnitten dargestellte Schwachstellen:

- Wegen einer Fehlanregung eines Schutzes des Hauptkühlmittelpumpen-Motors fiel eine Hauptkühlmittelpumpe aus (Sicherheitsebene 1). Ursache war eine fehlerhafte Klemmverbindung.

- Ein mechanischer Schaden an der Einspritzpumpe eines Notstand-Dieselmotors führte dazu, dass dieser bei einem Probelauf nicht korrekt funktionierte (Sicherheitsebene 3).
- Wegen eines menschlichen Fehlers beim Rückschalten nach Revisionsarbeiten kam es während knapp 3 Minuten zu einem Spannungsausfall einer Notstandschiene (Sicherheitsebene 3).

Ein Punkt wurde in Bezug auf die Barrieren-Integrität als Abweichung bewertet: Im 27. Betriebszyklus, der mit dem Revisionsstillstand 2006 endete, kam es zu einem Hüllrohrschaden an einem Brennstab. Dies bedeutet eine Schwachstelle an der 1. Barriere, die zu einer leichten Erhöhung der Kühlmittelaktivität führte. Diese lag innerhalb des von der Technischen Spezifikation festgelegten zulässigen Bereichs.

Die Gesamtbewertung der Anlage fällt insgesamt positiv aus.

Die Bewertung des Zustands und Verhaltens von Mensch und Organisation führt zu folgendem Bild: Im Bereich Mensch und Organisation wurde ein Aspekt als Abweichung bewertet. Dies betrifft ein nicht optimiertes Vorgehen bei Reinigungsarbeiten in der kontrollierten Zone, bei dem sich ein Arbeiter an Knien und Händen kontaminierte (Sicherheitsebene 1). Nach drei Tagen war er wieder kontaminationsfrei.

Die Gesamtbewertung von Mensch und Organisation ist gut.

Die von der Kommission für die Sicherheit der Kernanlagen (KSA) aufgrund der Berichterstattung über das Jahr 2005 vorgebrachten Bedenken im Bereich der Sicherheitskultur haben sich nicht bestätigt.

Das Risiko des KKG ist nach wie vor sehr gering und liegt unterhalb des von der IAEA empfohlenen Richtwertes. Diese Beurteilung berücksichtigt die Erkenntnisse aus dem Projekt PEGASOS (siehe Kap. 9.1) noch nicht.

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 im KKG während des Jahres 2006 die bewilligten Betriebsbedingungen stets eingehalten wurden. Sie attestiert dem KKG eine hohe Betriebssicherheit.



Gesamtansicht
des Kernkraftwerks
Leibstadt.
Foto: KKL

4. Kernkraftwerk Leibstadt

4.1 Überblick

Das Betriebsjahr 2006 war im Kernkraftwerk Leibstadt (KKL) durch einen weitgehend ungestörten Volllastbetrieb geprägt. Neben dem geplanten Revisionsstillstand kam es zu einer Leistungsreduktion von kurzer Dauer. Die HSK stellt insgesamt fest, dass im KKL während des Jahres 2006 die bewilligten Betriebsbedingungen stets eingehalten wurden. Sie attestiert dem KKL eine gute Betriebssicherheit.

Im Berichtsjahr kam es im KKL zu zwei klassierten Vorkommnissen. Diese hatten nur eine geringe Bedeutung für die nukleare Sicherheit. Das KKL hat mit angemessenen Sofort- und Folgemaßnahmen auf diese Vorfälle reagiert.

Die HSK führte in allen Fachgebieten rund 70 Inspektionen durch. Wo erforderlich, verlangte die

HSK Verbesserungsmaßnahmen und überwachte deren Umsetzung.

Im Berichtszeitraum gab es keine Brennelementschäden, so dass die Integrität der ersten Barriere gegen den Austritt radioaktiver Stoffe gewährleistet war. Nach dem umfangreichen Austausch von Steuerstäben im Revisionsstillstand des Jahres 2005 hat sich die Borsäurekonzentration im Reaktorwasser normalisiert.

Im Zuge der Modernisierung der leittechnischen Einrichtungen konnte eine erste Etappe abgeschlossen werden, so dass das Schichtpersonal sicherheitsrelevante Anlagenparameter an den Bildschirmen des neuen Anlageninformationssystems verfolgen kann.

Im Revisionsstillstand wurden zahlreiche zerstörungsfreie Prüfungen an sicherheitstechnisch klassierten Komponenten durchgeführt. Dabei wur-

den an zwei Nähten der Umwälzleitung Fehleranzeigen gefunden, für welche die HSK eine verstärkte Überwachung und vertiefte Abklärungen verlangt hat.

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.

Zwei Reaktoroperateure, ein Schichtchef und ein Picketingenieur bestanden im Jahr 2006 ihre Zulassungsprüfung. Das KKL führte bereits Ende 2005 eine linienunabhängige Beurteilung der nuklearen Sicherheit ein, indem eine Stabsstelle für das Sicherheits-Controlling geschaffen wurde. 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 1a und 1b des Anhangs zu finden. Die Figur 7b zeigt das Funktionsschema einer Siedewasserreaktoranlage.

4.2 Betriebsgeschehen

Das KKL verzeichnete in seinem 22. Betriebsjahr eine Arbeitsausnutzung von 92,1 % und eine Zeitverfügbarkeit von 93,7 %. Die Zeitverfügbarkeit und die Arbeitsausnutzung der letzten 10 Jahre sind im Anhang in Fig. 1 dargestellt. Es kam zu keiner ungeplanten Reaktorschnellabschaltung und zu keinem unvorhergesehenen Abfahren der Anlage. Im Februar 2006 kam es zu einer störungsbedingten Leistungsreduktion auf 78 %. Ein elektrischer Defekt an einem Vorsteuerventil hatte zu

einer fehlerhaften Umschaltung an zwei Hochdruckvorwärmern im Speisewassersystem geführt (vgl. Kap. 4.3.2).

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

Die Störung im europäischen Verbundnetz am 4. November 2006 hatte keine Auswirkungen auf den Betrieb des KKL.

Im Berichtsjahr waren zwei **Vorkommnisse** zu verzeichnen, welche von der HSK gemäss Richtlinie R-15 der Klasse B zugeordnet wurden. Auf der internationalen Ereignisskala INES (siehe Anhang, Tabelle 4) wurden alle Vorkommnisse der Stufe 0 zugeordnet.

■ Während des viermonatlichen Systemfunktionstests kam es am 26. Januar 2006 im Nebenkühlwassersystem zu starken Schwankungen beim Signal der Durchflussmessung. Die Systemsteuerung reagierte zu empfindlich darauf und schaltete eine Pumpe im nuklearen Zwischenkühlwassersystem ab. Die Durchflussmessung wurde modifiziert. Zwischenzeitlich durchgeführte Tests haben die Wirksamkeit der Modifikation bestätigt.

■ Bei einem Systemfunktionstest der Umluftkühlung einer Notsteuerstelle wurde über einem Luftfilter eine kleinere Druckdifferenz gemessen als von der Technischen Spezifikation gefordert wird. Die Ursache dieser zu geringen Druckdifferenz war der Ersatz des Filters durch ein verändertes Fabrikat. Abklärungen zeigten, dass das veränderte Fabrikat die erforderliche Filterwirkung bereits bei dieser tieferen Druckdifferenz erbringt und die Anforderungen an die Atemluft des bei Bedarf in der Notsteuerstelle anwesenden Personals erfüllt sind. Hingegen erwies sich das Verfahren zur Überprüfung der Funktionstüchtigkeit des Filters als ungeeignet.

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

4.3 Anlagetechnik

4.3.1 Revisionsarbeiten

Während des Revisionsstillstands vom 28. Juli bis 21. August 2006 wurden Routinetätigkeiten wie Brennelementwechsel, Inspektionen mechanischer und elektrischer Einrichtungen, zerstörungsfreie Werkstoffprüfungen, wiederkehrende Funktionsprüfungen an Komponenten und Systemen sowie Instandhaltungsarbeiten durch-

Damit keine radioaktiven Teilchen bei einem Wechsel der Sicherheitszone in eine andere gelangen, müssen spezielle Schutzüberzüge an- bzw. ausgezogen werden.

Foto: KKL



geführt. Die Arbeiten konnten bei strahlenschutz-technisch günstigen Bedingungen durchgeführt werden, da während des vorhergehenden Betriebszyklus keine Brennelementschäden aufgetreten waren.

An fünf ausgewählten Schweißnähten der Umwälzleitung fanden mechanisierte Ultraschallprüfungen statt. Dabei wurden früher festgestellte Auffälligkeiten an einer Schweißnaht überprüft. Zum Einsatz kam die gleiche Prüftechnik, die sich auch schon bei den Messungen in früheren Jahren bewährt hatte. Weiterhin wurden an der Umwälzleitung vier bisher noch nicht überprüfte Schweißnähte untersucht. An zwei Nähten wurden insgesamt vier Fehleranzeigen gefunden. Die Tiefenausdehnung konnte mit den eingesetzten Methoden nicht bestimmt werden. Auf der Basis konservativer Annahmen über die Tiefe sind alle bisher detektierten Anzeigen aus bruchmechanischer Sicht zulässig. Die HSK hat eine verstärkte Überwachung dieser Fehleranzeigen und vertiefte Abklärungen verlangt.

Die Ultraschall-Wiederholungsprüfungen an den Rund- und Längsschweißnähten des Reaktor-druckbehälters (RDB) wurden mit einer neuen Gruppenstrahler-Technik und einem erstmals eingesetzten Prüfroboter durchgeführt. Obwohl die Ausrüstung aufwändig getestet worden war, kam es zu Ausfällen der Motoren des Prüfroboters, die den Ablauf der Prüfung verzögerten. Rund zwei Drittel der vorgesehenen Prüfungen konnten durchgeführt werden. Das KKL wird die restlichen Prüfungen im Revisionsstillstand 2007 nachholen und hält damit die zulässigen Prüfintervalle ein.

Bei den bisherigen RDB-Prüfungen wurden insgesamt drei bewertungspflichtige Anzeigen gefunden. Durch bruchmechanische Analysen konnte gezeigt werden, dass diese Materialfehler die Integrität des Reaktor-druckbehälters nicht gefährden. Die HSK hat verlangt, dass diese zukünftig in einem verkürzten Prüfintervall kontrolliert werden. Die bewertungspflichtigen Anzeigen werden im Jahresstillstand 2007 erneut überprüft.

Im KKL wird jedes Jahr ein definierter Bereich des Reaktor-druckbehälters und seiner Einbauten visuell mit Unterwasserkameras geprüft. Die visuellen Prüfungen in der Jahreshauptrevision 2006 wurden in Bereichen sehr hoher Ortsdosisleistung mit einem neuen Kamerasystem durchgeführt, das eine gute Bildqualität aufwies. Für die Prüfungen in Bereichen mit geringerer Ortsdosisleistung wurde ein bewährtes Farbkamerasystem eingesetzt. Es wurden keine Befunde festgestellt. Die Prüfun-



Bleimatten schützen die Mitarbeiter bei der Revision vor radioaktiver Bestrahlung.
Foto: KKL

gen finden an Prüfpositionen statt, für welche qualifizierte Verfahren und Ausrüstungen einzusetzen sind. Die Qualifizierung dieses Prüfsystems ist noch nicht nachgewiesen. Die HSK forderte vom KKL, das Qualifizierungsverfahren für die visuelle Prüfung der Kerneinbauten umgehend einzuleiten.

Das KKL inspizierte das im Jahr 2004 reparierte hydrostatische Lager einer Umwälzpumpe. Dieses wurde durch Entfernen des Pumpendeckels, Ausbau der Gleitringdichtung und Anheben des Wärmetauschers zugänglich gemacht. Der Zustand des reparierten Lagers entsprach dem Einbauzustand von 2004.

An den Rückschlagventilen in einem Speisewasserstrang wurden Dichtheitsprüfungen nach dem Abfahren der Anlage durchgeführt. Eines der drei in Serie geschalteten Rückschlagventile erfüllte die Dichtheitsanforderungen nicht mehr und wurde deshalb revidiert. Vor dem Wiederanfahren wurden Dichtheitsprüfungen an den sechs Speisewasserrückschlagventilen in beiden Strängen erfolgreich durchgeführt.

Der nach dem Schaden im Jahr 2005 reparierte Generator ist während des gesamten Betriebszyklus störungsfrei betrieben worden. Im diesjährigen Revisionsstillstand wurden keine Mängel festgestellt.

Die an einem Transformator (10 kV / 6,6 kV) ausgeführte Generalrevision zeigte keine negativen

Befunde. Mit dem Ersatz der Verkabelung und der Erneuerung von Instrumentierungen wurde die Voraussetzung für einen langzeitigen funktionssicheren Transformatoreinsatz geschaffen.

Weitere Revisionen und Überprüfungen erfolgten an 380-kV-Hochspannungsanlagen, Blockschutzeinrichtungen, Erregereinrichtungen, Mittelspannungs- und Niederspannungs-Schaltanlagen sowie an Motoren und Stellantrieben. Damit sind die notwendigen Massnahmen für einen weiteren bestimmungsgemässen Betrieb der starkstromtechnischen Einrichtungen geschaffen worden.

Zur Aufrechterhaltung der hohen Systemzuverlässigkeit wurden die leittechnischen Einrichtungen kontrolliert und kalibriert. Das KKL tauschte die Positionsaufnehmer beider Umwälzregelventile aus. Das Steuerstab-Fahr- und -Anzeigesystem wurde überprüft. Auf Grund einzelner Ausfälle wurden 58 Detektoren des Neutronenfluss-Messsystems ausgetauscht.

Die Untersuchungen an den im Aufsichtsbericht 2005 erwähnten drei leicht beschädigten hydraulischen Stossbremsen im Drywell hat ergeben, dass zwei Stossbremsen die Funktion bei dynamischer Beanspruchung voll erfüllt hätten. Bei der dritten Stossbremse wäre die Funktionsfähigkeit nicht mehr gegeben gewesen. Da genügend weitere Abstützungen und Aufhängungen im betroffenen Bereich vorhanden sind, wäre die Leitung im Anforderungsfall nicht überbeansprucht worden.

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.

■ Die Fahrwasserventile an den Steuerstab-Antrieben wurden ersetzt. Damit wird sowohl die Sicherheit als auch die Verfügbarkeit der Anlage erhöht. Die letzte von acht Nebenkühlwasserpumpen wurde auf selbstschmierende Lager umgebaut. Hintergrund dieser Änderung sind Massnahmen zur Reduktion des Trinkwasserverbrauches.

■ Das KKL hat ein aufwändiges Kamerasystem im Maschinenhaus installiert, das der betrieblichen Überwachung dient. Dosisintensive Anlagenrundgänge im Maschinenhaus können dadurch reduziert werden.

■ Im Rahmen der schrittweisen Erneuerung der Generatorschutzeinrichtungen wurde im Jahresstillstand 2006 eine weitere Notstromdivision umgerüstet. Nebst der Anpassung an den Stand der Technik wurde damit die notwendige Ersatzteilbeschaffung ermöglicht. Der modernisierte Generatorschutz wirkt sich positiv auf den Instandhaltungsaufwand aus.

■ Im Rahmen des langfristigen Projekts der Leitungen-Modernisierung konnte der erste Modernisierungsschritt abgeschlossen werden. Dieser umfasste:

■ Ablösung des Safety-Parameter-Display-Systems durch die neue Schutzzielübersichtsanzeige

■ Einbindung der bestehenden Datenerfassungs-Geräte über die neuen Automatisierungsstationen.

■ Ablösung der bestehenden Applikationsserver durch die zwei Informations-Management-Server

Die HSK hat sich durch Inspektionen vor und während des Jahresstillstands davon überzeugt, dass die Arbeiten sorgfältig durchgeführt und die Inbetriebnahme erfolgreich abgeschlossen wurden.

Reaktorwasserbecken:
Blick von ausserhalb des
Containments (Stahl-
Sicherheitsbehälters)
auf das Reaktorwasser-
becken.
Foto: KKL



- Auf Grund von Feststellungen bei Systemfunktionstests wurden Instandhaltungsvorschriften geändert:
 - Ein elektrischer Defekt am Vorsteuerventil der hydraulisch gesteuerten Vorwärmerarmaturen führte zur Umschaltung zweier Hochdruckvorwärmer vom Vorwärm- in den Bypassbetrieb. Als Folge der Absenkung der Speisewassertemperatur wurde die Reaktorleistung aus dem Volllastbetrieb durch Einschleusen von Steuerstäben auf 78% reduziert. Nach der Störungsbehebung und Wiederinbetriebnahme der beiden Hochdruckvorwärmer konnte die Reaktorleistung auf Volllast erhöht werden. Die Ursache der Störung war der Bruch eines Kabels bei den Klemmleisten, möglicherweise induziert durch Korrosion. Zur Vermeidung eines zukünftigen Kabelbruchs werden die Zyklen zum Austausch der Vorsteuerventile mit Verkabelung an den Klemmleisten verkürzt.
 - Anlässlich der Funktionsprüfung des Notabluftsystems wurde das nukleare Zwischenkühlwassersystem in Betrieb genommen. Bei

der Zuschaltung eines Nebenkühlwasserstranges öffneten zwei Wärmetauscher-Austrittsklappen nicht, weil die Drehmomentüberwachung ansprach und dadurch die Antriebsmotoren ausgeschaltet wurden. Das KKL hat daraufhin die Instandhaltungsvorschrift für die Klappen revidiert und weitere technische und betriebliche Massnahmen ergriffen, die die ordnungsmässige Funktion der Klappen gewährleisten.

4.3.3 Brennelemente und Steuerstäbe

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

Für den 23. Betriebszyklus (2006/2007) wurden 128 neue Brennelemente des Typs SVEA-96 Optima2 nachgeladen. Alle nachgeladenen Brennelemente sind mit besonders wirksamen Fremdkörperfiltern ausgestattet. Die HSK hat sich anhand von Protokollen davon überzeugt, dass die neuen Brennelemente den Qualitätsanforderungen für einen sicheren Betrieb entsprechen.

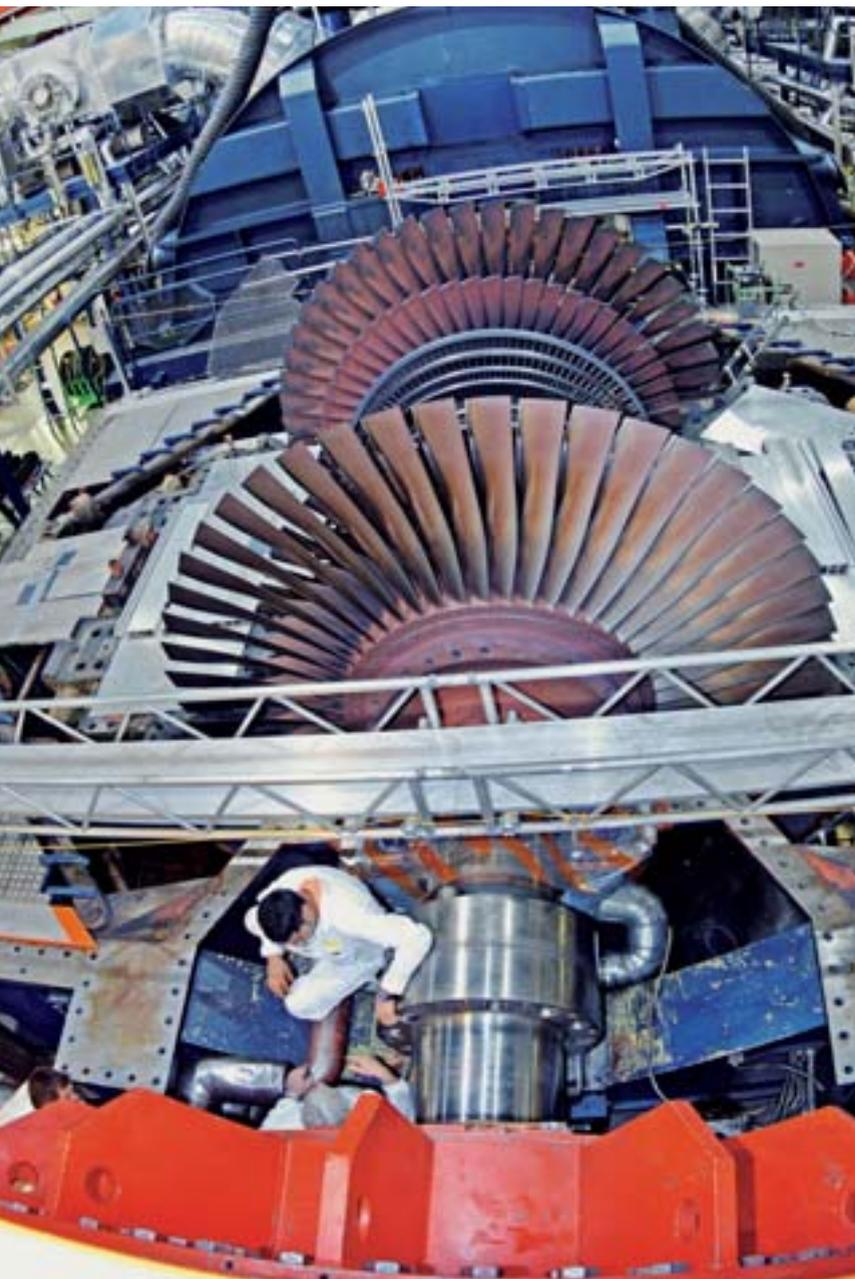
Nach dem umfangreichen Austausch von Steuerstäben im Revisionsstillstand 2005 hat sich die Borsäurekonzentration im Reaktorwasser im Berichtszeitraum normalisiert. Deshalb und auf Grund der Steuerstabaustauschkriterien des Betreibers wurden während des Revisionsstillstandes 2006 keine Steuerstäbe ausgetauscht. Das niedrige Niveau der Borsäurekonzentration ermöglicht es, eine allfällige Undichtheit von Steuerstäben rechtzeitig zu erkennen.

4.4 Strahlenschutz

Dank den schadenfreien Brennelementen waren die radiologischen Arbeitsbedingungen in den kontrollierten Zonen während der Jahreshauptrevision sehr gut. Sie wurde mit 675 Pers.-mSv geplant. Dieser Planwert wurde um 36 Pers.-mSv überschritten und die tatsächlich akkumulierte Kollektivdosis ergab 711 Pers.-mSv. Grund für diese Überschreitung waren technische Schwierigkeiten bei den zerstörungsfreien Prüfungen am Reaktordruckbehälter. Die zur Lösung der technischen Probleme ergriffenen Massnahmen führten zu einem umfangreicheren Arbeitsaufwand als geplant und erhöhten die Jobdosis für diese wichtigen Prüfungen.

Im Herbst des Berichtsjahrs wurde eine von den drei Hauptpumpen des Nach- und Notkühlsystems (RHR)





Blick von oben auf eine Niederdruckturbine.

Foto: KKL

ausgebaut und einer regelmässig wiederkehrenden Totalrevision in der Heissen Werkstatt des KKL unterzogen. Diese Arbeiten wurden unter der ständigen Aufsicht des KKL-Strahlenschutzes durchgeführt. Die geplante Jobdosis betrug 32,8 Pers.-mSv. Tatsächlich wurden 44 Pers.-mSv erreicht, was innerhalb der Planungsgenauigkeit liegt.

Die während des Kalenderjahrs 2006 im KKL akkumulierte Kollektivdosis betrug 885,2 Pers.-mSv. Die höchste im KKL registrierte Individualdosis betrug 10,4 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 Mitteln entfernt werden konnten, noch Inkorporationen auf.

Die HSK stellte bei mehreren Inspektionen fest, dass der Strahlenschutz im KKL seine Aufgaben während der Jahreshauptrevision sowie auch während des Normalbetriebs sorgfältig und gewissenhaft ausübt.

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 3,5 % des Jahresgrenzwertes. Die quartalsweise von der HSK durchgeführten Kontrollmessungen von Abwasserproben sowie Iod- und Aerosolfiltern ergaben Übereinstimmung mit den vom KKL gemeldeten Analyseergebnissen.

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 0,0023 mSv für Erwachsene und 0,0038 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 zeigten keine durch den Betrieb der Anlage erhöhten Werte an. Im Nahbereich eines Siedewasserreaktors ist die Ortsdosisleistung durch Direkt- und Streustrahlung aus dem Maschinenhaus erhöht. Das KKL hat während des rund fünfmonatigen Stillstandes im Jahr 2005 die Maschinenhausfenster zubetoniert. Die Abschirmungswirkung dieser Massnahme zeigt sich bei den Messwerte der Thermolumineszenz-Dosimeter (TLD), die an mehreren Stellen am Zaun des Kraftwerksareals die Dosis messen. Beim Vergleich des Jahres 2006 zu den vier Quartalen vor dem langen Stillstand 2005 kann einerseits festgestellt werden, dass sich der Ort der höchsten Exposition verschoben hat. Andererseits beträgt die höchste, mit den TLD am Zaun ermittelte Jahresdosis (inkl. natürliche Untergrundstrahlung) im Jahr 2006 nur noch 1,5 mSv im Vergleich mit 2,1 mSv für die Periode zwischen April 2004 und März 2005. Die quartalsweise von der HSK durchgeführten Messungen der Dosisleistung an der Umzäunung des KKL bestätigen diese Feststellungen. Die in Art. 102 Absatz 3 der Strahlenschutzverordnung vorgegebenen 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 eingehalten.

Detailliertere Angaben zur radiologischen Situation innerhalb und ausserhalb des KKL finden sich im Strahlenschutzbericht 2006 der HSK.

4.5 Radioaktive Abfälle

Radioaktive Rohabfälle fallen im KKL regelmässig aus den Wasserreinigungssystemen, der Abgas- und Fortluftreinigung und als verbrauchte Brennelementkästen an. Weitere Abfälle stammen vom Austausch von Komponenten bei Instandhaltungs-, Umbau- oder Nachrüstmassnahmen und den dabei verwendeten Verbrauchsmaterialien. Der Anfall an radioaktiven Rohabfällen (vgl. Anhang, Tabelle 8) war im Berichtsjahr mit 28 m³ gleich wie 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. Der Bestand an unkonditionierten Abfällen ist im KKL mit 56 m³ gering. Diese Abfälle sind in dafür vorgesehenen Räumlichkeiten der kontrollierten Zone aufbewahrt. Im Berichtsjahr wurden 2000 l Altöl für die Verarbeitung bei der ZWILAG bereitgestellt, dorthin transportiert und im Plasmaofen der ZWILAG verbrannt.

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 ca. 4800 kg verbrauchte Harze in 177 endkonditionierten Abfallgebinden konditioniert.

Die konditionierten Abfallgebinde werden routinemässig in das werkseigene Zwischenlager eingelagert. Die radioaktiven Abfälle sind in einem von allen schweizerischen Kernanlagen eingesetzten elektronischen Buchführungssystem erfasst, so dass die Information über Menge, Lagerort und radiologische Eigenschaften jederzeit verfügbar ist. Im Sinne der Minimierung radioaktiver Abfälle wurden aus dem KKL im Berichtsjahr 10 t Material (2,7 t Öl und 7,3 t Stahlschrott) gemäss den Vorgaben der HSK-Richtlinie R-13 als inaktiv freigegeben und abgeführt.

4.6 Notfallbereitschaft

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

Die Inspektion der Notfallkommunikationsmittel hat bestätigt, dass die KKL-Einrichtungen betriebsbereit sind.

Die HSK hat anlässlich der Werksnotfallübung «DOMINO DAY» die KKL-Notfallorganisation beobachtet und beurteilt. Das Szenario ging von einem Messleitungsbruch im Containment aus, welcher zum Austritt von Dampf führte. Es wurde angenommen, dass eine Person durch den Dampf verletzt wird. Die Verkettung weiterer Systemausfälle verunmöglichte eine Reaktorschnellabschaltung. Zudem machte das angenommene Versagen der Notborierung schliesslich den Einsatz alternativer Massnahmen zur Reduktion der Reaktorleistung notwendig. Die HSK kam auf Grund der Übungsbeobachtung zum Schluss, dass die Übungsziele erreicht wurden.

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

4.7 Personal und Organisation

4.7.1 Organisation und Betriebsführung

Das KKL hat bereits Ende 2005 Änderungen im Sicherheitsmanagement eingeleitet. So wurde die Stabstelle Sicherheits-Controlling geschaffen, welche unabhängig vom operativen Geschäft laufend die nukleare Sicherheit verfolgt und darüber regelmässig der Geschäftsleitung des KKL berichtet. Damit ist die im Jahre 2005 von der HSK geforderte Verstärkung der personellen Ressourcen zur systematischen Überwachung der nuklearen Sicherheit umgesetzt (siehe HSK-Aufsichtsbericht 2005). Gleichzeitig mit dieser Reorganisation wurde eine Forderung des Art. 30 der Kernenergieverordnung erfüllt. Das KKL hat die Fachstelle, welche Vorkommnisse analysiert, personell verstärkt und die Voraussetzungen geschaffen, um Vorkommnisse mit Ursachen im Bereich menschlicher Faktoren vertieft zu analysieren.

Anfang 2006 wurde die Bauabteilungen des KKL und des KKB zusammengelegt. Der Sitz der Abteilung ist bei der NOK in Baden. Diese Zusammenlegung dient der verstärkten Nutzung von Synergien. Die HSK hat sich in einem Fachgespräch überzeugt, dass diese organisatorische Änderung sorgfältig vorbereitet und gemäss den Anforderungen der Richtlinie HSK-R-17 durchgeführt wurde.

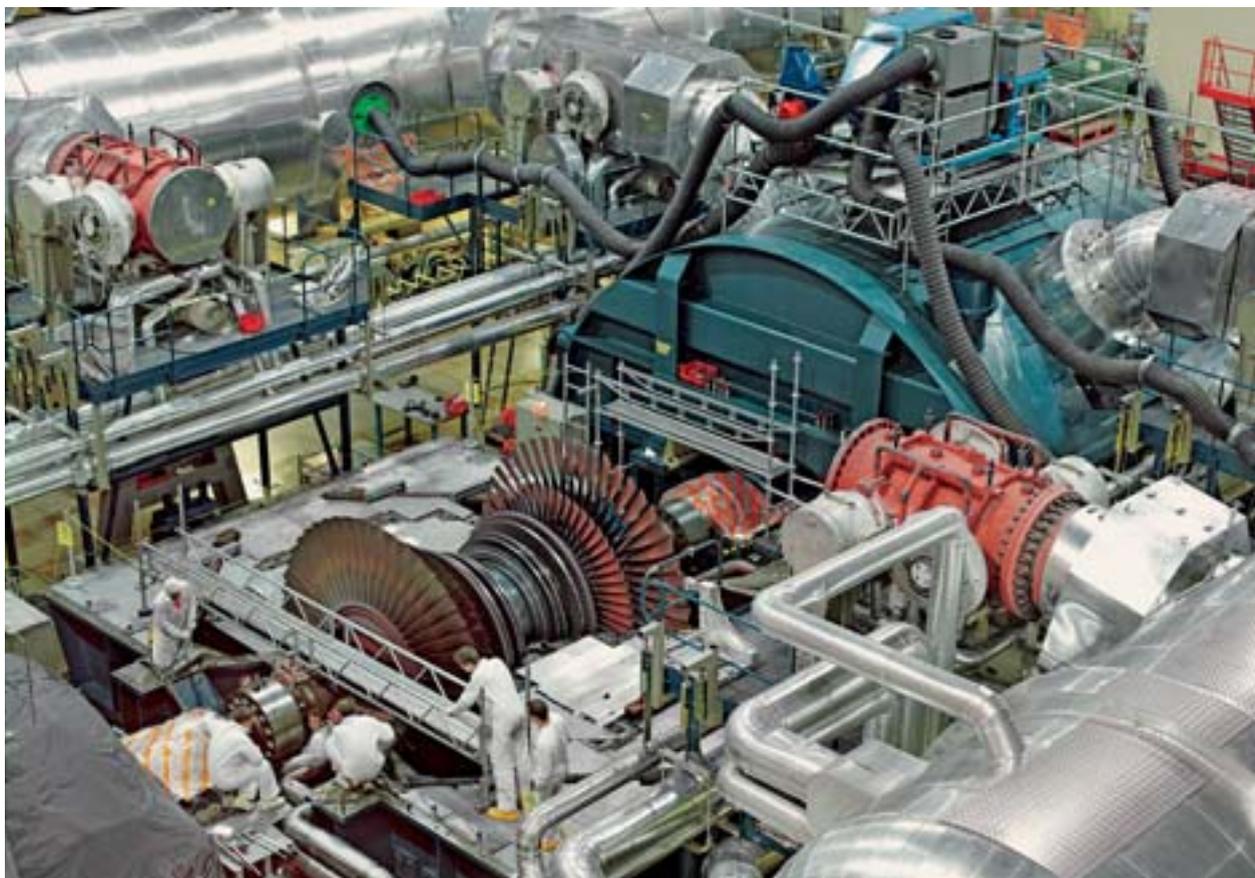
Ende 2006 beschäftigte das KKL 435 Personen (2005: 417).

Der interne Sicherheitsausschuss (ISA) hat die Aufgabe, alle Aspekte der nuklearen Sicherheit systematisch zu behandeln und den Kraftwerksleiter in Fragen der Sicherheit und Sicherung zu beraten. Die HSK hat die Arbeitsweise des ISA im Berichtsjahr überprüft und festgestellt, dass sie den Anforderungen der Richtlinie HSK-R-17 entspricht. Die HSK stellte fest, dass die Mitglieder des ISA während der Sitzung unterschiedliche – insbesondere auch kritische – Rollen einnahmen. Dies erlaubt es, Entscheidungen auf eine breite Basis abzustützen.

Die Planung des Revisionsstillstands in einem Kernkraftwerk erfordert hohe Sorgfalt, um die Sicherheit der Anlage auch in Situationen zu gewährleisten, in denen einzelne Sicherheitssysteme

– im von der Technischen Spezifikation festgelegten Rahmen – ausser Betrieb genommen werden. Die HSK hat sich anhand von Beispielen überzeugt, dass im KKL die notwendigen Vorgaben, Vorgehensweisen und Kommunikationswege etabliert sind, um auch in unvorhergesehenen Situationen die Anlage in einem sicheren Zustand zu halten.

Das KKL hat einen wichtigen Teil des Projekts ANIS+ abgeschlossen, indem es die frühere Funktion des «Safety Parameter Display Systems» auf das neue Anlageninformationssystem transferiert hat (vgl. Kap. 4.3.2). Bei der Entwicklung der Bildschirmdarstellungen hat das KKL das Schichtpersonal – die Anwender des Systems – sehr früh und intensiv in den Entwicklungsprozess eingebunden, wie es auch internationale Anforderungen verlangen. Damit wurden einerseits eine hohe Benutzerfreundlichkeit und andererseits eine hohe Akzeptanz des Systems erreicht. Das KKL hatte das System bereits vor der Installation am Simulator eingebaut, um dessen Funktion und Bedienungsfreundlichkeit zu testen. Die Forderung der HSK nach verstärkter Schulung des Personals und systematischer Dokumentation der Erfahrungen mit dem System werden vom KKL umgesetzt.



Sicht auf den offenen Rotor einer demonstrierenden Niederdruckturbinen.
Foto: KKL

Nach einem Wechsel eines Aerosolfilters vergass ein Mitarbeiter des KKL, einen für den Filterwechsel geschlossenen Absperrhahn wieder zu öffnen, wodurch eine Redundanz der Aerosolmessung sechs Tage nicht verfügbar war. Die Auswirkungen auf die Sicherheit waren unbedeutend, da weitere Messeinrichtungen jederzeit voll verfügbar waren und eine Abgabe von radioaktiven Stoffen angezeigt hätten. Das KKL hat das Vorkommnis sorgfältig analysiert und festgestellt, dass die genannte Unterlassung durch ergonomische Mängel in der Arbeitsanweisung begünstigt wurde. Diese verlangte keine Nachkontrolle der Ventilstellung. Die Kontrolle des Luftdurchflusses reichte in diesem Fall nicht, um den Fehler zu erkennen, da im System eine unbemerkte Leckage vorhanden war, welche einen korrekten Luftdurchfluss vortäuschte. Deshalb hatte auch der Durchflussalarm nicht angesprochen. Das KKL hatte bereits vor diesem Vorkommnis beschlossen, die betroffene Messeinrichtungen durch ein verbessertes Fabrikat zu ersetzen. Zusammen mit den weiteren durch die HSK überprüften Verbesserungen ist eine Wiederholung eines ähnlichen Vorkommnisses weitgehend ausgeschlossen.

4.7.2 Personal und Ausbildung

Auf Grund der erfolgreich bestandenen Prüfung, an welcher die HSK teilnahm, konnten zwei Reaktoroperatoren, einem Schichtchef und einem Pikettingenieur die Zulassungen erteilt werden. Die Zulassungsprüfungen bestehen aus einem umfangreichen theoretischen Teil, in welchem die Kandidaten ihre Kenntnisse der Anlage und Vorschriften nachweisen müssen, und aus einem praktischen Teil am Simulator. Der Pikettingenieur wird im Rahmen einer Notfallübung praktisch geprüft. Die Ausbildung und Prüfung des zulassungspflichtigen Betriebspersonals richtet sich nach den Anforderungen der HSK-Richtlinie R-27 und seit dem 1. Juli 2006 nach der Verordnung über die Anforderungen an das Personal von Kernanlagen (VAPK). Die Anzahl der zulassungspflichtigen Personen ist im Anhang in Tabelle 2 zusammengestellt.

Das Ausbildungsprogramm 2006 für das Betriebspersonal berücksichtigte die Erfahrungen aus der Umsetzung des Programms 2005, die Information zu Änderungen der Anlage und Vorschriften und insbesondere auch die Erkenntnisse aus Ereignissen im KKL und in anderen Anlagen. Das Programm enthielt ein Einzeltraining und ein Teamtraining am Simulator zur Schulung des neuen

bildschirmgestützten Anlageninformationssystems ANIS+, welches während des Revisionsstillstands installiert wurde. Das KKL hat sich nach dem Störfall im schwedischen Forsmark sehr schnell über den Störfall im Kernkraftwerk Forsmark 1 informiert und die Relevanz des Ereignisses für die eigene Anlage überprüft. Dazu hat das KKL die Situation in Forsmark am Simulator so ähnlich wie möglich nachvollzogen und den Einfluss auf die eigene Anlage untersucht. Dabei wurde festgestellt, dass im KKL bei einem ähnlich grossen Umfang an Komponentenausfällen wie in Forsmark der Störfallablauf wesentlich milder wäre. Trotzdem hat das KKL das Szenario mit dem Schichtpersonal ausführlich diskutiert und am Simulator geübt, um auf ähnliche Situationen vorbereitet zu sein. Die HSK hat sich davon überzeugt, dass das KKL die Lehren aus dem Vorkommnis in Forsmark in die Ausbildung übernommen hat.

In Zusammenarbeit mit einem Reaktorlieferanten hat das KKL einen Ausbildungskurs «Nukleare Betriebspraxis» durchgeführt, der die Verbindung von Theorie (Reaktordynamik) mit der aktuellen Konfiguration des KKL-Reaktorkerns herstellte.

Die HSK hat darauf hingewiesen, dass Störfälle am Simulator auch mit der gemäss Kraftwerksreglement zulässigen Minimalbesetzung des Schichtpersonals geübt werden sollten, um nachzuweisen, dass sie auch in dieser Besetzung beherrscht werden können.

Die HSK hat sich davon überzeugt, dass das KKL die Personalplanung für das zulassungspflichtige Betriebspersonal konsequent verfolgt und langfristig für ausreichende Kapazität sorgt.

4.8 Sicherheitsbewertung

Die HSK hat in ihrer Sicherheitsbewertung (vgl. Kap. 9.3) die in Inspektionen und bei der Vorkommnisanalyse bewerteten Aspekte berücksichtigt. Im KKL wurden 5 Inspektionenpunkte als gute Praxis beurteilt. Dies sind Punkte, in denen das KKL die Anforderungen und die normale Praxis anderer Anlagen deutlich übertrifft. 111 Inspektionenpunkte wurden mit Normalität bewertet. Die HSK ordnete 16 Punkte in die Kategorie Verbesserungsbedarf ein und einen – ebenfalls als Vorkommnis gemeldeten – Inspektionenpunkt in die Kategorie Abweichung. Bei der Analyse der 7 im Berichtsjahr gemeldeten Vorkommnisse bewertete die HSK 9 Punkte mit der Kategorie Abweichung und 4 Punkte mit der Kategorie Verbesserungsbedarf.

Die Sicherheitsbewertung des **Betriebsgeschehens** unterscheidet zwischen Bewertungen der **Anlage** und Bewertungen von Mensch und Organisation.

Die Bewertung des Zustands und Verhaltens der Anlage führt zu folgendem Bild:

Mit Blick auf die gestaffelte Sicherheitsvorsorge, welche auch die Optimierung der radioaktiven Abgaben, Abfälle und der Strahlenexposition des Personals umfasst, sind folgende Aspekte als Abweichung bewertet worden. Diese betreffen in den vorangegangenen Abschnitten dargestellte Schwachstellen:

- Schwankungen im Signal der Durchflussmessung des Nebenkühlwassersystems (Sicherheitsebenen 1 und 3) führten zur Abschaltung einer Pumpe im nuklearen Zwischenkühlwassersystem (Sicherheitsebenen 1 und 3).
- Ein elektrischer Defekt an einem Vorsteuerventil führte zu einer fehlerhaften Umschaltung an zwei Hochdruckvorwärmern im Speisewassersystem (Sicherheitsebene 1).
- Im Nebenkühlwassersystem öffneten zwei Wärmetauscher-Austrittsklappen wegen erhöhten mechanischen Widerstands nicht (Sicherheitsebenen 1 und 3).
- Wegen eines fälschlicherweise geschlossenen Absperrhahns war eine Redundanz zur Überwachung von Aerosolabgaben während sechs Tagen nicht verfügbar (Sicherheitsebene 2). Die Abgabenüberwachung war trotzdem funktionstüchtig.
- Über einem Luftfilter der Umluftkühlung einer Notsteuerstelle (Sicherheitsebene 3) wurde eine kleinere Druckdifferenz gemessen als von der Technischen Spezifikation gefordert.

Folgende Aspekte wurden in Bezug auf die Barrieren-Integrität als Abweichung bewertet:

- An Schweissnähten des Reaktorwasser-Umwälzsystems wurden in der Druckleitung der einen Umwälzschleife (Barriere 2) und an der Saugleitung der anderen Umwälzschleife (Barriere 2) Fehleranzeigen gefunden, deren Ursache und Tiefenausdehnung nicht genau be-

kannt sind. Die HSK hat eine verstärkte Überwachung dieser Fehleranzeigen und vertiefte Abklärungen verlangt.

- An zwei Längsnähten und einer Rundnaht des Reaktordruckbehälters wurden Fehleranzeigen gefunden (Barriere 2). Diese wurden bruchmechanisch analysiert und als zulässig bewertet.

Die Gesamtbewertung der Anlage zeigt ein mehrheitlich positives Bild, wobei die Fehleranzeigen an den Umwälzschleifen weitere Massnahmen erfordern.

Die Bewertung des Zustands und Verhaltens von **Mensch und Organisation** führt zu folgendem Bild:

Im Bereich Mensch und Organisation wurden keine Punkte als Abweichung bewertet.

Die Gesamtbewertung von Mensch und Organisation ist gut.

Das Risiko des KKL ist nach wie vor sehr gering und liegt unterhalb des von der IAEA empfohlenen Richtwertes. Diese Beurteilung berücksichtigt die Erkenntnisse aus dem Projekt PEGASOS (siehe Kap. 9.1) noch nicht.

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 im KKL während des Jahres 2006 die bewilligten Betriebsbedingungen stets eingehalten wurden. Sie attestiert dem KKL eine gute Betriebssicherheit.



Transport- und Lagerbehälter für verglaste, hochradioaktive Abfälle: Temperaturkontrolle während Dichtheitsprüfung.
Foto: ZWILAG

5. Zentrales Zwischenlager Würenlingen

Das Zentrale Zwischenlager (ZZL) der Zwischenlager Würenlingen AG (ZWILAG) umfasst mehrere Zwischenlagergebäude, eine Konditionierungsanlage sowie eine Verbrennungs- und Schmelzanlage. Der Stand der Inbetriebsetzung bzw. des Betriebs dieser Anlagenteile, der Strahlenschutz, die Notfallbereitschaft sowie personelle und organisatorische Aspekte werden dargelegt und bewertet. Zusätzlich wird auch die Rückführung von Wiederaufarbeitungsabfällen und die Beschaffung von Transport- und Lagerbehältern behandelt.

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 2005 standen 23 Transport- und Lagerbehälter (TL-Behälter) in der Behälterlagerhalle, die insgesamt 200 Stellplätze bietet. Im Berichtsjahr wurden zwei weitere TL-Behälter eingelagert. Der Lagerbestand an TL-Behältern per Ende 2006 betrug somit 25 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
- 2 Behälter des Typs TN24BH mit je 69 abgebrannten Brennelementen aus dem Betrieb des KKM
- 1 Behälter des Typs CASTOR 1c DIORIT mit den abgebrannten Brennelementen aus dem stillgelegten Forschungsreaktor DIORIT des PSI

Die HSK hat die entsprechenden Einlagerungsanträge zwecks Freigabe geprüft und während der Einlagerungsarbeiten mehrere Inspektionen durchgeführt. Dabei stellte die HSK fest, dass die Arbeiten vorschriftsgemäss ausgeführt wurden.

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

Per Ende 2005 befanden sich insgesamt 1126 Abfallgebinde im Lagergebäude für mittelaktive Abfälle (MAA-Lager). Im Berichtsjahr wurden 1156 Gebinde mit zementierten schwachaktiven Abfäl-

len vom KKM zum ZZL transportiert und ins MAA-Lager eingelagert. Ferner wurden 87 von den während des zweiten Testbetriebs von 2005 und den beiden Testbetrieben von 2006 in der Verbrennungs- und Schmelzanlage (siehe 5.3) produzierten endkonditionierten Gebinden ins MAA-Lager transferiert. Der Lagerbestand des MAA-Lagers per Ende 2006 betrug somit 2369 Abfallgebinde:

- 942 Gebinde mit Abfällen des KKG
- 1290 Gebinde mit Abfällen des KKM
- 13 Gebinde mit Abfällen aus der Stilllegung des Versuchatomkraftwerkes Lucens
- 124 Gebinde aus den Testbetrieben der Verbrennungs- und Schmelzanlage

Die ZWILAG nützt die Lagerhalle für schwach- und mittelaktive Abfälle zunächst während mehrerer Jahre als konventionelles Lager für nichtradioaktive Ausrüstungen und Materialien. Der Ausbau dieser Halle ist deshalb auf die für die besagte Nutzung erforderlichen Einrichtungen beschränkt. In diesem Lager werden u.a. leere Fässer aufbewahrt, die nach und nach für die Beschickung der Verbrennungs- und Schmelzanlage verwendet werden.



Transport- und Lagerbehälter für verglaste hochradioaktive Abfälle: Abheben des Abschirmstopfens des Primärdeckeldurchbruchs.
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.
- Eine Zerlegungskampagne mit gebrauchten Filterkästen aus dem KKB wurde durchgeführt. Die Filtermatten wurden in 200-Liter-Rohabfallfässer verpresst. Sie sind für eine spätere Verarbeitung in der Verbrennungs- und Schmelzanlage vorgesehen. Die Filterrahmen und die Metallteile konnten bis auf wenige Ausnahmen freigemessen werden. Die nicht freigemessenen Teile werden zu einem späteren Zeitpunkt in der Verbrennungs- und Schmelzanlage verarbeitet.
- Verschiedene während der Revisionsarbeiten der Verbrennungs- und Schmelzanlage ausgebaute Teile wurden im Hinblick auf den Wiedereinbau dekontaminiert.
- Nach dem Ersatz der Deckelauskleidung des Ofens der Verbrennungs- und Schmelzanlage müssen jene Teile der ausgebrochenen alten Ausmauerung, die nicht freigemessen werden können, aussortiert und entsorgt werden. Die Sortier- und Freimessarbeiten wurden abgeschlossen, die Konditionierung der verbleibenden radioaktiven Rohabfälle wird zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen.
- Im Hinblick auf die Dekontamination und Entsorgung von KKG-Komponenten wurden die vorhandenen Dekontaminationsmöglichkeiten ausgetestet und die erzielten Ergebnisse ausgewertet. Auf dieser Basis kann die detaillierte Planung der Arbeiten in Angriff genommen werden.

Die Arbeiten in der Konditionierungsanlage wurden vorschriftsgemäss durchgeführt.

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 so genannte Plasmaanlage 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. Die HSK hat den Bau und die Montage der sicherheits- und strahlenschutztechnisch relevanten Anlagenteile beaufsichtigt. Ebenso hat sie die Testbetriebe mit inaktiven Stoffen in den Jahren 2000 bis 2003, die aus der Mängelbehebung resultierenden technischen Anpassungen und die seit 2004 laufenden aktiven Testkampagnen mit radioaktiven Abfällen begleitet und jeweils freigegeben.

Im Berichtszeitraum wurden wiederum Testkampagnen im Frühjahr und im Herbst durchgeführt. Der Durchsatz der Frühjahrskampagne war mit 97 verarbeiteten Fässern mit Primär- und Sekundärabfall wesentlich geringer als geplant, weil die Verfügbarkeit des Ofens im vorgesehenen Zeitfenster durch verschiedene Arbeiten eingeschränkt war: Nacharbeiten an der zuvor erneuerten feuerfesten Innenauskleidung des Ofendeckels sowie das Entfernen von Ablagerungen im Bereich der Rauchgasreinigung waren nötig.

Die Herbstkampagne wurde erstmalig mit wesentlich freieren terminlichen Randbedingungen durchgeführt. Obwohl es erneut notwendig war, Reinigungsarbeiten im Bereich der Abgasstrecke durchzuführen, ist mit einem Ergebnis von 399 verarbeiteten Abfallfässern ein grosser Schritt in Richtung Routinebetrieb gemacht worden. Erstmals wurden im Berichtsjahr deutlich mehr Abfälle verarbeitet, als durchschnittlich in allen anliefernden Anlagen der Schweiz anfallen. Auch gelingt es inzwischen, den Ofen am Ende einer Kampagne in ordnungsgemäss entleertem Zustand abzufahren.

Vor Beginn der Frühjahrskampagne hatte die ZWILAG die radiologische Rauchgasüberwachung auf

Grund der Betriebserfahrung modifiziert, um die Zuverlässigkeit der Messgeräte zu verbessern. Das neue System hat sich anlässlich der beiden Testkampagnen 2006 bewährt.

Genehmigungsseitig hat die ZWILAG im Jahr 2006 eine Reihe von Pendenzen abgearbeitet, die vor einer Erteilung der HSK-Freigabe zum unbeschränkten Dauerbetrieb – wie in einer Auflage der Betriebsbewilligung gefordert – erledigt sein müssen. Hierzu gehört insbesondere die Überarbeitung des Sicherheitsberichts. Wichtige noch offene Punkte sind die Auswertung der entnommenen Produktproben, die Demonstration von Betriebskampagnen mit reinen Schmelzabfällen und die Darlegung des möglichen Optimierungspotenzials (Fahrweise, chemische Zusammensetzung von Rohabfall und inaktiver Glasvorlage, Revision der Annahmebedingungen).

5.4 Strahlenschutz

Im Kalenderjahr 2006 wurde im ZZL eine Kollektivdosis von 20,7 Pers.-mSv ermittelt. Der prognostizierte Wert von 16.8 Pers.-mSv wurde damit überschritten. Der Hauptgrund für diese Überschreitung liegt bei den ungeplanten Reparaturarbeiten an der Ausmauerung des Drehherdes der Verbrennungs- und Schmelzanlage, die eine zusätzliche Kollektivdosis von rund 10 Pers.-mSv verursachten. Die höchste registrierte Einzeldosis betrug 5,1 mSv. Es wurden während der aktuellen Berichtsperiode weder Personenkontaminationen, die nicht mit herkömmlichen Mitteln entfernt werden konnten, noch Inkorporationen festgestellt. Die vom werkseigenen Strahlenschutz durchgeführten Kontrollen der Atemluft und der Oberflächen in den kontrollierten Zonen der Anlage ergaben keine Hinweise auf unzulässige Kontaminationen.

Die für den ZWILAG-Strahlenschutz anspruchsvollsten Arbeiten im Berichtsjahr waren die ständige Betreuung der beiden Verbrennungskampagnen sowie mehrere Antransporte und Einlagerungen von TL-Behältern mit abgebrannten Brennelementen aus den schweizerischen Kernkraftwerken und Glaskokillen aus der Wiederaufarbeitung. Alle Arbeiten im ZZL wurden unter der ständigen Aufsicht des ZWILAG-Strahlenschutzes und unter Einhaltung der gesetzlichen und werksinternen Vorgaben durchgeführt.

Die radioaktiven Abgaben über die Abluft und das Abwasser des ZZL lagen deutlich unterhalb der in der Betriebsbewilligung festgelegten Grenzwerte und z.T. sogar unterhalb der Nachweisgrenzen. Die auf Grund der Abgaben unter ungünstigen Annahmen berechnete Jahresdosis für Einzelpersonen der Bevölkerung in der Umgebung des ZZL ist vernachlässigbar. Da das ZZL und das PSI einen gemeinsamen Standort teilen und die Umgebungsüberwachung für den gesamten Standort durchgeführt wird, wird für diesbezügliche Resultate auf das Kapitel 6 zum PSI verwiesen.

Die HSK überprüfte bei mehreren Inspektionen die Arbeitsweise des ZWILAG-Strahlenschutzes. Sie stellte dabei fest, dass dieser seine Aufgaben sorgfältig und gewissenhaft bewältigt.

5.5 Notfallbereitschaft

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

Die HSK hat im Juni 2006 an der Werksnotfallübung «MIKADO» die Notfallorganisation der ZWILAG beobachtet und beurteilt. Gemäss Störfallszenario ging es um einen Brand in der Heissen Zelle mit verletzten Mitarbeitenden. Die Feuerwehr und der Sanitätsdienst des PSI wurden zur Rettung der Verletzten und zum Löschen des Brands aufgeboten. Nach den Sofortmassnahmen erarbeitete der ZWILAG-Notfallstab ein Konzept zur Bereinigung der Situation in der Heissen Zelle. Die HSK kam zum Schluss, dass die Übungsziele erreicht wurden.

Im Dezember 2006 löste die HSK bei der ZWILAG ohne Voranmeldung einen Übungsalarm aus, bei welchem die Verfügbarkeit des Notfallstabes überprüft wurde. Die ZWILAG erreichte das Übungsziel.

5.6 Personal und Organisation

Der Personalbestand beläuft sich Ende 2006 auf 34 Stellen. Um die Verbrennungskampagnen und

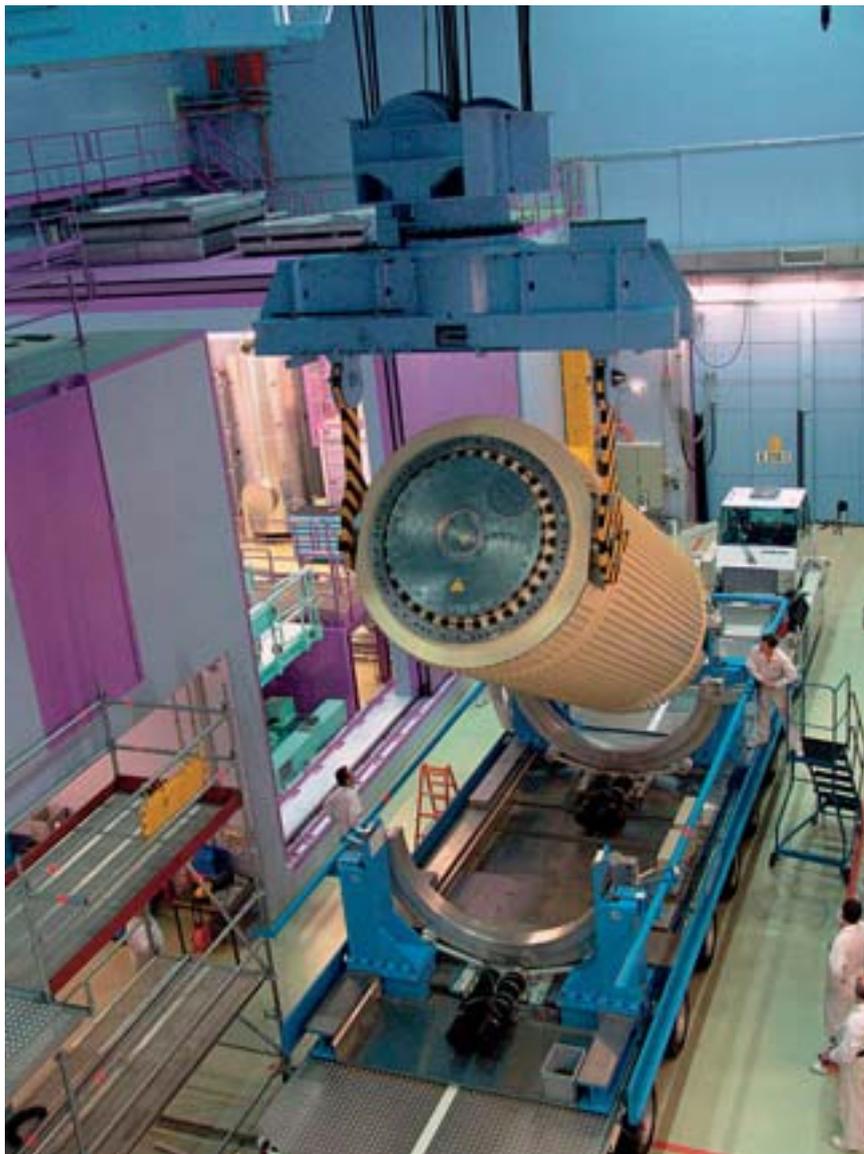
die Tätigkeiten zur Einlagerung von Abfällen zu entkoppeln, hat der Verwaltungsrat der ZWILAG beschlossen, den Personalbestand bis Ende 2010 von bisher 31 auf 57 Stellen zu erhöhen. Gründe dafür sind der Abbau von Fremdpersonal sowie die Ermöglichung der parallelen Erfüllung der drei Aufgaben Verbrennung, Konditionierung und Lagerung. Damit kommt die ZWILAG einer Anregung nach, welche die HSK mehrfach vorgebracht hatte. Die HSK hat die geplante Vorgehensweise zur Personalaufstockung geprüft und dabei festgestellt, dass sich die ZWILAG für diese Entwicklung sorgfältig vorbereitet hat. Auf Grund einer Bedarfsabklärung hat die ZWILAG die Schritte für die Personalaufstockung so geplant, dass die Einführung der neuen Leute mit den bereits vorhandenen Ressourcen erfolgen kann. Die Vorgehensweise der ZWILAG entspricht den in der HSK-Richtlinie R-17 «Organisation von Kernanlagen» formulierten Grundsätzen bei organisatorischen Änderungen.

Das Managementsystem der ZWILAG wurde vor drei Jahren entsprechend der Norm ISO-9001:2000 zertifiziert. Im September des Berichtsjahres hat die Zertifizierungsstelle in einem Wiederholungsaudit die Wirksamkeit des Systems überprüft und die Gültigkeit des Zertifikats für weitere drei Jahre bestätigt.

5.7 Rücknahme von Wiederaufarbeitungsabfällen

In La Hague (Frankreich) und in Sellafield (Grossbritannien) werden abgebrannte Brennelemente aus schweizerischen Kernkraftwerken durch die Firmen COGEMA und BNGS (ehemals BNFL) im Rahmen der abgeschlossenen Verträge wiederaufgearbeitet. Die dabei entstehenden Abfälle müssen gemäss den Verträgen in die Schweiz zurückgeholt werden. Verglaste hochaktive Abfälle (Glaskokillen) aus der Wiederaufarbeitung bei COGEMA stehen für die Rückführung bereit, andere Abfallsorten, insbesondere von BNGS, noch nicht.

Die erste Rückführung von Glaskokillen von COGEMA fand 2001 statt. Bis Ende 2005 erfolgten insgesamt sieben Transporte von La Hague zur ZWILAG. Im März 2006 wurde ein weiterer Transport- und Lagerbehälter (TL-Behälter) in Frankreich beladen, der im September 2006 zum ZZL



Transport- und Lagerbehälter für verglaste, hochradioaktive Abfälle, Demontage der Aluminiumringe der Transportkonfiguration.
Foto: ZWILAG

transportiert und in die Behälterlagerhalle eingelagert worden ist. Mit den bisherigen Rücknahmen hat die Schweiz rund 50 % ihrer verpflichteten Rücknahmemenge gegenüber der COGEMA für die hochaktiven Abfälle erfüllt. Weitere Transporte zur ZWILAG mit Glaskokillen der COGEMA werden gemäss der heutigen Planung erst ab 2008 stattfinden.

Grundsätzlich begleiten Experten der HSK stichprobenweise die Auslagerung und die Kontrolle der zurückzunehmenden Abfälle sowie die Beladung der TL-Behälter. Bei diesen Kontrollen wurde auch im Jahr 2006 in allen Fällen Übereinstimmung mit den Vorgaben festgestellt.

Für die mittelaktiven Abfälle der COGEMA sowie für die Abfälle der BNGS ist der Beginn der Rücknahme für das Jahr 2009 bzw. 2010 angekündigt. Auch für diese Transporte wird die HSK vergleich-

bare Kontroll- und Inspektionsverfahren etablieren wie sie dies bisher bei Rücktransporten angewendete.

5.8 Beschaffung von Transport- und Lagerbehältern

Das bewilligte Konzept der Zwischenlagerung von abgebrannten Brennelementen und von Glaskokillen besteht darin, diese Abfälle in massiven Transport- und Lagerbehältern (TL-Behältern) einzuschliessen. Diese Behälter werden von den Kernkraftwerken bzw. von den Wiederaufarbeitungsanlagen zum ZZL transportiert und dort in der Behälterlagerhalle aufgestellt. Die TL-Behälter müssen die Sicherheit der Zwischenlagerung gewährleisten. Die HSK hat die Anforderungen an die Auslegung von TL-Behältern und an das Aufsichtsverfahren während Konstruktion und Fertigung dieser Behälter in der HSK-Richtlinie R-52 festgelegt.

Die Aufsicht über die Beschaffung von TL-Behältern erfolgt in zwei Schritten: In einem ersten Schritt beurteilt die HSK die Wahl (Spezifikation) des Behältertyps und in einem zweiten die Erfüllung der Referenzanforderungen auf Grund des einzureichenden Sicherheitsberichts. Im Anschluss an diese Prüfschritte wird die Herstellung der von den KKW-Betreibern bestellten TL-Behälter stichprobenweise kontrolliert.

Auch für die Lagerung von KKB-Brennstoff im Zwischenlager ZWIBEZ gilt das oben beschriebene Konzept. Die NOK wird voraussichtlich 2007 einen Behältertyp wählen. Im Rahmen des Auswahlverfahrens hat die HSK im Berichtsjahr im Sinne des ersten Prüfschrittes zu einzelnen Fragen Stellung genommen.

Hinsichtlich der Erfüllung der Referenzanforderungen (zweiter Prüfschritt) hatte die HSK bis Ende 2005 die Prüfung von sieben Behältertypen abgeschlossen. Die Prüfungen der am Behältertyp TN24BH vorgenommenen Änderungen sowie des bis auf den zulässigen Inhalt dem Typ TN24BH identischen Typs TN24BHL wurden im Berichtsjahr

abgeschlossen. Betreffend Behältertyp TN24GB, der dem von der HSK bereits geprüften Typ TN24G sehr ähnlich ist, hat die HSK zu einzelnen Aspekten Stellung genommen; weitere Prüfarbeiten werden nach dem Einreichen des Sicherheitsberichts 2007 durchgeführt.

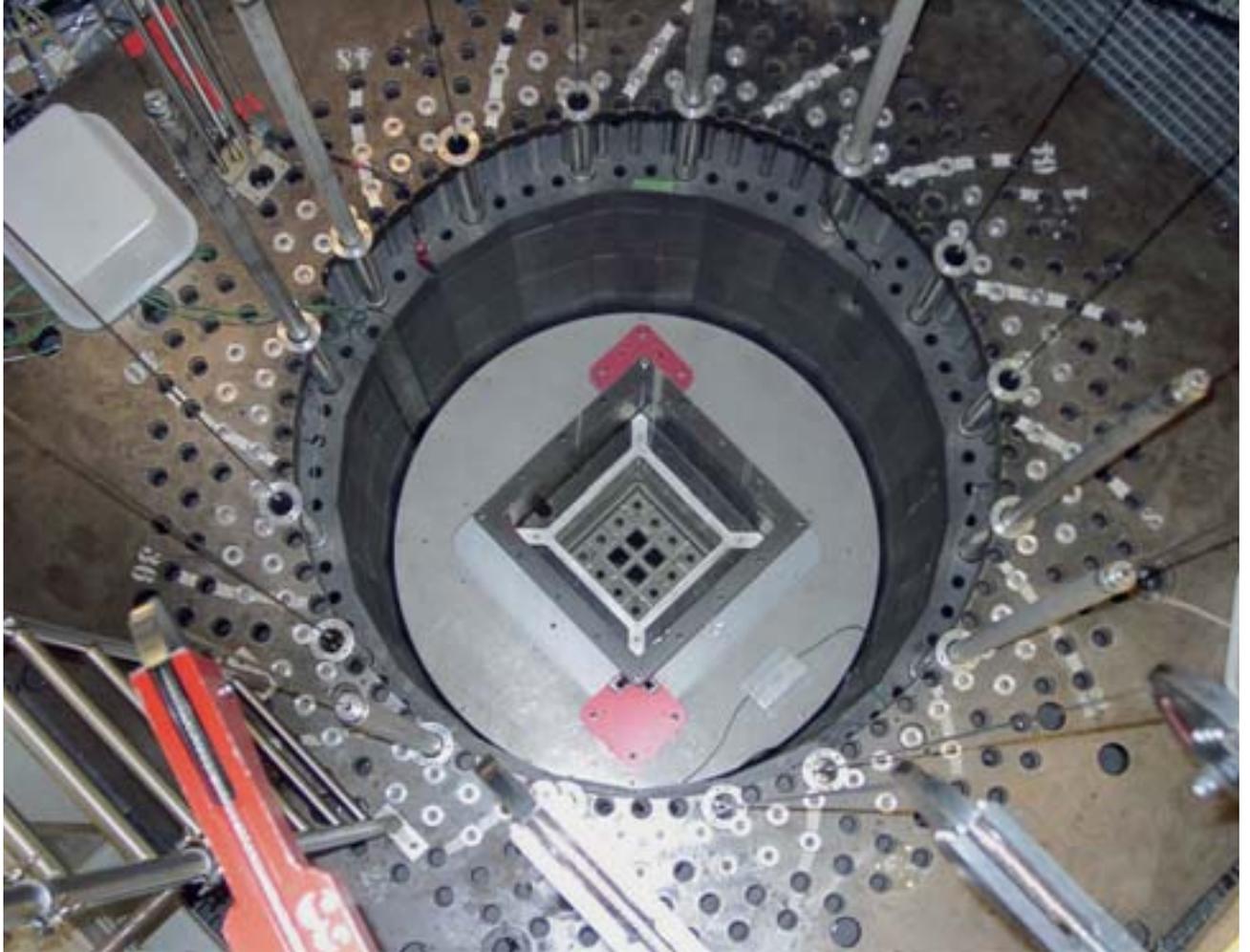
Die HSK verfolgte im Berichtsjahr die Auslegung, die Konstruktion und die Herstellung der bestellten TL-Behälter weiter. Der Schweizerische Verein für Technische Inspektionen (SVTI) hat im Auftrag der HSK Herstellungsdokumente geprüft und Abnahmeprüfungen verfolgt. Die dabei festgestellten Mängel wurden vom Hersteller behoben.

5.9 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 im Hinblick auf die nukleare Sicherheit und den Strahlenschutz gut. Die Betriebsführung erfolgt vorschriftsgemäss.

Die Arbeiten in der Konditionierungsanlage wurden vorschriftsgemäss durchgeführt. In der Verbrennungs- und Schmelzanlage wurden im Berichtsjahr anlässlich der beiden aktiven Testkampagnen erstmalig deutlich mehr Abfälle verarbeitet als im Durchschnitt in der Schweiz jährlich anfallen. Auch gelang es jeweils, den Ofen am Ende einer Kampagne in ordnungsgemäss entleertem Zustand abzufahren. Für die im Jahr 2007 vorgesehenen Kampagnen wird die HSK noch Einzel freigaben erteilen.

Die HSK beurteilt die Erfüllung der Strahlenschutzaufgaben als gut. Die erforderliche Notfallbereitschaft ist gegeben. Die HSK begrüsst den Entschluss der ZWILAG, den Personalbestand stark zu erhöhen, um damit eine flexiblere Arbeitsorganisation zu ermöglichen. Das Managementsystem ist etabliert, und die notwendigen Personalausbildungen finden statt.



Blick auf das Zentrum
des PROTEUS-Forschungs-
reaktors.

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 das PSI 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. Sein Reaktorkern

besteht aus drei Zonen. In der innersten dieser Zonen, der Testzone, können unterschiedliche Kernbrennstoff-Konfigurationen eingesetzt und deren reaktorphysikalische Eigenschaften ermittelt werden. Seit Oktober 2004 läuft ein Experimentierprogramm mit einer Testzone aus unbestrahlten Leichtwasserreaktor-Brennstoff. Im Berichtsjahr wurde auf die Kernkonfiguration III-4 umgestellt, womit reaktorphysikalische Untersuchungen für den «High Performance Light Water Reactor» (HPLWR) ermöglicht wurden. Im Rahmen des «Generation IV International Forum» wird der HPLWR als eines der möglichen zukünftigen Reaktorkonzepte in Betracht gezogen. Der Reaktorkern dieses Experiments besteht aus in Reihen kreuzförmig angeordneten PROTEUS-Treiberstäben in einem Zentraltank mit einer D_2O/H_2O -Mischung als Moderator. An dieser im Jahre 2005 von der HSK freigegebenen Kernkonfiguration wurden im Berichtsjahr Leistungs- und Reaktionsraten-Verteilungen sowie Reaktivitäts-Effekte gemessen. Parallel dazu liefen Vorbereitungsarbeiten für die

Entwicklung neuer Messmethoden zur Analyse kurzlebiger Isotope in abgebrannten Brennstabsegmenten. Diese Messmethoden sollen später im geplanten LIFE@PROTEUS Experimentierprojekt zur Anwendung kommen.

Im Rahmen einer Dissertation wurden Tomographie-Messungen an abgebrannten Brennstoffsegmenten durchgeführt. Diese vom Reaktorbetrieb unabhängigen Messungen wurden 2005 von der HSK freigegeben und konnten im Berichtsjahr erfolgreich abgeschlossen werden. Gemessen wurden mittels Gammastrahl-Transmissions-Tomographie die Dichteverteilungen in hochabgebrannten Brennstoffen sowie mittels Gammastrahl-Emissions-Tomographie die Verteilung von Cs-134, Cs-137 und Eu-154 in diesen Brennstoffen. Mit den Konzentrations-Verhältnissen dieser Isotope liess sich zudem die Höhe des Abbrands bestimmen.

In den Jahren 2004 und 2005 wurden alle UO₂-Treiberstäbe des PROTEUS vom PSI visuell und radiologisch kontrolliert und danach neu umhüllt. Dabei wurden Korrosionsschäden an den Umhüllungen jener Stäbe festgestellt, die im Moderator (D₂O) standen. Auf Grund des PSI-Abschlussberichts von Ende Dezember 2005 ergaben sich einige sicherheitsrelevante Fragen, die anlässlich von Fachgesprächen und einer Inspektion im Berichtsjahr beantwortet wurden. Das PSI konnte nach-

weisen, dass die korrodierten Hüllrohre dicht waren und kein Brennstoff mit dem Moderator in Kontakt gekommen war, was durch die radiologische Analyse des Moderators bestätigt wurde.

Zwei weitere meldepflichtige Befunde zur Kernbrennstoffbuchhaltung und zur Handhabung von Treiberstäben hatten keine sicherheitstechnische Bedeutung. Beide wurden von der HSK als nichtklassierte Vorkommnisse eingestuft. Die im Berichtsjahr durchgeführten Inspektionen zum Reaktorschutz und zum Strahlenschutz ergaben keine Beanstandungen.

Der Reaktor wurde im Jahr 2006 während 25,2 Stunden betrieben (2005: 70 h; 2004: 179 h; 2003: 647 h; 2002: 713 h; 2001: 416 h) und erbrachte dabei eine integrierte Leistung von 690 Wh.

Die Kollektivdosis des Betriebspersonals (9 Personen) betrug 1,2 Pers.-mSv (2005: 9 Personen mit 1,4 Pers.mSv; 2004: 6 Personen mit 0,9 Pers.-mSv; 2003: 7 Personen mit 1,3 Pers.-mSv). Im Berichtsjahr hat im Beisein der HSK ein Mitarbeiter des PROTEUS seine Zulassungsprüfung als Reaktorphysiker bestanden. Am 31. Dezember 2006 umfasste der Personalbestand der Gruppen «PROTEUS-Anlage» und «Experimentelle Reaktorphysik» sieben Mitarbeiter und zwei Doktoranden. Von diesen haben fünf Personen eine Lizenz für den Reaktorbetrieb, nämlich drei Reaktorphysiker und zwei Reaktortechniker.

Anfang 2005 wurde vom PSI ein Freigabeantrag für die zukünftige Experimentierphase am PROTEUS gestellt. Die HSK kam nach ausführlicher Beurteilung der Rechtsgrundlagen und nach Absprache mit dem BFE zum Schluss, dass für dieses Vorhaben ein Freigabeverfahren nach KEV nicht ausreicht. Im Berichtsjahr hat das PSI entschieden, beim BFE ein Bau- und Betriebsbewilligungsgesuch einzureichen. Die Vorprojektierungsphase zur Modernisierung und Erweiterung der PROTEUS-Anlage wurde mit der Ausschreibung abgeschlossen. Das Projekt umfasst bautechnische Modifikationen am PROTEUS-Gebäude und einen neuen Anbau.

6.3 Rückbau des Forschungsreaktors SAPHIR

Die im Jahr 2002 begonnenen Rückbauarbeiten am SAPHIR wurden 2006 fortgesetzt. Schwerpunkt der Arbeiten im Berichtsjahr waren der endgültige Rückbau der noch vorhandenen Struktural-



Rückseite der Vakuumkammer mit Heizstromanschlüssen für den Ofen, in dessen Zentrum bestrahlte Materialproben Zugversuchen ausgesetzt werden.
Foto: PSI

ren der Beckenwände aus Stahlbeton und Baryt-beton. Diese wurden zerschnitten, hydraulisch gesprengt und bis auf den Fundamentboden abgebaut. Die HSK hatte zu Beginn dieses Teilschritts einzelne Phasen freigegeben, nachdem deren Einfluss auf die Gebäudestatik überprüft worden war. Der überwiegende Teil des bei den Rückbauarbeiten angefallene Abbruchmaterials (364 t) wurde gemäss den Vorgaben der HSK-R-13 freigeschleift und konnte konventionell entsorgt werden. Die HSK überprüfte anlässlich mehrerer Inspektionen diese Freimessungen des PSI. Der in diesem Teilschritt angefallene radioaktive Abfall belief sich auf rund 7,7 t (Beton und Stahlplatten). In den Pressholzplatten, welche beim Aufbau des Reaktorbeckens als verlorene Schalung zwischen Stahlbeton und Barytbeton diente, fand man geringe aber messbare Konzentrationen des Radioisotops ^{14}C . Die Aktivierung von Stickstoff in der im Spalt eingeschlossenen Luft durch Neutronen aus dem nahen Reaktor und die Ablagerung von radioaktivem CO_2 in den porösen Platten wäre eine mögliche Erklärung für das Phänomen.

6.4 Rückbau des Forschungsreaktors DIORIT

Die seit Anfang November 2004 laufenden Rückbauarbeiten an der biologischen Abschirmung wurden im Kalenderjahr fortgeführt. Diese Phase des DIORIT-Rückbauprojekts ist wegen der geringen Aktivität des dabei entstehenden Abbruchmaterials nicht freigabepflichtig. Die Rückbauarbeiten wurden wegen Sanierungsarbeiten an asbestbelasteten Einrichtungen wochenweise unterbrochen. Am Ende des Kalenderjahrs waren rund zwei Drittel der biologischen Abschirmung entfernt worden. Auf Grund der starken Rauchentwicklung beim Plasmaschneiden der äusseren inaktiven Stahlwand musste eine lokale Luftabsaugung mit einer zusätzlichen mobilen Filteranlage installiert werden. Insgesamt sind rund 170 t Material, hauptsächlich Bauschutt und Altmetall, beim Abbruch der biologischen Abschirmung angefallen. Nach der Separation radioaktiver Teile konnten davon rund 99% mit einem durch die HSK freigegebenen Messverfahren als inaktiv deklariert und somit im Sinne der Gesetzgebung konventionell entsorgt werden. Anlässlich zweier Inspektionen wurden die Anlage sowie die laufenden Arbeiten hinsichtlich der Vorgaben bezüglich Strahlenschutz und Konditionierung radioaktiver



Strahlabschirmung (grün) der neuen Zugversuchsanordnung für bestrahlte Materialproben im Hotlabor des PSI.
Foto: PSI

Abfälle überprüft. Es wurden keine Abweichungen festgestellt. Im Kalenderjahr wurde die Erneuerung der Brandmeldeanlage im DIORIT von der HSK freigegeben. Zudem erteilte die HSK eine Freigabe für die geänderte Raumzuteilung im ersten Untergeschoss.

6.5 Hotlabor

Das Hotlabor ist das einzige Laborgebäude in der Schweiz, in dem mit hochradioaktiven Substanzen experimentiert werden darf. Hauptsächlich werden in Reaktoren oder Beschleunigern bestrahlte Werkstoffe und Kernbrennstoffe mit einer Vielzahl unterschiedlicher Methoden makro- und mikroskopisch untersucht. Die Kollektivdosis des im Hotlabor beschäftigten Eigenpersonals (insgesamt 57 Personen) betrug 12,3 Pers.-mSv.

Im Kalenderjahr 2006 wurden zwei neue Experimentieranlagen in Betrieb genommen. Dabei handelt es sich um eine Auflösebox für abgebrannte Brennstoffproben und bestrahlte Materialproben sowie um eine Prüfmaschinenbox für mechanische Versuche bei Temperaturen bis zu 400°C an bestrahlten und mit Alpha-Emittern kontaminierten Werkstoffproben. Die jeweiligen Freigaben für den aktiven Betrieb wurden von der HSK auf Grund der eingereichten Sicherheitsbetrachtungen und des positiven Ergebnisses von Inspektionen erteilt. Des Weiteren wurde von der HSK die Einstufung eines neu ausgestatteten Labors als Arbeitsbereich Typ A bewilligt. Für die Montage einer neuen Probenpräparationsbox wurde ein La-

borraum erweitert und die Wände sowie der Boden saniert. Die Montage einer neuen Verfestigungsbox für flüssige radioaktive Abfälle wurde im Kalenderjahr 2006 begonnen. Hierfür hatte die HSK die Konzeptfreigabe bereits 2004 erteilt.

Die HSK hat sich bei drei Inspektionen und anlässlich mehrerer Fachgespräche über die neuen Experimentier- und Infrastruktureinrichtungen im Hotlabor informiert. Daneben wurde die Quelleninventarisierung inspiziert. Die Inspektionen gaben keinen Anlass für Beanstandungen.

Im Berichtsjahr überarbeitete das PSI den Hotlabor-Sicherheitsbericht aufgrund der von der HSK gestellten Nachforderungen. Den ursprünglichen Sicherheitsbericht hatte das PSI bereits im Jahr 2005 als Grundlage für die neue Betriebsbewilligung dem UVEK eingereicht.

6.6 Behandlung radioaktiver Abfälle

Radioaktive Rohabfälle fallen im PSI aus verschiedenen Bereichen an:

- aus den eigenen Anwendungen radioaktiver Isotope in Forschungsprojekten, insbesondere bei Brennstoffuntersuchungen,
- aus den Beschleunigeranlagen,
- aus dem Rückbau der beiden Forschungsreaktoren SAPHIR und DIORIT,
- aus dem Betrieb der nuklearen Infrastruktur (z.B. LüftungsfILTER).

Das PSI ist ferner die schweizerische Sammelstelle für radioaktive Abfälle aus übrigen Forschungseinrichtungen des Bundes und der Kantone sowie aus Medizin und Industrie. Ausserdem werden hier fallweise radioaktive Funde, die nicht aus bewilligten Kontrollbereichen stammen, sichergestellt. Im Berichtsjahr betrug der Anfall an eigenen Rohabfällen 77 m³. Im Rahmen der jährlichen Sammelaktionen aus Medizin, Industrie und Forschung sowie aus sonstigen Anlieferungen wurden 7,0 m³ Rohabfälle angenommen. 29 m³ Rohabfälle wurden der ZWILAG zur Verarbeitung im Plasmaofen abgeliefert.

Diese Rohabfälle sind sowohl chemisch als auch physikalisch sehr unterschiedlich, so dass 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 häufiger änderndes Spektrum an Abfallgebindetypen (AGT) bedingt. Im Berichtsjahr wurden von der HSK mehrere modifizierte AGT-Spezifikationen sowie Nachdokumentationen geprüft und genehmigt. Dies betrifft einerseits Abfälle aus den Rückbauarbeiten des PSI, andererseits Abfälle der Sammelaktionen aus Medizin, Industrie und Forschung (MIF). Genehmigungen der HSK von AGT des PSI schliessen meist die Freigabe der Zwischenlagerung im Bundeszwischenlager (BZL) ein. Die Aufarbeitung der

Sicht auf den zu zwei Dritteln rückgebauten Ring der biologischen Abschirmung aus Colemanit- und Barytbeton des ehemaligen DIORIT-Forschungsreaktors.
Foto: PSI



Altlasten (in früheren Jahren konditionierte Abfälle, die keinem nach der aktuellen HSK-Richtlinie genehmigten AGT entsprechen) wurde durch die erfolgten Nachdokumentationen weitergeführt. Nur 10% der endkonditionierten Abfälle des PSI, verteilt auf sieben verschiedene Abfallgebindetypen, müssen noch entsprechend nachdokumentiert werden.

Die im Jahr 2006 durchgeführten Konditionierungsarbeiten betrafen aktuell angefallene eigene Betriebsabfälle, die gesammelten MIF-Abfälle sowie Material aus den PSI-Rückbauprojekten. Es wurden insbesondere Gebinde der Typen 2, 3 und 5 hergestellt. Vom Typ «FIXBOX» wurden zwei weitere Gebinde befüllt und verfestigt, die im Jahr 2007 endkonditioniert werden.

Die im Berichtsjahr als inaktiv freigemessene Materialmenge betrug 565 t. Der grösste Teil davon stammt aus dem Rückbau der beiden Forschungsreaktoren DIORIT und SAPHIR. Mehrere Inaktiv-Freimessungen wurden von der HSK inspiziert, wobei stets Übereinstimmung mit den Vorschriften festgestellt wurde.

6.7 Lagerung radioaktiver Abfälle

Im Bundeszwischenlager (BZL) werden vorwiegend Standard-Fässer (Inhalt 200 Liter) mit konditionierten Abfällen und Klein-Container (bis 4,5 m³) eingelagert. Die Klein-Container enthalten Komponenten, die vorwiegend aus dem DIORIT und dem PSI-West stammen. In beschränktem Umfang hat die HSK die Aufbewahrung weiterer nicht konditionierter Abfälle mit Auflagen zugelassen, sofern dies dem Optimierungsgebot (Art. 6 StSV) entspricht. Der mit Standard-Fässern belegte Raum war Ende 2006 zu 80% gefüllt.

Die Lagerhallen AB und C sowie der Stapelplatz werden für die kurz- und mittelfristige Lagerung von verschiedensten schwach- und mittelaktiven Abfällen vor oder nach deren Konditionierung benutzt. Das volumen- und aktivitätsmässige Inventar dieser Lagerplätze unterliegt starken Schwankungen. Die Lagerhalle AB dient daneben als Abklinglager für kurzlebige radioaktive Stoffe. Am Umschlagplatz warten gegenwärtig sieben ausgebauten Abwassertanks auf ihre spätere Dekontamination bzw. Konditionierung.

Das vom PSI in allen Bereichen eingesetzte Buchführungssystem über die radioaktiven Abfälle ist mit dem bei den Kernkraftwerken verwendeten System identisch.

6.8 Vorkommnisse

Im Kalenderjahr 2006 wurde kein Vorkommnis verzeichnet, welches gemäss HSK-Richtlinie R-25 der Klasse B oder gemäss der internationalen Ereignisskala INES der Stufe 1 oder höher hätte zugeordnet werden müssen. Die vom PSI gemeldeten Betriebsstörungen und Abweichungen vom Normalbetrieb waren für die Sicherheit des Personals und der Bevölkerung unbedeutend.

6.9 Strahlenschutz

Im Jahr 2006 akkumulierten die 1342 als beruflich strahlenexponiert eingestuften Personen am gesamten PSI (Aufsichtsbereiche des BAG und der HSK) eine Kollektivdosis von 183,4 Pers.-mSv (2005: 177,7 Pers.-mSv; 2004: 221,7 Pers.-mSv). Die Kollektivdosis im Aufsichtsbereich der HSK betrug im Berichtsjahr 19,0 Pers.-mSv (22,2 Pers.-mSv im Jahr 2005). Davon fielen 3,8 mSv (10 Personen) auf die Rückbau- und Entsorgungsarbeiten. Damit ist die Kollektivdosis auf den niedrigsten Wert seit der Inbetriebnahme der Kernanlagen am PSI gesunken. Weitere Angaben zu den Personendosen des PSI sind im Strahlenschutzbericht 2006 der HSK zu finden. Die höchste Individualdosis im Berichtsjahr betrug 1,2 mSv.

Aus den bilanzierten Abgaben radioaktiver Stoffe über die Fortluftanlagen und über das Abwassersystem des PSI wurde unter konservativen Annahmen für den ungünstigsten Aufenthaltsort ausserhalb des überwachten PSI-Areals eine Personendosis von 0,00X mSv/Jahr berechnet. 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 Führungsorganisation, geeigneten Führungsprozessen und angepassten Führungseinrichtungen zusammen mit einer entsprechenden Auslegung ihrer Anlagen im Aufsichtsbereich der HSK stellt das PSI die Notfallbereitschaft sicher.

Die HSK hat zusammen mit dem BAG im September an der Institutsnotfallübung «OCCIDENS» die Notfallorganisation des PSI beobachtet und beurteilt. Als Übungsszenario wurde folgender Störfall

unterstellt: «Bei der Dekontamination einer Produktionsapparatur im Isotopenlabor kam es infolge eines Kurzschlusses zur Explosion von Dämpfen des Dekontaminationsmittels. Dies führte zu einem Brand, bei welchem sich Mitarbeiter verletzen.» Die PSI-Feuerwehr und der Sanitätsdienst wurden zur Rettung der Verletzten und zur Brandbekämpfung aufgeboden. Neben der Anordnung von Sofortmassnahmen untersuchte der Notfallstab das Aktivitätsinventar und die radiologische Gefährdung der Mitarbeitenden und der Umgebung. Beide Aufsichtsbehörden kamen auf Grund der Übungsbeobachtung gemeinsam zum Schluss, dass die Übungsziele erreicht wurden.

6.11 Personal und Organisation

Im Jahr 2006 ergaben sich auf Grund von Pensionierungen Änderungen in der Organisation der Rückbauprojekte und in der Leitung der Entsorgungsanlagen. Dabei wurden die frei werdenden Stellen wieder mit gut ausgebildeten und erfahrenen Personen besetzt.

Das im Jahr 2005 auf Verlangen der HSK erneuerte Qualitätsmanagement-System im Transportbereich wurde anerkannt. Das PSI verfügt nun über ein detailliertes System zur Überwachung von Transporten radioaktiver Materialien. Auf Grund der verstärkten und kompetenten Kontrolle aller Arbeitsschritte wurden im Berichtsjahr 2006 bei drei Transporten radioaktiver Materialien an das PSI mehrere Nonkonformitäten festgestellt und der HSK gemeldet. Die Verantwortung für diese Nonkonformitäten lag in allen drei Fällen bei ausländischen Versendern und nicht beim PSI.

6.12 Strahlenschutz-Schule

Im Berichtsjahr wurde neben zahlreichen Kursen im Bereich Medizin und Forschung der von der HSK anerkannte Ausbildungskurs für Strahlenschutztechniker durchgeführt. Die HSK hat dabei die Qualität des Unterrichts überprüft und die Prüfungen der Kandidaten beaufsichtigt. Anlässlich einer Inspektion der Weiterbildungskurse für das zulassungspflichtige Kernkraftwerkspersonal hat

die HSK der Schule ein hohes Niveau der Lehrveranstaltungen bescheinigt.

6.13 Gesamtbeurteilung

Die nukleare Sicherheit war sowohl in Bezug auf die Auslegung der Kernanlagen des PSI als auch auf das Betriebsgeschehen gut. Die vom PSI im Berichtsjahr gemeldeten Betriebsstörungen und Abweichungen vom Normalbetrieb waren für die Sicherheit des Personals und der Bevölkerung unbedeutend.

Die Rückbauarbeiten am Forschungsreaktor SAPHIR erfolgten reibungslos. Der Asbestproblematik am DIORIT wurde technisch mit adäquaten Massnahmen begegnet; der Rückbau verzögerte sich jedoch um mehrere Monate. Die Experimente am Forschungsreaktor PROTEUS verliefen aus Sicht der HSK bewilligungskonform und störungsfrei. Der Betrieb des Hotlabors ist auf Grund neuer und verbesserter Experimentier- und Infrastrukturanlagen zuverlässiger geworden. Die Sicherheit der am PSI gelagerten radioaktiven Abfälle wurde durch die intensiven Bemühungen bei der Abfallkonditionierung verbessert.

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

Die HSK stellt insgesamt fest, dass in den Kernanlagen des PSI während des Jahres 2006 die vorgegebenen Betriebsbedingungen stets eingehalten wurden. Der Anlagenzustand wie auch der Schutz des Personals und der Bevölkerung ist vorschriftskonform. Die HSK attestiert dem PSI eine gute nukleare Betriebssicherheit ihrer Kernanlagen.

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 LRS (Laboratoire de physique des réacteurs et de comportement des systèmes) zugeteilt, das dem Institut de physique de l'énergie et des particules (IPEP) angehört. Im Jahr 2006 stand der CROCUS-Reaktor Ingenieur- und Physikstudenten der EPFL, Kursteilnehmern der Reaktorschule des PSI sowie Studenten der Ingenieurschule Genf während 252 Stunden bei kleiner Leistung (unter 100 W) für Ausbildungszwecke zur Verfügung. Dabei wurden 183 Wh thermische Energie erzeugt. Am Experiment CARROUSEL wurden Praktika zur Wirkung von Wasser als Moderator auf den Neutronenfluss durchgeführt. Die Neutronenquelle LOTUS wurde im Berichtsjahr nicht betrieben.

Im Jahr 2006 traten keine meldepflichtigen Vorkommnisse von sicherheitstechnischer Bedeutung gemäss HSK-Richtlinie R-25 auf. Die Dosen des Personals lagen unterhalb der Nachweisgrenze. Die Abgaben radioaktiver Stoffe über den Luft- und Abwasserpfad waren unbedeutend.

Anlässlich der Jahresinspektion 2006 überzeugte sich die HSK davon, dass sich die Anlagen in einem sicherheitstechnisch einwandfreien Zustand befinden und die Vorschriften befolgt werden.

Die HSK stellte fest, dass die vorgegebenen Betriebsbedingungen im Jahr 2006 eingehalten wurden. Sie bescheinigt dem Anlagenbetreiber eine gute Betriebssicherheit.

7.2 Universität Basel

Der Forschungsreaktor der Universität Basel dient vorwiegend der Ausbildung von Studenten.

Die Nutzung des Reaktors hat sich gegenüber den Vorjahren verdoppelt. Im Jahr 2006 stieg die produzierte Energie von 18 kWh im Jahr 2005 auf 36,6 kWh. Rund 80 % davon sind den Schwerpunktsgebieten «Life-Science und Kultur» der Universität zuzuordnen. Zu diesen Themen fanden zwei Ausbildungskurse zur Neutronenaktivierungsanalytik von Lebensmitteln und von archäologischen Funden statt. Die PSI-Reaktorschule nutzte die Anlage im Rahmen ihres erweiterten Ausbildungsprogramms an drei Tagen für Praktika. Wie in den vergangenen Jahren wurde der Reaktor auch für das radiophysikalische Praktikum für Physiker der Universität Basel verwendet. Zudem wurden im Rahmen von Ausbildungskursen und für das kantonale Laboratorium Basel-Stadt Proben bestrahlt und analysiert.

In Zusammenarbeit der Universität mit dem Baudepartement der Stadt Basel wurden die Nachrüstungsarbeiten für die Sicherheit und den Brandschutz im März 2006 abgeschlossen. Die Brandschutzmassnahmen wurden von der HSK inspiziert und deren Übereinstimmung mit den Anforderungen bestätigt.

Der Reaktorbetrieb erfolgte im Kalenderjahr 2006 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. Mittels einer detaillierten Statistik des Wasserverlustes unter Berücksichtigung der jahreszeitlich schwankenden Verdunstungsmenge wird die Dichtheit des Reaktorbeckens nun noch besser überwacht. Das Betriebs-, Notfall- und Strahlenschutzreglement wurde im Jahr 2006 erweitert und revidiert. An ihrer Jahresinspektion 2006 überprüfte die HSK den Stand der Betriebsdokumentation.

Die HSK stellte fest, dass die vorgegebenen Betriebsbedingungen im Jahr 2006 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 Ursprungslands 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 eingereichten Dokumente jeweils geprüft, dass Verpackung und Inhalt den Vorschriften entsprechen.

Im Berichtsjahr hat die HSK zehn Gesuche nach Gefahrgutgesetzgebung beurteilt und die entsprechende Genehmigung ausgestellt. Davon betrafen acht Gesuche die Anerkennung der Zulassung von Versandstückmustern (ein Transportbehälter für abgebrannte Brennelemente und sieben Transportbehälter für unbestrahlte Brennelemente). Zwei weitere Gesuche bezogen sich auf die Genehmigung zur Beförderung eines Transportbehälters für unbestrahlte MOX-Brennelemente sowie zur Beförderung eines Versandstücks unter Sondervereinbarung.

8.2 Bewilligungen nach Strahlenschutzgesetzgebung

Gemäss Artikel 2 des Strahlenschutzgesetzes vom 22. März 1991 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 vom 22. Juni 1994 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 sieben Bewilligungen in diesem Sinne erteilt. Vier davon wurden an in- und ausländische Beförderer erteilt und betrafen den Transport radioaktiver Stoffe als Tätigkeit. Drei 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) vom 21. März 2003 bedarf der Umgang mit Kernmaterialien und radioaktiven Abfäll-

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, 1996 Edition (As Amended 2003)

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)



Transport- und Lagerbehälter für verglaste hochradioaktive Abfälle im ZWILAG-Empfangsgebäude.
Foto: PSI

len aus Kernanlagen einer Bewilligung des Bundes. Artikel 3 des KEG präzisiert den Umgang als Forschung, Entwicklung, Herstellung, Transport, Einfuhr, Ausfuhr, Durchfuhr und Vermittlung. Zuständig für die Erteilung solcher Bewilligungen ist das BFE. Im Hinblick auf die kernenergierechtliche Bewilligung von Transporten prüft jeweils die HSK, dass die nukleare und radiologische Sicherheit gewährleistet wird 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. Acht Beurteilungen wurden für inländische Transporte von radioaktiven Abfällen erstellt. Fünf Beurteilungen bezogen sich auf die Einfuhr von frischen Brennelementen zu Kernkraftwerken. Eine Beurteilung erfolgte im Zusammenhang mit dem Transport von verglasten hochaktiven Abfällen aus der Wiederaufarbeitung. Drei weitere Beurteilungen betrafen Transporte bestrahlter Brennstäbe vom KKG und KKL zu Nachbestrah-

lungsuntersuchungen am Institut für Transurane (Deutschland) bzw. am PSI. Eine Beurteilung erfolgte im Zusammenhang mit der Einfuhr von unbestrahlten Brennstäben für das KKL. Die letzte Beurteilung betraf den Transport von bestrahlten Brennstoffproben vom KKG zum PSI.

8.4 Transport abgebrannter Brennelemente und verglaster hochaktiver Abfälle

Im Februar und Juni 2006 fanden die letzten Transporte abgebrannter Brennelemente zur Wiederaufarbeitung statt. Diese erfolgten ab KKG per Bahntransport zur Wiederaufarbeitungsanlage der COGEMA in Frankreich. Seit dem 1. Juli 2006 gilt das im KEG festgelegte zehnjährige Moratorium für solche Transporte. Ein weiterer Transport mit abgebrannten Brennelementen erfolgte im Frühjahr 2006 ab dem KKL auf der Strasse zur Zwischenlagerung im ZZL. Bei allen drei Transporten wurden die gefahrgutrechtlichen Grenzwerte für Kontamination und Dosisleistung eingehalten.

Im September 2006 erfolgte die Rückführung eines Transportbehälters mit verglasten hochaktiven Abfällen aus der Wiederaufarbeitungsanlage der COGEMA. Der Transportbehälter wurde an der Umladestation der ZWILAG vom Bahnwagen auf das spezielle Transportfahrzeug umgeladen und anschliessend zum Betriebsareal der ZWILAG transportiert. Auch bei diesem Transport wurden keine Überschreitungen der gefahrgutrechtlichen Grenzwerte festgestellt.

8.5 Inspektionen und Audits

Bei der Beförderung radioaktiver Stoffe müssen zur Sicherheit des Transportpersonals und der Bevölkerung die Strahlenschutz- und Transportvorschriften eingehalten werden. Die Qualitätssicherungsprogramme der Konstrukteure und Hersteller von Verpackungen sowie jene der Spediteure, Absender, Beförderer und Empfänger von radioaktiven Stoffen sollen die Einhaltung der Vorschriften gewährleisten.

Alle schweizerischen Kernkraftwerke, das Zentrale Zwischenlager und das PSI verfügen über Qualitätssicherungsprogramme für den Transport radioaktiver Stoffe, die von der HSK anerkannt bzw.

von einer akkreditierten Stelle zertifiziert wurden. Zur Aufrechterhaltung bzw. Erneuerung der Anerkennung werden in diesen Kernanlagen periodisch Audits durchgeführt.

Im Berichtsjahr erfolgten zwei solche Audits beim PSI, das im Juli 2005 ein neues QS-Programm für den Transport radioaktiver Stoffe eingeführt hat. Die Erneuerung der Anerkennung wurde nach dem zweiten Audit im November 2006 erteilt, nachdem die neue organisatorische Struktur implementiert sowie die funktionsbezogenen Aufgaben und Verantwortlichkeiten geregelt wurden. Die Auditierung erfolgte in Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Gesundheit.

In einem Audit, welches in Zusammenarbeit mit der Suva erfolgte, wurde das Qualitätsmanagementsystem für den Transport radioaktiver Stoffe einer Transportfirma überprüft, die oft im Auftrag der Kernkraftwerke arbeitet. Das Ergebnis des Audits zeigte, dass das Qualitätsmanagementsystem in der täglichen Arbeit angewendet, laufend weiterentwickelt und verbessert wird.

Neben den Kontrollen beim Transport von abgebrannten Brennelementen und verglasten hochaktiven Abfällen 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. Die HSK verzeichnete aber diverse Abweichungen von den Vorschriften, die in den meisten Fällen formaler Natur wa-

ren (z.B. fehlerhafte Eintragungen in den Beförderungspapieren oder Bezettelungen).

Vier klassierte Vorkommnisse trugen sich im Berichtsjahr anlässlich von Transporten radioaktiver Stoffe zu. In drei Fällen wurde der gefahrgutrechtliche Dosisleistungsgrenzwert für freigestellte Versandstücke von 5 $\mu\text{Sv/h}$ überschritten. Betroffen waren Transporte aus Belgien zum KKG bzw. zum PSI sowie aus Deutschland zum PSI. Die Gründe für die Vorkommnisse lagen in allen Fällen darin, dass die radiologischen Ausgangskontrollen beim Absender im Ausland nicht sorgfältig genug ausgeführt wurden. Alle drei Ereignisse wurden von der HSK als Vorkommnisse des Typs B «Vorkommnis von geringer sicherheitstechnischer Bedeutung» eingestuft.

Beim vierten Fall handelte es sich um einen Transport von bestrahlten Kernbrennstoffproben von Norwegen zum PSI in einem Typ B(U)F-Versandstück. Dabei wurden die im Zulassungsschein festgelegten Aktivitätsgrenzwerte für einige Nuklide überschritten. Der Grund für die Aktivitätsüberschreitung lag darin, dass die Überprüfung des Transportgutes im Vergleich mit den Festlegungen im Zulassungsschein durch den Absender in Norwegen nicht sorgfältig genug durchgeführt wurde. Das Ereignis wurde von der HSK als Vorkommnis des Typs B und zusätzlich als Ereignis vom Typ INES 1 gemäss IAEA-Empfehlung⁶ eingestuft. Die HSK hat die norwegische Behörde auf das Vorkommnis aufmerksam gemacht.

Bei keinem der genannten Fälle waren die Sicherheit und der Strahlenschutz für Personal, Bevölkerung und Umwelt beeinträchtigt.

⁶ Rating of Transport and Radiation Source Events, Additional Guidance for the INES National Officers, IAEA-INES WM 04/2006

9. Anlagenübergreifende Themen

9.1 Probabilistische Sicherheitsanalysen und Accident Management

9.1.1 Probabilistische Sicherheitsanalysen

Mit der Probabilistischen Sicherheitsanalyse (PSA) wird das Risiko abgeschätzt, dass ein schwerer Unfall in einem Kernkraftwerk auftritt. Als solcher wird ein Störfall bezeichnet, bei dem der Reaktorkern nicht mehr gekühlt werden kann und zu schmelzen beginnt. Schwere Unfälle sind äusserst unwahrscheinlich und setzen den Ausfall zahlreicher Anlagenteile voraus. Nur ein schwerer Unfall kann dazu führen, dass grosse Mengen radioaktiver Stoffe in die Umgebung eines Kernkraftwerks freigesetzt werden.

Die HSK verlangt von allen schweizerischen Kernkraftwerken PSA der Stufen 1 und 2. In einer Stufe-1-PSA werden – ausgehend von einem breiten Spektrum «auslösender Ereignisse» – alle möglichen Unfallsequenzen bis zum Kernschaden betrachtet. Die auslösenden Ereignisse umfassen anlageninterne Störfälle (z.B. Brüche in Kühlmittel führenden Leitungen oder Ausfälle der Wärmeabfuhr) und externe Störfälle (z.B. Erdbeben, Flugzeugabsturz oder extreme Überflutungen). Die auf der Stufe-1-PSA aufbauende Stufe-2-PSA umfasst die Analyse des weiteren Unfallverlaufs ab Kernschaden bis zu einer eventuellen Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umwelt. Jedes Schweizer Kernkraftwerk hat anlagenspezifische PSA der Stufen 1 und 2 erstellt und aktualisiert diese regelmässig.

Im Jahr 2006 wurden im Bereich PSA im Wesentlichen folgende Arbeiten durchgeführt:

- Das KKB reichte entsprechend den HSK-Forderungen aus der Periodischen Sicherheitsüberprüfung (PSÜ) verschiedene Untersuchungen ein. Diese betrafen die Bewertung von Unterschieden zwischen den beiden Kraftwerksblöcken, die Berücksichtigung weiterer anlagenextern ausgelöster Überflutungsszenarien in der PSA und die Erweiterung der «Severe Accident Management Guidance» (SAMG, siehe Kapitel 9.1.3) auf den Anlagenstillstand. Die entsprechenden Pendenzen konnten daraufhin geschlossen werden. Gegen Ende 2006 reichte das KKB eine überarbeitete Zuverlässigkeitsanalyse von Operateurhandlungen ein.
- Das KKG reichte entsprechend einer HSK-Forderung aus der PSÜ eine überarbeitete Stufe-2-PSA ein. Die Überarbeitung beinhaltete insbesondere die Integration neu eingeführter Notfallmassnahmen, die Erstellung eines anlagenspezifischen Quelltermkatalogs¹ und die Entwicklung eines anlagenspezifischen Simulationsprogramms für schwere Unfälle. Ferner wurden vom KKG ebenfalls auf Forderung der HSK umfangreiche Rechnungen zur Neubestimmung der Überdruckkapazität des Sicherheitsbehälters (Containment) durchgeführt. Diese bestätigen die bisher bezüglich der Druckfestigkeit getroffenen Annahmen.
- Die HSK beendete Anfang 2006 die umfassende Überprüfung der vom KKG im Rahmen der Aktualisierung der Stufe-1-PSA neu erstellten Brand-PSA. Auf Grund des vom KKG verwendeten methodischen Ansatzes werden die anlagenspezifischen brandschutztechnischen Vorkehrungen umfassender berücksichtigt. Die aus der Analyse gewonnenen Erkenntnisse führten zur Erweiterung der Brandmeldeanlage.
- Das KKL reichte Ende 2006 die im Rahmen der PSÜ erstellte, umfassende Aktualisierung der Stufe-1- und Stufe-2-PSA ein.
- Das KKM hatte Ende 2005 ein anlässlich der Zwischen-PSÜ vollständig neu erstelltes PSA-Modell eingereicht. Im Jahr 2006 lieferte das KKM auf Nachforderung der HSK ergänzende Unterlagen, welche für die Überprüfung der PSA erforderlich waren. Die Ergebnisse der Prüfarbeiten der HSK fliessen in die behördliche Stellungnahme zur Zwischen-PSÜ ein.
- Auf Grund geänderter Anforderungen in der HSK-Richtlinie R-100 «Nachweis ausreichender Vorsorge gegen Störfälle in Kernkraftwerken (Störfall-Richtlinie)» müssen die Kernkraftwerke die Auslegungstörfälle neu einstufen. Diese Neueinstufung konnte zu einem wesentlichen Teil abgeschlossen werden. Die aus den PSA gewonnenen Erkenntnisse gingen in die Bestimmung der Störfallhäufigkeiten ein.
- Alle Kernkraftwerksbetreiber reichten Anfang 2006 eine probabilistische Bewertung der Betriebserfahrung des Vorjahres ein. Anhand des PSA-Modells wird der Einfluss von unvorhergesehenen Reaktorabschaltungen sowie von

¹ Quellterm: Die Art und Menge der in die Umgebung freigesetzten radioaktiven Stoffe

Komponentenunverfügbarkeiten durch Reparatur, Wartung oder Funktionstest auf das Risiko ermittelt. Die HSK sammelt und analysiert diese Daten, um weitere Erfahrung daraus abzuleiten, mit dem Ziel, das Verfahren der probabilistischen Bewertung der Betriebserfahrung stärker zu harmonisieren.

- Auf Basis der Erkenntnisse aus einem Projekt zur Neubestimmung der Erdbebengefährdung (Projekt PEGASOS, siehe Kapitel 9.1.2) legte die HSK neue, verschärfte Erdbebengefährdungsannahmen für alle Schweizer Kernkraftwerke fest. In Kombination mit den restlichen Teilen der heute vorliegenden Erdbeben-PSA-Modelle führt die Berücksichtigung der neuen Erdbebengefährdungsannahmen dazu, dass das Risiko der Schweizer Kernkraftwerke durch schwere Erdbeben dominiert wird. Um das seismische Risiko realistisch bewerten zu können, ist es unerlässlich, auch die Erdbebenfestigkeit der Komponenten und Bauwerke nach modernsten probabilistischen Methoden zu bestimmen. Sowohl für Schweizer Kernkraftwerke als auch in der internationalen Fachwelt wurden dazu umfangreiche Arbeiten initiiert.

9.1.2 Neubestimmung der Erdbebengefährdung

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 verschiedentlich zur Weiterentwicklung 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 Kernkraftwerksbetreiber das Projekt PEGASOS (Probabilistische Erdbebengefährdungsanalyse für die KKW-Standorte in der Schweiz) in Auftrag. In Anlehnung an eine in den USA neu entwickelte Methode wurde in diesem Projekt die Erdbebengefährdung unter 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 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. Die HSK stellte jedoch auch fest, dass die Unschärfe der Resultate gross wurde und durch Projektverfeinerungen reduziert werden könnte. Seit Abschluss des Projektes haben die Kernkraftwerksbetreiber die PEGASOS-Ergebnisse insbesondere hinsichtlich ihrer Umsetzbarkeit für die praktische Nutzung zusätzlich überprüft und bewertet. Unter anderem wurde mit einem Workshop an der ETH Zürich die Diskussion der bisherigen Erkenntnisse in der Fachwelt gefördert. Anlässlich einer OECD-Konferenz in Korea wurde Anfang November 2006 PEGASOS vorgestellt und erstmals der vollständige Projektbericht abgegeben. Zur Diskussion der möglichen Verfeinerungen der fortschrittlichen Erdbebengefährdungsstudie führten die Kernkraftwerksbetreiber Ende November 2006 mit einem international zusammengesetzten, 14-köpfigen Expertenpanel einen Workshop durch, den die HSK als Beobachter verfolgte.

Die HSK und die Kernkraftwerksbetreiber prüfen laufend, wie die vorliegenden Ergebnisse aus der Neubewertung der Erdbebengefährdung in die heutige Ingenieurspraxis Eingang finden können. Die HSK legte auf Basis der Erkenntnisse aus dem Projekt PEGASOS neue, verschärfte Erdbebengefährdungsannahmen fest.

9.1.3 Severe Accident Management Guidance

«Severe Accident Management Guidance» (SAMG) dient der systematischen Bewältigung bzw. Milderung der Auswirkungen von schweren Unfällen. Mit der Einführung von SAMG wird das in allen schweizerischen Kernkraftwerken vorhandene System von Stör- und Notfallvorschriften erweitert auf Unfälle mit einem stark beschädigten Kern. Es ist das Ziel von SAMG, einen Kern-

schmelzvorgang zu beenden oder zumindest die Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umgebung so gering wie möglich zu halten. Mit der Forderung nach Bereitstellung von SAMG nicht nur für den Leistungsbetrieb, sondern auch für den Anlagenstillstand geht die Schweiz über den internationalen Stand von Wissenschaft und Technik hinaus.

Alle Schweizer Kernkraftwerke haben in den vergangenen Jahren umfangreiche Arbeiten zur Implementierung der SAMG geleistet. Die Entwicklungsarbeiten wurden von der HSK überprüft. Im Jahr 2006 verfügten alle Schweizer Kernkraftwerke über in Kraft gesetzte, von der HSK grundsätzlich akzeptierte SAMG für den Leistungsbetrieb. Für die Kernkraftwerke Beznau und Gösgen ist auch die Einführung der SAMG für den Anlagenstillstand abgeschlossen.

Alle Betreiber haben ein Verfahren implementiert, das sicherstellt, dass die Erkenntnisse aus Notfallübungen und der Schwerunfallforschung zu entsprechenden Verbesserungen der SAMG führen. Dieser stetige Verbesserungsprozess führte bei den Werken auch im Jahr 2006 zu verschiedenen Verfeinerungen der SAMG.

9.1.4 Accident Diagnostics, Analysis and Management

Auf einem eigenen Übermittlungsnetz werden der HSK von jedem Schweizer Kernkraftwerk alle zwei Minuten bis zu 25 relevante Anlagenparameter (ANPA) zugestellt. Diese Datenübermittlung, die bisher lediglich bei einem Kraftwerksstörfall aufgeschaltet war, wurde 2006 auf Dauerbetrieb umgestellt. In der HSK werden die ANPA-Werte vom ADAM-System («Accident Diagnostics, Analysis and Management») verarbeitet. ADAM besteht aus drei Modulen mit folgenden Funktionen:

- PI-Modul (online): Das PI-Modul unterstützt den Picketingenieur (PI) der HSK im Einsatzfall. Es liefert laufend Hinweise zur Einhaltung von Grenzwerten und bereitet die ANPA-Werte grafisch so auf, dass sich der PI bei einem Störfall rasch über dessen Ablauf und Ausmass ins Bild setzen kann.
- Diagnosemodul (online): Das Diagnosemodul interpretiert die ANPA-Werte, zum Teil auch mittels einfacher thermohydraulischer Analysen. Das Diagnosemodul liefert Hinweise zu möglichen Ursachen eines Störfalls und zum Zustand wichtiger Anlagenteile.
- Simulationsmodul (offline): Mit dem Simulationsmodul kann eine Vielzahl von Unfallabläu-

fen untersucht werden. Mit dem Modul lässt sich die bei einem schweren Unfall freigesetzte Menge radioaktiver Stoffe abschätzen.

Im Jahr 2006 wurde die ADAM-Datenerfassung neu konzipiert und erfolgreich auf die permanente Übermittlung der ANPA-Daten umgestellt. Ferner wurde die Erweiterung der Software um das Modul «STEP» (**S**ource **T**erm **P**rogram) angegangen. Für ein Kernkraftwerk wurde eine Testversion erstellt. ADAM-STEP benutzt gemessene Anlagenparameter und Benutzereingaben, um Quellterme bei einem schweren Unfall abzuschätzen. Auch im vergangenen Jahr konnte ADAM im Rahmen von Notfallübungen seine Zuverlässigkeit unter Beweis stellen und wertvolle Informationen zur Beurteilung des jeweiligen Anlagezustands liefern.

9.2 Joint Convention

Die zweite Überprüfungstagung zum «Gemeinsamen Übereinkommen über die Sicherheit der Behandlung abgebrannter Brennelemente und über die Sicherheit der Behandlung radioaktiver Abfälle» (so genannte «Joint Convention») fand vom 14. bis 24. Mai 2006 in Wien statt. Bereits im Oktober 2005 hatte das UVEK den von der HSK verfassten Länderbericht der Schweiz der Internationalen Atomenergieagentur (IAEA) zugestellt. Dem Sinn und der Arbeitsweise des Übereinkommens entsprechend hat die HSK vorgängig zur Überprüfungstagung zu den Berichten verschiedener Länder Stellung genommen sowie Fragen zum eigenen Länderbericht beantwortet.

An der Überprüfungstagung präsentierte die Schweizer Delegation die Situation hinsichtlich der nuklearen Entsorgung in der Schweiz, insbesondere die Neuerungen in der Gesetzgebung zur Kernenergie, den Sachplan Geologische Tiefenlager, die abgeschlossene Überprüfung des Entsorgungsnachweises und die Tiefenlagerprojekte der Nagra. Die Berichterstattung der Schweiz wurde gut bewertet. Das von der Schweiz vorgesehene weitere Vorgehen zur nuklearen Entsorgung wurde bestätigt. Das Auswahlverfahren für Lagerstandorte im Sachplan Geologische Tiefenlager soll fertig gestellt und anschliessend angewendet werden. Die sich aus der Überprüfung des Entsorgungsnachweises ergebenden Fragen sind zu klären. Die Revision des Regelwerks zur Kernenergie ist abzuschliessen.

Die dritte Überprüfungstagung zur Joint Convention ist auf Mai 2009 angesetzt worden. Dabei sollen die Vertragsparteien mehr Gewicht auf die praktische Umsetzung der nuklearen Entsorgung und die dabei gemachten Erfahrungen legen.

9.3 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 jeden von ihr beaufsichtigten Aspekt hinsichtlich seiner Aufgabe innerhalb der Sicherheitsvorsorge.

Dabei ordnet sie die 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 Sicherheit eines Kernkraftwerks baut auf dem Konzept der gestaffelten Sicherheitsvorsorge auf. Dieses besteht aus mehreren hintereinander gestaffelten Ebenen von Vorkehrungen, von denen jeweils die nächsthintere 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 Auslegungsstörfäl-

len getroffen. Für die seltenen Fälle, in denen diese nicht ausreichend wirksam sind, werden auf einer 4. Ebene Vorkehrungen zur Beherrschung auslegungsüberschreitender Anlagenzustände getroffen. 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.

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. Zweitens müssen Brennelemente jederzeit ausreichend gekühlt werden. Drittens sind radioaktive Stoffe jederzeit sicher einzuschliessen und viertens ist die Strahlenexposition von Mensch und Umwelt jederzeit zu begrenzen. 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.

Der Einschluss radioaktiver Stoffe erfolgt in Kernkraftwerken durch 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.

Es werden auch jene Aspekte bewertet, welche für alle Sicherheitsebenen von Bedeutung sind und somit das Gesamtrisiko des Kernkraftwerks betreffen.

Für alle Bewertungen wird eine einheitliche Skala verwendet. Die Skala basiert auf der internationalen Ereignisskala (INES), ist aber nach unten – im Bereich «below scale» – erweitert. Dadurch deckt sie nicht nur Vorkommnisse ab, sondern auch den ungestörten Normalbetrieb und sogar Aspekte, die Vorbildcharakter für andere Anlagen haben. Die Skala umfasst folgende Kategorien: G (gute Praxis), N (Normalität), V (Verbesserungsbedarf), A (Abweichung), 1 (Anomalie), 2 (Zwischenfall) und weiter gemäss INES-Skala (vgl. Tabelle 4 im Anhang).

Die HSK hat im Jahr 2006 alle Ergebnisse von Inspektionen, Zulassungsprüfungen und Vorkomm-

nisanalysen nach dem beschriebenen System bewertet. Für die Kernkraftwerke hat sie die Bewertungen zu einem umfassenden Gesamtbild zusammengesetzt. Im Jahr 2006 hat die HSK erstmals auch die Transporte von und zu den Kernkraftwerken bei der systematischen Sicherheitsbe-

wertung berücksichtigt. Schrittweise werden zusätzliche Datenquellen einfließen. Zentrale Ergebnisse dieser Bewertung für das Aufsichtsjahr 2006 sind jeweils am Schluss der Kapitel 1 bis 4 unter dem Punkt «Sicherheitsbewertung» dargestellt.

Struktur der HSK-Sicherheitsbewertung

Bewertungsgegenstand Ziele	Anforderungen		Betriebsgeschehen	
	Auslegungs-Vorgaben	Betriebs-Vorgaben	Zustand und Verhalten der Anlage	Zustand und Verhalten von Mensch & Organisation
Ebene 1 Vermeidung von Abweichungen vom Normalbetrieb				
Ebene 2 Beherrschung von Abweichungen vom Normalbetrieb mittels Begrenzungs- und Schutzsystemen Entdeckung von Fehlern				
Ebene 3 Beherrschung von Auslegungsstörfällen				
Ebene 4 Beherrschung auslegungsüberschreitender Anlagenzustände				
Ebene 5 Linderung der Auswirkungen bedeutender Freisetzungen				
Ebenenübergreifende Aspekte				
1. Barriere Integrität der Brennelemente				
2. Barriere Integrität des Primärkreises				
3. Barriere Integrität des Containments				
Schutzziel 1 Kontrolle der Reaktivität				
Schutzziel 2 Kühlung der Brennelemente				
Schutzziel 3 Einschluss radioaktiver Stoffe				
Schutzziel 4 Begrenzung der Strahlenexposition				
Schutzzielübergreifende Aspekte				

10. Geologische Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle

Die Gesetzgebung verlangt von den Abfallverursachern, also in erster Linie den Betreibern der Kernkraftwerke, die Pflicht zur Entsorgung. 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 Tätigkeit, insbesondere die Entwicklung von Projekten zur Tiefenlagerung und die entsprechende Standortsuche, verantwortlich. Das Entsorgungskonzept der Nagra umfasst zwei Tiefenlager, eines für schwach- und mittelaktive Abfälle und ein zweites für alphanuklidische und hochaktive Abfälle. Die Wahl der Standorte für die benötigten Tiefenlager soll gemäss dem Sachplan Geologische Tiefenlager erfolgen, der zurzeit von den Bundesbehörden entwickelt wird. Nachfolgend wird der Stand der Arbeiten zur geologischen Tiefenlagerung der radioaktiven Abfälle dargelegt.

10.1 Schwach- und mittelaktive Abfälle

Der mögliche Standort Wellenberg für die Realisierung des geologischen Tiefenlagers für schwach- und mittelaktive Abfälle (SMA) musste auf Grund der negativen Entscheide des Nidwaldner Volkes im Juni 1995 und September 2002 zu Gesuchen um die damals erforderlichen kantonalen bergrechtlichen Konzessionen aufgegeben werden. Es muss eine neue, breit angelegte Standortsuche unter Anwendung des Auswahlverfahrens gemäss dem Sachplan Geologische Tiefenlager durchgeführt werden. Die Nagra bereitet sich auf diese Aufgabe vor.

10.2 Hochaktive und alphanuklidische Abfälle

Im Juni 2006 kamen die Vorbereitungen der Tiefenlagerung einen entscheidenden Schritt voran, als der Bundesrat den von der Nagra eingereichten Entsorgungsnachweis für die hochaktiven und

langlebigen mittelaktiven Abfälle akzeptierte. Gleichzeitig lehnte der Bundesrat den Antrag der Nagra ab, die weiteren Sondierungen für ein Tiefenlager für hochaktive Abfälle auf die Region Zürcher Weinland zu fokussieren.

Zu den technischen Fragen der über 6800 Stellungnahmen aus der öffentlichen Auflage der Dokumente zum Entsorgungsnachweis nahm die HSK im März 2006 zuhanden des Bundesamtes für Energie Stellung. Das Technische Forum Entsorgungsnachweis, das unter Leitung der HSK stand und während der Begutachtung des Entsorgungsnachweises 82 technische Fragen aus der Öffentlichkeit im Detail diskutierte und beantwortete, wurde im November 2006 aufgelöst. Die behandelten Fragen wurden zusammen mit den Antworten auf der Internetseite des Technischen Forums veröffentlicht (www.technischesforum.ch).

Der Abschluss des Entsorgungsnachweises für alle Kategorien radioaktiver Abfälle der Schweiz bedeutet eine Wende im Entsorgungsprogramm. Es geht nun um die Realisierung der benötigten Tiefenlager, und hierzu sind vorerst die Standorte gemäss dem Sachplan Geologische Tiefenlager auszuwählen.

10.3 Sachplan Geologische Tiefenlager

Gemäss dem neuem Kernenergiegesetz (KEG) vom 21. März 2003 und der zugehörigen Kernenergieverordnung (KEV) muss der Bund die Ziele und Vorgaben für die Lagerung der radioaktiven Abfälle in geologischen Tiefenlagern in einem Sachplan festhalten. Mit diesem Planungsinstrument legt der Bund die wesentlichen Kriterien für die Standortwahl von geologischen Tiefenlagern für schwach- und mittelaktive sowie hochaktive Abfälle fest. Mit dem Sachplan soll eine sicherheitsgerichtete, mit den Raumplanungszielen des Bundes und der Kantone abgestimmte Wahl von Standorten für geologische Tiefenlager erreicht werden. Oberste Priorität hat dabei der langfristige Schutz von Mensch und Umwelt.



Beginn der Ausbrucharbeiten für einen Teststollen im Felslabor Mont-Terri.

Foto: HSK

Die Ausarbeitung des Sachplans erfolgt durch das Bundesamt für Energie BFE in enger Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Raumentwicklung ARE. Die HSK als Sicherheitsbehörde hat die Aufgabe, die im Auswahlverfahren anzuwendenden sicherheitstechnischen Kriterien festzulegen. Für den Konzeptteil des Sachplans legte die HSK im Februar 2006 die bei der Standortevaluation zu berücksichtigenden Kriterien zu Sicherheit und technischer Machbarkeit im Entwurf fest.

Am 15. März 2006 veröffentlichte das BFE den ersten Entwurf des Konzepts Sachplan Geologische Tiefenlager und unterbreitete diesen den kantonalen Fachstellen für Raumplanung. Bis Ende April 2006 wurde dieser Entwurf von den kantonalen Fachstellen bzw. in einigen Kantonen von den Regierungen kommentiert.

Im Auftrag des BFE hat die HSK die Herleitung der sicherheitstechnischen Kriterien und deren Anwendung bei der Standortevaluation in einem ausführlichen Bericht dokumentiert. Das Dokument hält die Prinzipien, Grundsätze und gesetzlichen Vorgaben zur Sicherheit und technischen Machbarkeit geologischer Tiefenlager für radioaktive Abfälle fest, beschreibt deren Umsetzung in einem Sicherheits- und Barrierenkonzept und legt danach die Ableitung der sicherheitstechnischen Kriterien für das Standortauswahlverfahren dar. Die Beschreibung und Anwendung der Kriterien zur Sicherheit und technischen Machbarkeit wurden als Auszug in Form eines Anhangs in den Konzeptteil des Sachplans integriert.

Am 22. Juni 2006 legte das BFE den überarbeiteten und nun vollständigen Entwurf des Konzeptteils des Sachplans den betroffenen Bundesstellen und Kommissionen, den für die Raumplanung und für die Energie zuständigen Direktionen und Departementen der Kantone sowie den Behörden der Nachbarstaaten zur Stellungnahme bis Ende August 2006 vor. Im Rahmen dieser Zusammenarbeit fanden mehrere Informationsveranstaltungen und Expertengespräche mit den Kantonen sowie mit verschiedenen Fachgremien der Nachbarländer (Deutschland, Österreich) statt, anlässlich welcher die HSK die sicherheitstechnischen Auswahl- und Bewertungskriterien vorstellte und erläuterte.

Aus der Vernehmlassung gingen beim BFE bis Ende August 2006 rund 60 Stellungnahmen ein. Die HSK hat daraus die sicherheitstechnischen Fragestellungen zur Beurteilung erhalten. Sie hat diese geprüft und zuhanden des BFE dazu Stellung genommen. Auf Grund der eingegangenen Stellungnahmen sowie der Ergebnisse zweier Workshops, wofür Vertreter von Interessenorganisationen, Parteien und Verbänden eine Mitwirkungsgelegenheit geschaffen wurde, hat das BFE im Dezember 2006 die Überarbeitung des Sachplanentwurfs abgeschlossen. Die HSK hat dabei das BFE in ihrer Arbeit unterstützt. Der überarbeitete Entwurf wurde im Januar 2007 den interessierten Stellen und Behörden im In- und Ausland sowie der breiten Öffentlichkeit zur Anhörung unterbreitet.

10.4 Felslaboratorien

Die mit starker internationaler Beteiligung betriebene Forschungstätigkeit in den beiden Felslaboratorien Grimsel (Kristallingestein) und Mont Terri (Opalinuston) wurde fortgesetzt. In diesen Laboratorien werden Untersuchungen durchgeführt, die für die bauliche Auslegung und für die Beurteilung der Sicherheit von Tiefenlagern Bedeutung haben. Die HSK ist an der Forschungstätigkeit im Felslabor Mont Terri beteiligt. Dieses Felslabor feierte im Mai 2006 sein 10-jähriges Bestehen.

Die bisher durch die HSK ausgeübte Aufsicht über den Umgang mit radioaktiven Stoffen in den Felslaboratorien Grimsel und Mont Terri wurde dem Bundesamt für Gesundheit übertragen, das auf Grund der Bestimmungen der neuen Kernenergiegesetzgebung die dafür zuständige Behörde ist. Eine Schlussinspektion der HSK im Felslabor Grimsel fand im September 2006 statt.

Anhang

Tabelle 1a	Hauptdaten der schweizerischen Kernkraftwerke	96
Tabelle 1b	Betriebsdaten der schweizerischen Kernkraftwerke 2006	96
Tabelle 2	Bestand an zulassungspflichtigem Personal und Gesamtbelegschaft in den Kernkraftwerken Ende 2006	97
Tabelle 3	Klassierte Vorkommnisse 2006	97
Tabelle 4	Internationale Ereignisskala (INES)	98
Tabelle 5	Kollektivdosen in den schweizerischen KKW im Berichtsjahr	100
Tabelle 6a	Zusammenstellung der Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umgebung im Jahr 2006 und der daraus berechneten Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung	101
Tabelle 6b	Zusammenstellung der Abgaben des Paul Scherrer Instituts im Jahr 2006 und der daraus berechneten Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung	102
Tabelle 6c	Fussnoten	103
Tabelle 7	Abgaben der schweizerischen Kernkraftwerke in den letzten fünf Jahren im Vergleich mit den Abgabelimiten	104
Tabelle 8	Radioaktive Abfälle in den Kernkraftwerken und im PSI	105
Tabelle 9	Radioaktive Abfälle im Zentralen Zwischenlager der ZWILAG	105
Tabelle 10	Liste der schweizerischen Richtlinien	106
Figur 1	Zeitverfügbarkeit und Arbeitsausnutzung, 1997–2006	109
Figur 2	Meldepflichtige, klassierte Vorkommnisse, 1997–2006	110
Figur 3	Ungeplante Reaktorschnellabschaltungen (Scrams), 1997–2006	111
Figur 4	Brennstabschäden (Anzahl Stäbe), 1996–2006	112
Figur 5	Jahreskollektivdosen (Personen-Sv/Jahr) der Kernanlagen, 1974–2006	113
Figur 6	Berechnete Dosen für die meistbetroffenen Personen (Erwachsene) in der Umgebung der schweizerischen KKW	114
Figur 7a	Funktionsschema eines Kernkraftwerks mit Druckwasserreaktor	115
Figur 7b	Funktionsschema eines Kernkraftwerks mit Siedewasserreaktor	115
	Verzeichnis der Abkürzungen	117

Tabelle 1a

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	Druck- wasser	Druck- wasser	Siede- wasser	Druck- wasser	Siede- wasser
Reaktorlieferant	Westing- house	Westing- house	GE	KWU	GE
Turbinenlieferant	BBC	BBC	BBC	KWU	BBC
Generatoraten [MVA]	2·228	2·228	2·214	1140	1318
Kühlung	Fluss- wasser	Fluss- wasser	Fluss- wasser	Kühlturm	Kühlturm
Kommerzielle Inbetriebnahme	1969	1971	1972	1979	1984

Tabelle 1b

Betriebsdaten der schweizerischen Kernkraftwerke 2006

	KKB 1	KKB 2	KKM	KKG	KKL
Thermisch erzeugte Energie [GWh]	9 140	9 590	8 737	24 699	29 169
Abgegebene elektrische Nettoenergie [GWh]	2 951	3 073	2 883	8 026	9 367
Abgegebene thermische Energie [GWh]	149,9	14,4	1,7	192,8	–
Zeitverfügbarkeit ¹ [%]	92,6	97,2	93,4	93,9	93,7
Nichtverfügbarkeit durch Jahresrevision [%]	7,4	2,8	6,3	6,1	6,9
Arbeitsausnutzung ² [%]	92,4	96,2	91,0	95,6	92,1
Anzahl ungeplanter Schnellabschaltungen (Scrams)	0	0	0	0	0
Unvorhergesehenes Abfahren der Anlage	0	0	0	1	0
Störungsbedingte Leistungsreduktionen (>10% P _N)	1	1	2	1	1

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 2

Bestand an zulassungspflichtigem Personal und Gesamtbelegschaft in den Kernkraftwerken
Ende 2006 (in Klammern Werte von 2005)

Funktion	KKB 1+2	KKM	KKG	KKL
Reaktoroperateur	33 (30)	18 (18)	27 (19)	25 (24)
Schichtchef und Stellvertreter	26 (25)	10 (9)	20 (21)	17 (17)
Pikettingenieur	13 (13)	7 (7)	12 (12)	13 (12)
Strahlenschutzsachverständige	4 (5)	3 (3)	5 (4)	3 (4)
Strahlenschutzfachkraft	5 (5)	6 (7)	8 (8)	9 (9)
Strahlenschutztechniker	5 (5)	4 (5)	4 (4)	5 (5)
Gesamtbelegschaft (Personen)	513 (504)	304 (300)	390 (403)	435 (417)

Tabelle 3

Klassierte Vorkommnisse 2006

Datum	Anlage	Vorkommnis	Einstufung INES
17.1.2006	KKB1	Einfall eines Steuerelementes im Leistungsbetrieb	0
26.1.2006	KKL	Fehler bei der Umschaltung des Zwischenkühlkreislafes bei einer Funktionsprüfung	0
27.2.2006	KKG	Schaden an einem Notstand-Dieselaggregat beim Probelauf	0
17.3.2006	KKG	Kontamination einer Person	0
5.5.2006	KKG	Hüllrohrschaden an einem Brennstab mit Auswaschung von Brennstoff	0
20.6.2006	KKL	Fehler bei der Überprüfung des Umluftfilters einer Notsteuerstelle bei einer Funktionsprüfung	0
4.7.2006	KKM	Reduzierte Durchflussmenge an einem Reaktor-kernisoliations-Kühlsystem bei einer Funktionsprüfung	0
14.9.2006	KKB1	Wanddickenschwächung an einem Frischdampf-Rohrleitungsbogen	0
6.11.2006	KKM	Beschädigung einer Entlüftungsleitung an einer Speisewasserpumpe	0

Tabelle 4

Internationale Ereignisskala (INES)

Die Internationale Skala für den Schweregrad von nuklearen Störfällen (International Nuclear Event Scale INES der International Atomic Energy Agency IAEA und der OECD Nuclear Energy Agency NEA), seit Anfang 1990 in Probeanwendung und seit 1992 definitiv in Funktion, informiert Medien und Bevölkerung bei Störfällen nach einem gemeinsamen Bewertungsmaassstab (IAEA INES User Manual). Damit wird die Bedeutung von Störfällen in eine international gemeinsame Perspektive gesetzt. Die Meldungen werden durch die nuklearen Aufsichtsbehörden bzw. deren Vertreter überprüft oder herausgegeben.

Nun ist über Internet ein Zugriff auf die wichtigen Informationen bei Störfällen unter der Internetadresse «www-news.iaea.org/news/» möglich. Es werden jeweils die Ereignisse der letzten 6 Monate angezeigt. Die Skala unterscheidet sieben Stufen, 1 bis 7, von Vorkommnissen nach ihrer Sicherheitsbedeutung (Stufe 0 sind Ereignisse ohne Sicherheitssignifikanz):

Stufe	Bezeichnung	Kriterien	Beispiele
7	Schwerwiegender Unfall	<ul style="list-style-type: none"> ■ Freisetzung eines grossen Teiles des Kerninventars in die Umgebung in Form einer Mischung kurz- und langlebiger Aktivstoffe (mehr als 10 000 TBq Iod-131-Äquivalent). <p>Bemerkung: Akute Gesundheitsschäden möglich. Späte Gesundheitsschäden über grosse Gebiete, wahrscheinlich über die Landesgrenze hinaus. Langfristige Beeinträchtigung der Umwelt.</p>	Tschernobyl, UdSSR, 1986
6	Ernsthafter Unfall	<ul style="list-style-type: none"> ■ Freisetzung von Spaltprodukten in die Umgebung (1000 bis 10 000 TBq Iod-131-Äquivalent). <p>Bemerkung: Voller Einsatz lokaler Notfallschutzmassnahmen höchstwahrscheinlich notwendig, um Gesundheitsschäden in der Bevölkerung zu begrenzen.</p>	
5	Unfall mit Gefährdung der Umgebung	<ul style="list-style-type: none"> ■ Freisetzung von Spaltprodukten in die Umgebung (100 bis 1000 TBq Iod-131-Äquivalent). <p>Bemerkung: Teilweiser Einsatz von Notfallschutzmassnahmen in einigen Fällen notwendig, um die Wahrscheinlichkeit von Gesundheitsschäden zu verringern.</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Schwere Kernschäden mit Freisetzung einer grossen Menge Radioaktivität innerhalb der Anlage. 	Windscale, England, 1957 Three Mile Island, USA 1979
4	Unfall ohne signifikante Gefährdung der Umgebung	<ul style="list-style-type: none"> ■ Freisetzung von radioaktiven Stoffen, die für die meistexponierte Person ausserhalb der Anlage eine Dosis von wenigen Millisievert ergibt. <p>Bemerkung: Notfallschutzmassnahmen im Allgemeinen nicht notwendig, ausser möglicherweise lokale Lebensmittelkontrollen.</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Teilweise Beschädigung des Reaktorkerns wegen mechanischer Einwirkungen und/oder Schmelzen. ■ Bestrahlung von Personal derart, dass ein akuter Todesfall wahrscheinlich ist. 	Saint Laurent, Frankreich, 1980 Tokaimura, Japan, 1999

Tabelle 4 (Fortsetzung)

Internationale Ereignisskala (INES)

Stufe	Bezeichnung	Kriterien	Beispiele
3	Ernsthafter Zwischenfall	<ul style="list-style-type: none"> ■ Freisetzung radioaktiver Stoffe über bewilligten Grenzwerten, die zu einer Dosis in der Grössenordnung von einigen Zehntel Millisievert für die meistexponierte Person führen kann. ■ Bestrahlung von Personal derart, dass eine akute Strahlenerkrankung zu erwarten ist. Schwerwiegende Kontamination in der Anlage. ■ Störfälle, bei denen ein zusätzliches Versagen von Sicherheitseinrichtungen zu Unfällen führen könnte, oder eine Situation, in welcher Sicherheitseinrichtungen einen Unfall nicht verhindern könnten, falls bestimmte auslösende Vorkommnisse eintreten würden. 	Vandellos, Spanien, 1989
2	Zwischenfall	<ul style="list-style-type: none"> ■ Vorkommnisse mit wesentlichen Versagen von Sicherheitseinrichtungen, aber mit ausreichender Sicherheitsvorsorge, um auch mit zusätzlichen Fehlern fertig zu werden. Vorkommnisse der Stufe 1 mit signifikanten Mängeln in der Sicherheitskultur¹. ■ Vorkommnisse mit Bestrahlung von Personal höher als die jährliche Dosislimite. Signifikante Verbreitung von Radioaktivität innerhalb der Anlage, welche auslegungsgemäss nicht zu erwarten war. 	
1	Anomalie	<ul style="list-style-type: none"> ■ Anomalie ausserhalb der vorgeschriebenen Betriebsbedingungen. Sie kann auf Versagen von Ausrüstungen, menschliche Fehlhandlungen oder Verfahrensmängel zurückzuführen sein. Vorkommnis ohne direkte Sicherheitsbedeutung, das Mängel in der Sicherheitskultur aufzeigt. 	
0	Nicht sicherheits-signifikante Vorkommnisse	<ul style="list-style-type: none"> ■ Hierher gehören Vorkommnisse ohne Überschreitung von betrieblichen Grenzwerten und Bedingungen, welche mit geeigneten Verfahren beherrscht werden. <p>Beispiele: Bei periodischen Prüfungen festgestellter Einzelfehler in einem redundanten System. Automatische Reaktorabschaltung mit normalen Anlageverhalten. Leckagen innerhalb Betriebslimiten Alle Beispiele ohne grösseren Zusammenhang mit der Sicherheitskultur.</p>	

¹ Unter Mängel in der Sicherheitskultur werden im IAEA INES User Manual folgende Beispiele zum Verständnis angegeben:

- eine Verletzung der Technischen Spezifikation (d.h. Bedingung für den sicheren Betrieb)
- die Verletzung einer wichtigen Vorschrift ohne Rechtfertigung
- ein systematischer Mangel im Qualitätsmanagementsystem
- eine Anhäufung von menschlichen Fehlern
- ein Versagen, die radioaktiven Materialien unter ausreichender Kontrolle zu halten
- die Wiederholung eines bedeutsamen Ereignisses (Lektionen wurden nicht gelernt, korrigierende Massnahmen wurden nicht ergriffen).

Tabelle 5

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

	KKB 1		KKB 2		KKG		KKL		KKM	
	2006	2005	2006	2005	2006	2005	2006	2005	2006	2005
Aktionen										
BE-Wechsel		152	75							
Revisionsstillstand	355			451	445	1145	616	399	709	871
Zwischenabstellung										
Leistungsbetrieb	47	51	47	51	96	120	269	171	354	540
Total	402	203	122	502	541	1265	885	570	1063	1411

Tabelle 6a

Zusammenstellung der Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umgebung im Jahr 2006 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} Äquivalentabgaben			Berechnete Jahresdosis ³	
				Bq/Jahr	Prozent der Limite	Bq/Jahr	Erwachsene mSv/Jahr	Kleinkind mSv/Jahr
KKB 1 + KKB 2	Abwasser 3600 m ³	Nuklidgemisch ohne Tritium	4·10 ¹¹	–	<0,1%	4,3·10 ⁹	<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	9,5·10 ¹²	1,0%	8,6·10 ¹²	<0,001	<0,001
		Aerosole	6·10 ⁹	–	<0,1%	1,1·10 ⁵	<0,001	<0,001
		lod: ¹³¹ I	4·10 ⁹	1,7·10 ⁷	0,4%	1,7·10 ⁷	<0,001	<0,001
		Kohlenstoff (CO ₂): ¹⁴ C	–	–	–	5,7·10 ¹⁰	0,0017	0,0028
	Gesamtdosis						0,0020	0,0032
KKM	Abwasser 4775 m ³	Nuklidgemisch ohne Tritium	4·10 ¹¹	5,7·10 ⁸	0,1%	4,6·10 ⁹	<0,001	<0,001
		Tritium	2·10 ¹³	1,9·10 ¹¹	1,0%	1,9·10 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	0,0039	0,0034
		lod: ¹³¹ I	2·10 ¹⁰	–	<0,1%	1,0·10 ⁷	<0,001	<0,001
		Kohlenstoff (CO ₂): ¹⁴ C	–	–	–	3,7·10 ¹¹	0,0013	0,0022
	Gesamtdosis						0,0053	0,0056
KKG	Abwasser 7052 m ³	Nuklidgemisch ohne Tritium	2·10 ¹¹	–	<0,1%	1,5·10 ⁷	<0,001	<0,001
		Tritium	7·10 ¹³	1,3·10 ¹³	19%	1,3·10 ¹³	<0,001	<0,001
	Abluft	Edelgase	1·10 ¹⁵	<1,2·10 ¹³	<1,2%	<1,1·10 ¹³	<0,001	<0,001
		Aerosole	1·10 ¹⁰	–	<0,1%	2,2·10 ⁵	<0,001	<0,001
		lod: ¹³¹ I	7·10 ⁹	2,9·10 ⁷	<0,4%	2,9·10 ⁷	<0,001	<0,001
		Kohlenstoff (CO ₂): ¹⁴ C	–	–	–	4,6·10 ¹⁰	<0,001	<0,001
	Gesamtdosis						<0,001	0,001
KKL	Abwasser 13123 m ³	Nuklidgemisch ohne Tritium	4·10 ¹¹	–	<0,1%	7,5·10 ⁷	<0,001	<0,001
		Tritium	2·10 ¹³	7,0·10 ¹¹	3,5%	7,0·10 ¹¹	<0,001	<0,001
	Abluft	Edelgase	2·10 ¹⁵	–	<0,1%	3,5·10 ¹¹	<0,001	<0,001
		Aerosole	2·10 ¹⁰	–	<0,1%	1,0·10 ⁶	<0,001	<0,001
		lod: ¹³¹ I	2·10 ¹⁰	1,2·10 ⁸	0,6%	1,2·10 ⁸	<0,001	0,001
		Kohlenstoff (CO ₂): ¹⁴ C	–	–	–	4,1·10 ¹¹	0,0022	0,0037
	Gesamtdosis						0,0023	0,0038
ZZL	Abwasser 246 m ³	Nuklidgemisch ohne Tritium	2·10 ¹¹	–	<0,1%	2,8·10 ⁸	<0,001	<0,001
		Tritium	–	–	–	8,5·10 ⁸	<0,001	<0,001
	Abluft	β-/γ-Aerosole	1·10 ⁹	–	<0,1%	2,7·10 ⁵	<0,001	<0,001
		α-Aerosole	3·10 ⁷	–	<0,1%	8,5·10 ³	<0,001	<0,001
		Kohlenstoff (CO ₂): ¹⁴ C	1·10 ¹²	–	<0,1%	8,3·10 ⁷	<0,001	<0,001
		Tritium	1·10 ¹⁴	–	<0,1%	2,3·10 ⁸	<0,001	<0,001
	Gesamtdosis						<0,001	<0,001

Tabelle 6b (Fortsetzung)

Zusammenstellung der Abgaben des Paul Scherrer Instituts im Jahr 2006 und der daraus berechneten Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung.

	PSI Ost				PSI West			Gesamtanlage des PSI ^{2,4}			
	Hochkamin	Saphir, Proteus	For- schungs- labor	Betriebsge- bäude für radioaktive Abfälle	Bundes- zwischen- lager	Zentrale Fortluft- anlagen	Injektor II	C-Labor	Abwasser 1933 m ³	Abluft	Äquivalent- abgaben
Abgaben im Abwasser^{2,4} [Bq/a] Nuklidgemisch ohne Tritium Tritium	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	4,5·10 ⁷ 3,8·10 ¹⁰	- -	2,2·10 ⁷ -
Abgaben über die Abluft^{2,4} [Bq/a] Edelgase und andere Gase β/γ-Aerosole, ohne Iod α-Aerosole Iod Tritium als H ₂ O Kohlenstoff: ¹⁴ C als CO ₂	2,1·10 ¹² 5,2·10 ⁷ - 2,4·10 ⁸ 4,9·10 ¹⁰ -	- - - - 4,1·10 ⁸ -	2,2·10 ³ - - - -	1,1·10 ³ - - 2,0·10 ¹⁰ -	- 2,4·10 ⁸ - - 2,2·10 ⁹ -	1,2·10 ¹⁴ 1,9·10 ¹⁰ - 1,1·10 ⁸ 1,2·10 ¹² -	9,0·10 ¹⁰ 4,0·10 ⁶ - - - -	- - - - - -	- -	1,2·10 ¹⁴ 1,9·10 ¹⁰ - 3,5·10 ⁸ 1,3·10 ¹² -	2,7·10 ¹⁴ - - 9,9·10 ⁷ - -
Jahresdosis³ [mSv/Jahr] für: Erwachsene Kleinkinder	<0,00015 <0,00015	<0,00015 <0,00015	<0,00015 <0,00015	<0,00015 <0,00015	<0,00015 <0,00015	0,0055 0,0056	<0,00015 <0,00015	<0,00015 <0,00015	<0,00015 <0,00015	<0,00015 <0,00015	<0,006 <0,006
Anteil am quellenbezogenen Dosisrichtwert¹	<0,1%	<0,1%	<0,1%	<0,1%	<0,1%	3,7%	<0,1%	<0,1%	<0,1%	<0,1%	<4%

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.

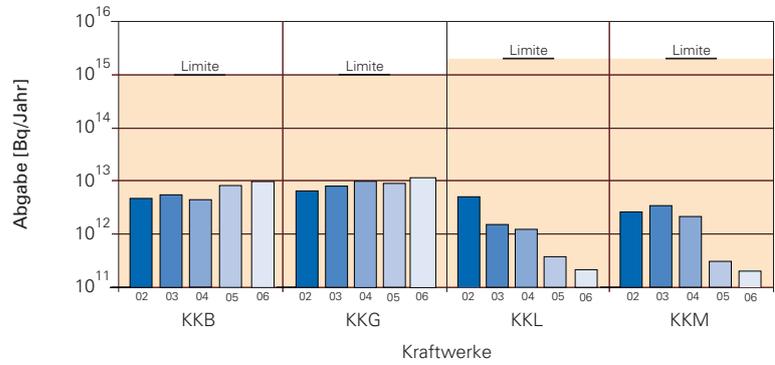
Kohlenstoff ¹⁴C: In den Tabellen ist der als Kohlendioxid vorliegende Anteil des ¹⁴C, der für die Dosis relevante ist, angegeben. Die für ¹⁴C angegebenen Werte basieren bei allen Werken auf aktuellen Messungen.

Tabelle 7

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

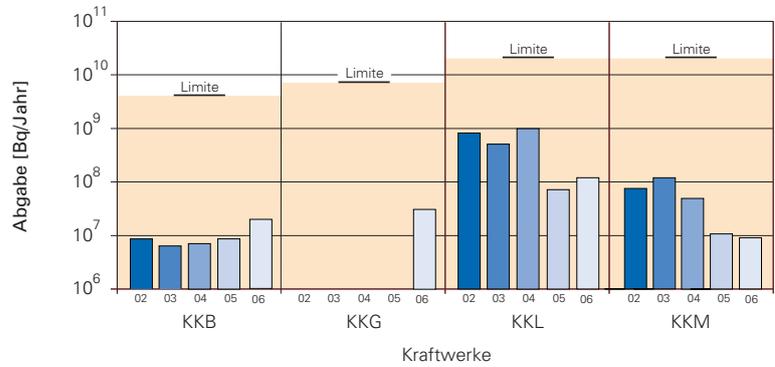
Abluft

Edelgase



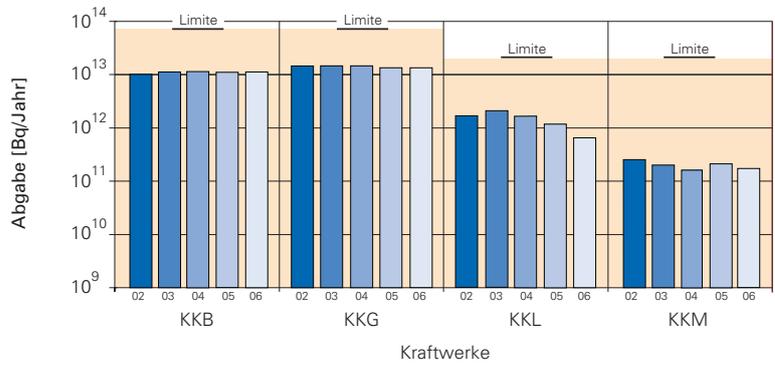
Abluft

Iod



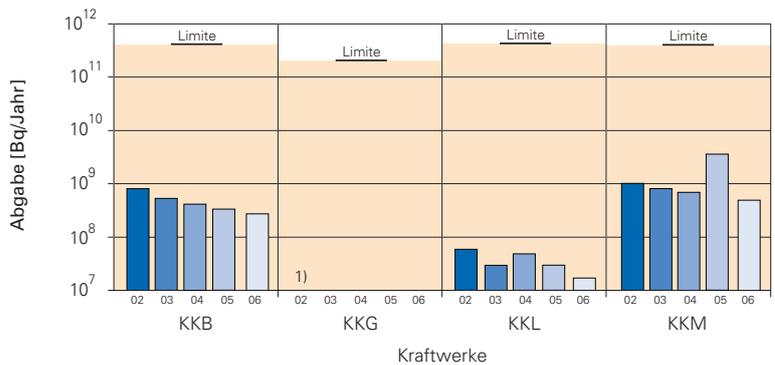
Abwasser

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 31.12.2006
(inklusive Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung), Volumina gerundet in m³

	unkonditioniert ¹			konditioniert ²		Bestand ⁶
	Anfall ²	Auslagerung ³	Bestand ⁴	Produktion ⁵	Auslagerung	
PSI	84	29	455	46	–	1150+5 ⁷
KKB	23	–	131	12	–	1096
KKM	26	1	96	34	246 ⁸	824
KKG	16	–	46	2	–	169
KKL	28	2	56	35	–	1480
Total	177	32	784	129	246	4719+5 ⁷

- 1 Unkonditionierte Abfälle umfassen Instandhaltungsabfälle und Prozessabfälle 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 zwecks Konditionierung in der dortigen 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 (für KKB und KKM wurden die exakten Gebindevolumina berücksichtigt).
- 6 Bruttovolumen in den Lagern der Kernanlagen (für KKB und KKM wurden die exakten Gebindevolumina berücksichtigt).
- 7 21 Gebinde von KKB am PSI zur Sanierung.
- 8 Transfer konditionierter Abfälle zur Zwischenlagerung bei der ZWILAG.

Tabelle 9

Radioaktive Abfälle in den Anlagen der ZWILAG per 31.12.2006

	unkonditioniert			konditioniert		
	Anfall	Annahme	Bestand	Produktion	Auslagerung	Bestand
Geb. V+K ¹ [m ³]	43 ²	32 ³	205 ⁴	21	20 ⁵	6
Lagergebäude (konditionierte Abfälle)					Einlagerung	Bestand
MAA-Lager [m ³]					262	518
HAA-Lager – Anzahl Behälter mit Brennelementen					1	17
HAA-Lager – Anzahl Behälter mit Glaskokillen					1	8
HAA-Lager – Anzahl Behälter mit Lucens-Abfällen					–	6

- 1 Einschliesslich Hochregallager, Empfangsgebäude und K-Gebäude.
- 2 Eigene Sekundärabfälle aus allen Betriebsbereichen der ZWILAG und umgepackte KKB-Filter.
- 3 Hierin enthalten ist die Annahme von kontaminiertem Öl (ca. 2.5 m³).
- 4 Hierin enthalten sind 38 Gebinde (8 m³) mit leicht angereichertem uranhaltigem Material aus dem Versuchsatomkraftwerk Lucens.
- 5 Hierin enthalten ist die Auslagerung von 5 Gebinden (1 m³) Kokillenfässer an das PSI Anfang 2006.

Tabelle 10

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-04/d	Aufsichtsverfahren beim Bau von Kernkraftwerken; Projektierung von Bauwerken	Dezember 1990
R-05/d	Aufsichtsverfahren beim Bau von Kernkraftwerken; mechanische Ausrüstungen	Oktober 1990
R-06/d	Sicherheitstechnische Klassierung, Klassengrenzen und Bauvorschriften für Ausrüstungen in Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren	Mai 1985
R-07/d	Richtlinie für den überwachten Bereich der Kernanlagen und des Paul Scherrer Instituts	Juni 1995
R-08/d	Sicherheit der Bauwerke für Kernanlagen, Prüfverfahren des Bundes für die Bauausführung	Mai 1976
R-11/d	Strahlenschutzziele im Normalbetrieb von Kernanlagen	Mai 2003
R-12/d	Erfassung und Meldung der Dosen des strahlenexponierten Personals der Kernanlagen und des Paul Scherrer Instituts	Oktober 1997
R-13/d	Inaktivfreigabe von Materialien und Bereichen aus kontrollierten Zonen (Freimessrichtlinie)	Februar 2002
R-14/d	Anforderungen an die Konditionierung radioaktiver Abfälle	März 2004
R-15/d	Berichterstattung über den Betrieb von Kernkraftwerken	November 2004
R-16/d	Seismische Anlageninstrumentierung	Februar 1980
R-17/d	Organisation von Kernkraftwerken	Juni 2002
R-17/e	Organisation of Nuclear Power Plants	June 2002
R-18/d	Aufsichtsverfahren bei Reparaturen, Änderungen und Ersatz von mechanischen Ausrüstungen in Kernanlagen	Dezember 2000
R-21/d	Schutzziele für die Endlagerung radioaktiver Abfälle	November 1993
R-21/e	Protection Objectives for the Disposal of Radioactive Waste	November 1993
R-21/f	Objectifs de protection pour le stockage final des déchets radioactifs	Novembre 1993
R-23/d	Revisionen, Prüfungen, Ersatz, Reparaturen und Änderungen an elektrischen Ausrüstungen in Kernanlagen	Januar 2003

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-25/d	Berichterstattung über den Betrieb der Kernanlagen des Bundes und der Kantone	Mai 2005
R-27/d	Auswahl, Ausbildung und Prüfung des lizenzpflichtigen Betriebspersonals von Kernkraftwerken	Mai 1992
R-29/d	Anforderung an die Zwischenlagerung radioaktiver Abfälle	März 2004
R-30/d	Aufsichtsverfahren beim Bau und Betrieb von Kernanlagen	Juli 1992
R-31/d	Aufsichtsverfahren beim Bau und dem Nachrüsten von Kernkraftwerken, 1E klassierte elektrische Ausrüstungen	Oktober 2003
R-32/d	Richtlinie für die meteorologischen Messungen an Standorten von Kernanlagen	September 1993
R-35/d	Aufsichtsverfahren bei Bau und Änderungen von Kernkraftwerken, Systemtechnik	Mai 1996
R-37/d	Anerkennung von Strahlenschutz-Ausbildungen und -Fortbildungen im Aufsichtsbereich der HSK	Juli 2001
R-39/d	Erfassung der Strahlenquellen und Werkstoffprüfer im Kernanlagenareal	Januar 1990
R-40/d	Gefilterte Druckentlastung für den Sicherheitsbehälter von Leichtwasserreaktoren, Anforderungen für die Auslegung	März 1993
R-41/d	Berechnung der Strahlenexposition in der Umgebung auf Grund von Emissionen radioaktiver Stoffe aus Kernanlagen	Juli 1997
R-42/d	Zuständigkeiten für die Entscheide über besondere Massnahmen bei einem schweren Unfall in einer Kernanlage	Februar 2000
R-42/e	Responsibility for decisions to implement certain measures to mitigate the consequences of a severe accident at a Nuclear Power Plant	July 2003
R-45/d	Planung und Durchführung von Notfallübungen im Bereich der schweizerischen Kernanlagen	Januar 2004
R-45/e	Planning and Execution of Emergency Exercises in Swiss Nuclear Installations	October 2004
R-45/f	Planification et exécution d'exercices d'urgence dans le domaine des installations nucléaires suisses	Janvier 2004
R-46/d	Anforderungen für die Anwendung von sicherheitsrelevanter, rechnerbasierter Leittechnik in Kernkraftwerken.	April 2005

Tabelle 10 (Fortsetzung)

Liste der schweizerischen Richtlinien

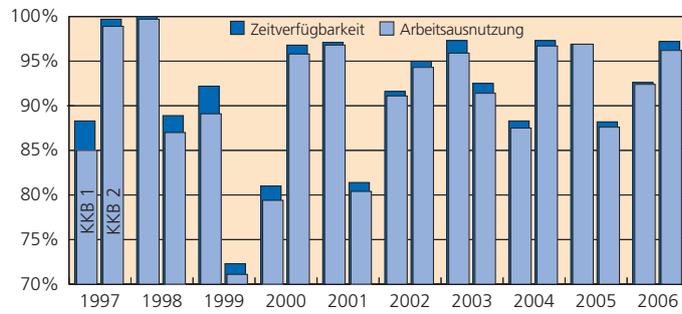
Hinweis: Alle Richtlinien sind zusätzlich auch auf dem Internet der HSK abrufbar.

Richtlinie	Titel der Richtlinie	Datum der gültigen Ausgabe
R-47/d	Prüfungen von Strahlenmessgeräten	Oktober 1999
R-48/d	Periodische Sicherheitsüberprüfung von Kernkraftwerken	November 2001
R-49/d	Sicherheitstechnische Anforderungen an die Sicherung von Kernanlagen	Dezember 2003
R-50/d	Sicherheitstechnische Anforderungen an den Brandschutz in Kernanlagen	März 2003
R-51/d	Alterungsüberwachung für mechanische und elektrische Ausrüstungen sowie Bauwerke in Kernanlagen	November 2004
R-52/d	Transport- und Lagerbehälter (T/L-Behälter) für die Zwischenlagerung	Juli 2003
R-52/e	Transport and Storage Casks (T/S-Casks) for interim storage	November 2003
R-60/d	Überprüfung der Brennelementherstellung	März 2003
R-61/d	Aufsicht beim Einsatz von Brennelementen und Steuerstäben in Leichtwasserreaktoren	Juni 2004
R-100/d	Nachweis ausreichender Vorsorge gegen Störfälle in Kernkraftwerken (Störfall-Richtlinie)	Dezember 2004
R-101/d	Auslegungskriterien für Sicherheitssysteme von Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren	Mai 1987
R-101/e	Design Criteria for Safety Systems of Nuclear Power Plants with Light Water Reactors	May 1987
R-102/d	Auslegungskriterien für den Schutz von sicherheitsrelevanten Ausrüstungen in Kernkraftwerken gegen die Folgen von Flugzeugabsturz	Dezember 1986
R-102/e	Design Criteria for the Protection of Safety Equipment in Nuclear Power Stations against the Consequences of Airplane Crash	December 1986
R-103/d	Anlageinterne Massnahmen gegen die Folgen schwerer Unfälle	November 1989

Figur 1

Zeitverfügbarkeit und Arbeitsausnutzung, 1997–2006

KKB 1, 2



KKM



KKG



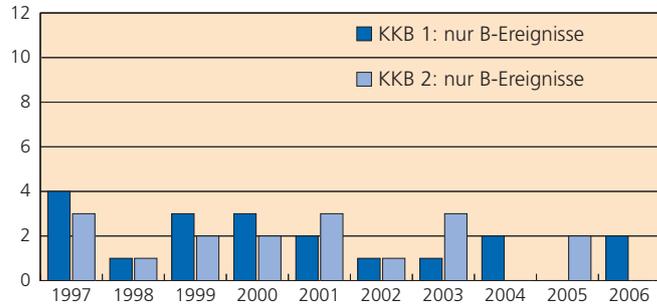
KKL



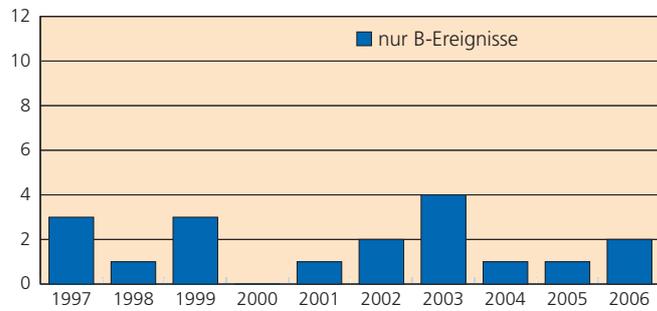
Figur 2

Meldepflichtige, klassierte Vorkommnisse, 1997–2006

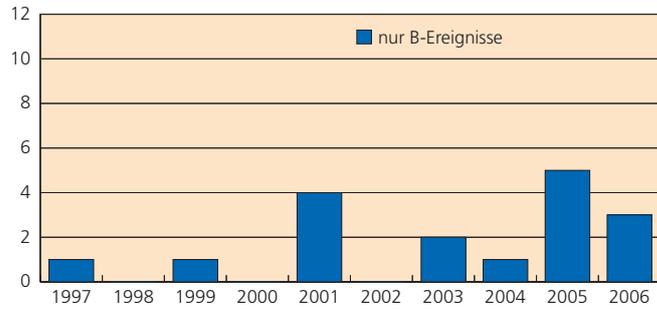
KKB 1, 2



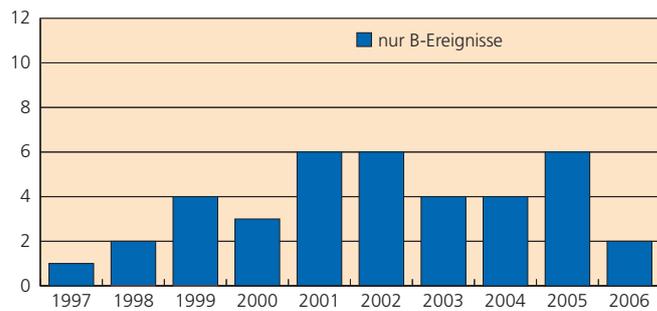
KKM



KKG



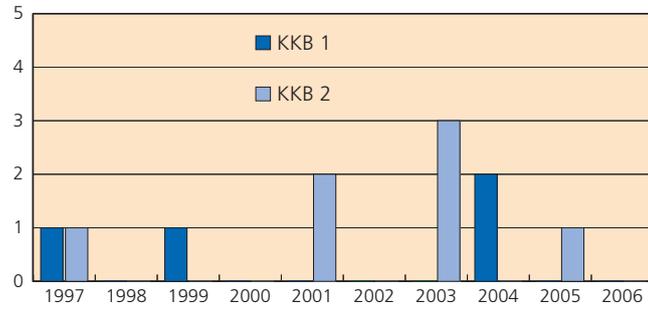
KKL



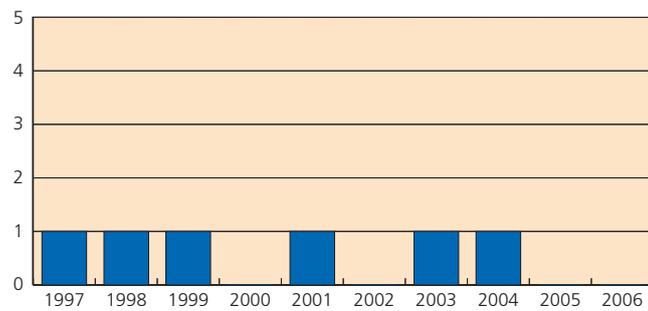
Figur 3

Ungeplante Reaktorschnellabschaltungen (Scrams), 1997–2006

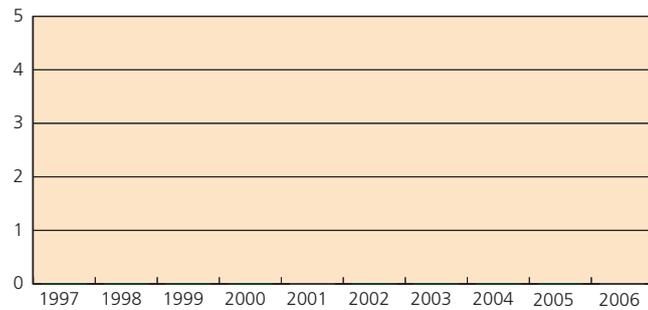
KKB 1, 2



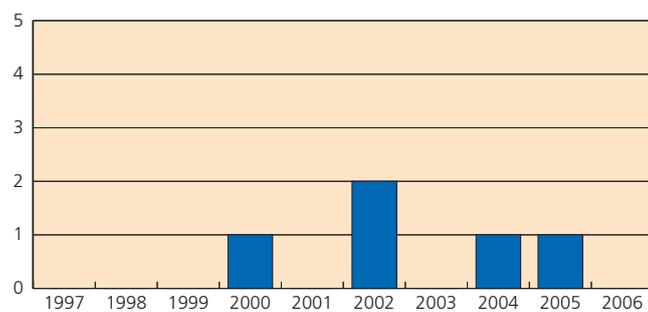
KKM



KKG



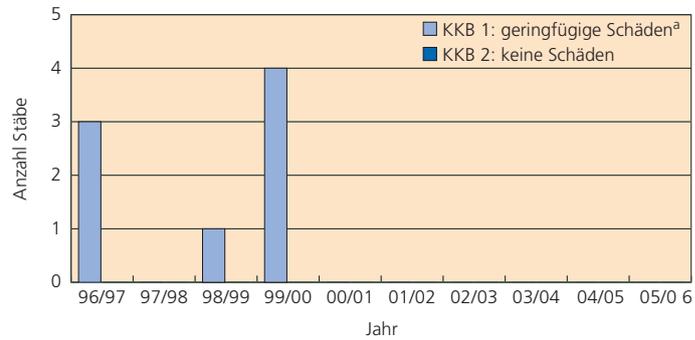
KKL



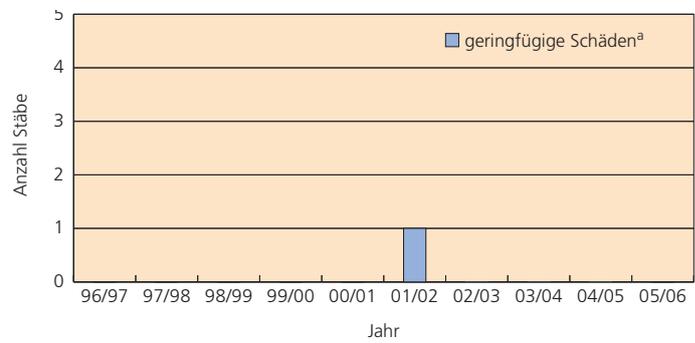
Figur 4

Brennstabschäden (Anzahl Stäbe), 1996–2006

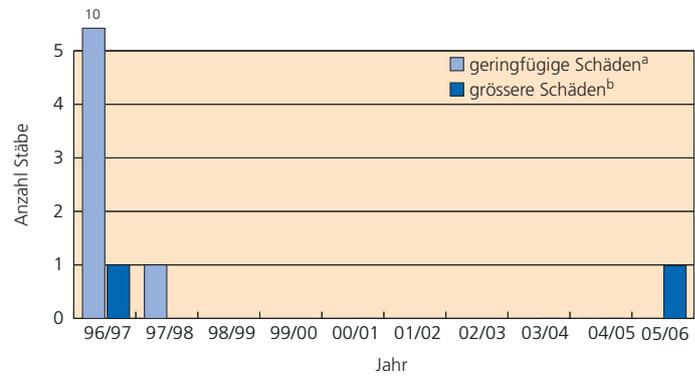
KKB 1, 2



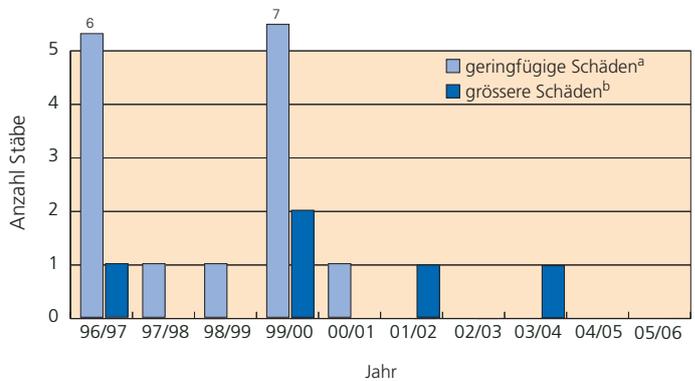
KKM



KKG



KKL

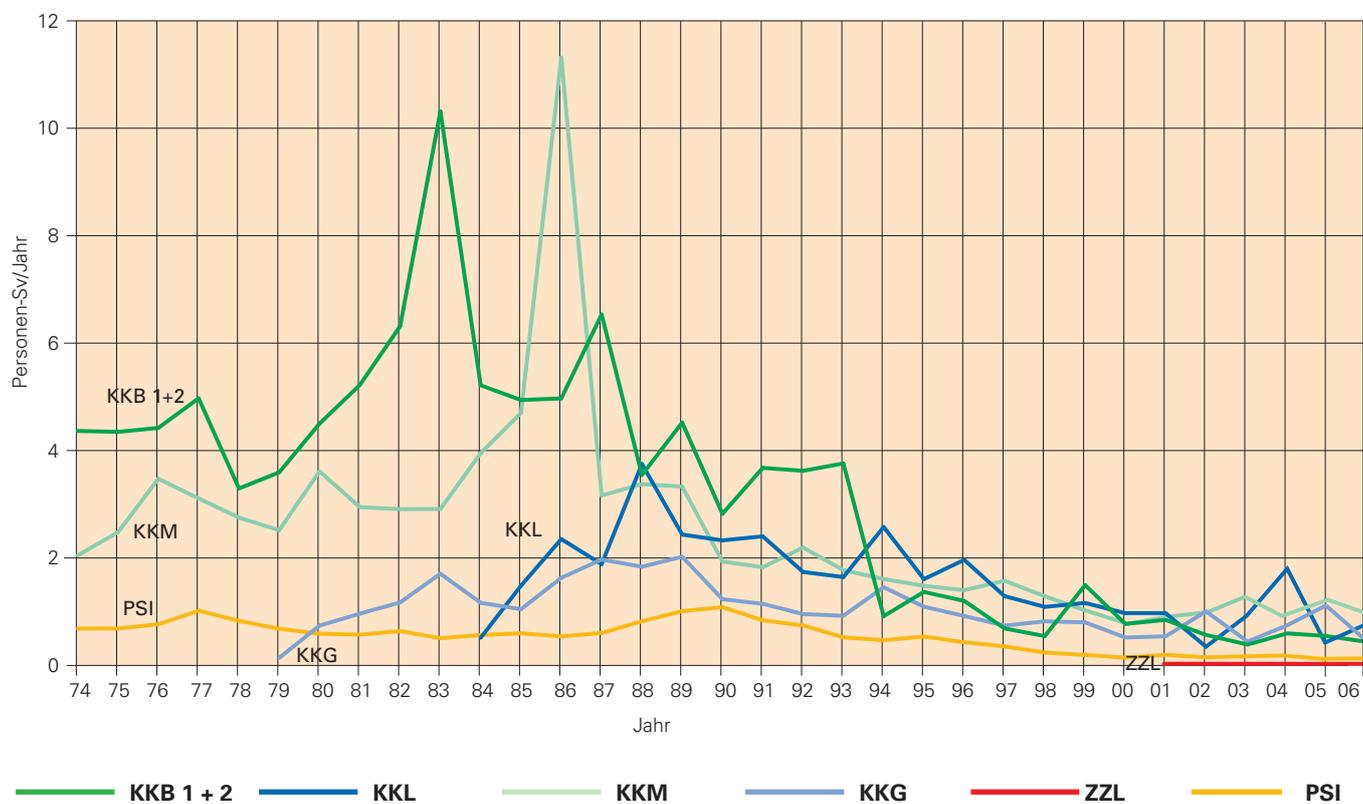


^a z.B. Haarrisse im Hüllrohr

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

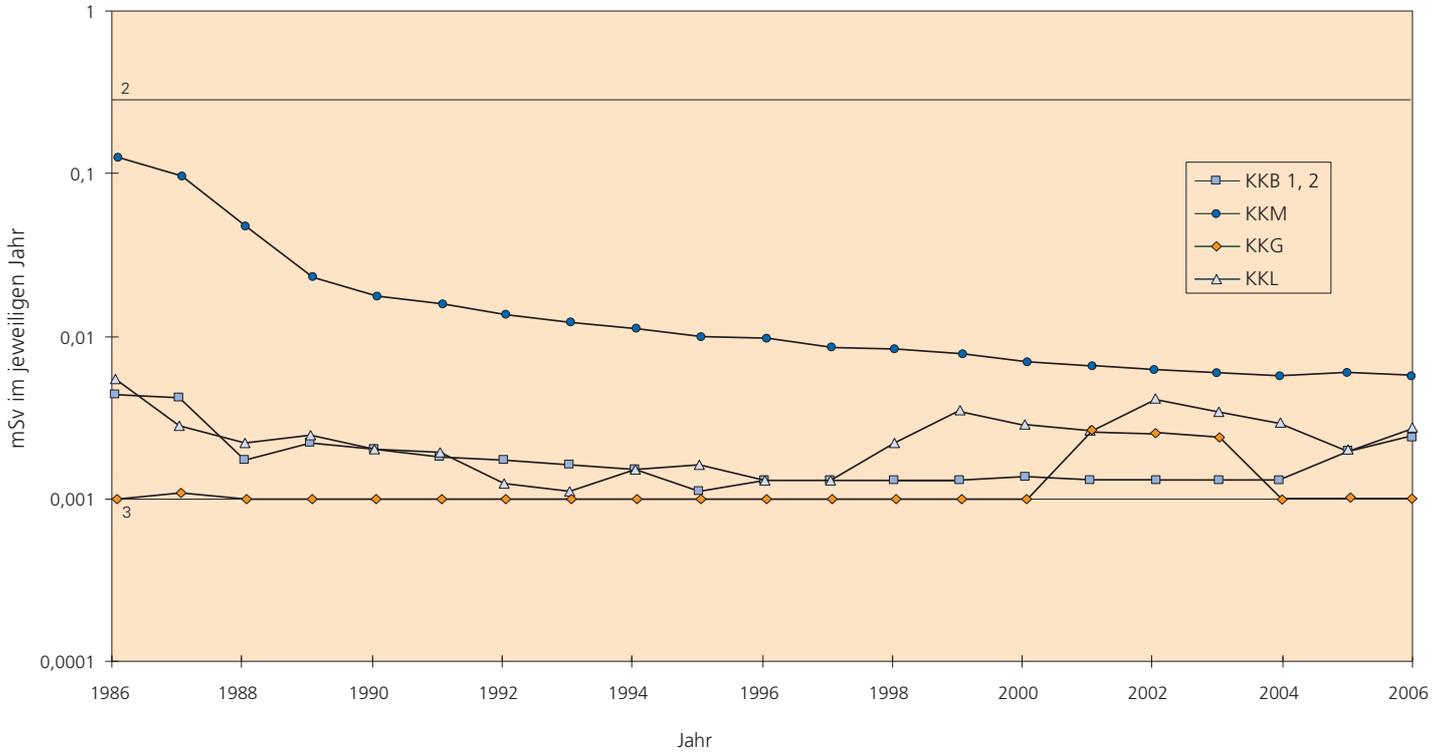
Figur 5

Jahreskollektivdosen (Personen-Sv/Jahr) der Kernanlagen, 1974–2006



Figur 6

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



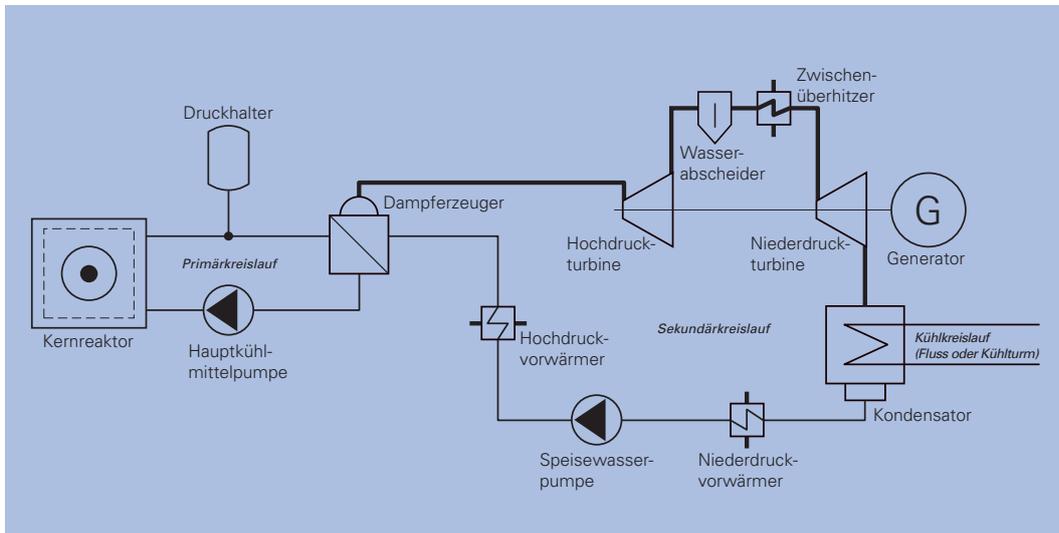
¹ Fiktive Person, die sich dauernd am kritischen Ort aufhält, ihre gesamte Nahrung von diesem Ort bezieht und nur Trinkwasser aus dem Fluss unterhalb des jeweiligen Kernkraftwerkes konsumiert. An diesem Ort ist der Dosisbeitrag durch die Direktstrahlung aus den Kernanlagen vernachlässigbar.

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.

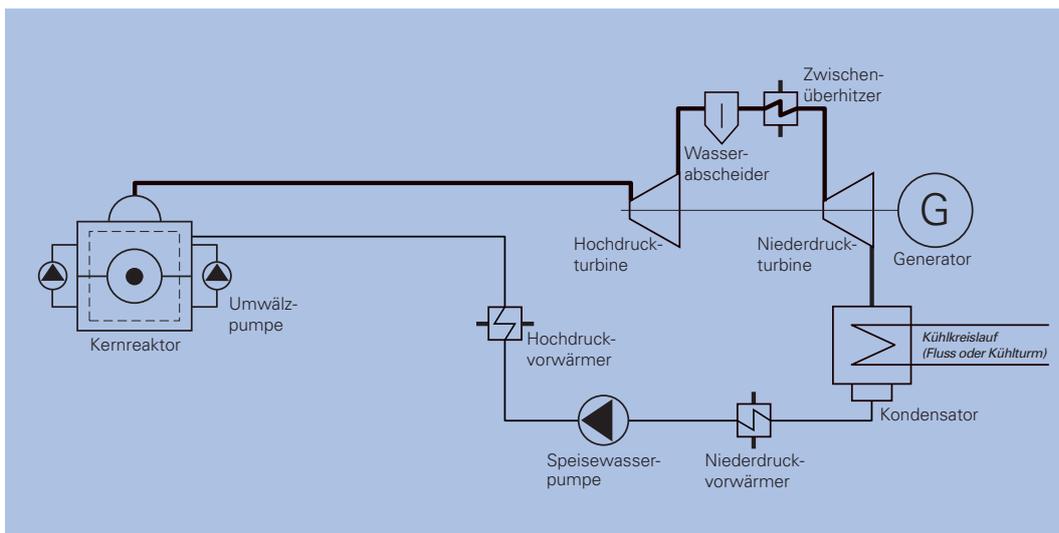
Figur 7a

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 des Installations Nucléaires
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 Anlagen
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
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
<hr/>	
LAR	Leitender Ausschuss Radioaktivität
LMA	Langlebige mittelradioaktive Abfälle
LOCA	Loss of coolant accident
LWR	Leichtwasserreaktor
<hr/>	
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	Mischoxid (Uran-Plutonium-Gemisch)
mSv	Millisievert = 10^{-3} Sievert
μ Sv	Mikrosievert = 10^{-6} Sievert
MW	Megawatt = 10^6 Watt, Leistungseinheit
MWe	Megawatt elektrische Leistung
MWth	Megawatt thermische Leistung
<hr/>	
NADAM	Netz für automatischen Dosis-Alarm und Messung
Nagra	Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle
NAZ	Nationale Alarmzentrale, Zürich
NEA	Nuclear Energy Agency
NFO	Notfallorganisation
NOK	Nordostschweizerische Kraftwerke AG
NRC	Nuclear Regulatory Commission, USA
NSC	Convention on Nuclear Safety
NTB	Nagra Technischer Bericht
<hr/>	
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
OSART	Operational Safety Review Team (IAEA)
<hr/>	
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
<hr/>	
QM	Qualitätsmanagement
QS	Qualitätssicherung
<hr/>	
RCIC	Reaktorkernisoliations-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
SUeR	Sektion Überwachung der Radioaktivität, Freiburg
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 2006

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

ISSN 1661-2876

HSK-AN-6161

© HSK, April 2007

HSK-AN-6161
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