Aufsichtsbericht 2004

zur nuklearen Sicherheit und zum Strahlenschutz in den schweizerischen Kernanlagen

HSK
Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen · Division principale de la Sécurité des Installations Nucléaires
Divisione principale della Sicurezza degli Impianti Nucleari · Swiss Federal Nuclear Safety Inspectorate

Aufsichtsbericht 2004

über die nukleare Sicherheit und den Strahlenschutz in den schweizerischen Kernanlagen

Rapport de Surveillance 2004

sur la sécurité nucléaire et la radioprotection dans les installations nucléaires en Suisse

Regulatory Oversight Report 2004

concerning nuclear safety and radiological protection in Swiss nuclear installations

Inhalt

Vorwort		4
Préface		7
Foreword		10
Zusammenfassung und Übersicht		13
Résumé et aperçu		16
Summary and overview		19
Organisation		22
1.	**Kernkraftwerk Beznau**	**23**
1.1	Betriebsdaten und Betriebsergebnisse	23
1.2	Anlagensicherheit	24
1.3	Strahlenschutz	28
1.4	Radioaktive Abfälle	29
1.5	Notfallbereitschaft	29
1.6	Probabilistische Sicherheitsanalyse und Accident Management	30
1.7	Personal und Organisation	31
1.8	Gesamtbeurteilung	33
2.	**Kernkraftwerk Mühleberg**	**35**
2.1	Betriebsdaten und Betriebsergebnisse	35
2.2	Anlagensicherheit	36
2.3	Strahlenschutz	38
2.4	Radioaktive Abfälle	39
2.5	Notfallbereitschaft	39
2.6	Probabilistische Sicherheitsanalyse und Accident Management	40
2.7	Personal und Organisation	41
2.8	Gesamtbeurteilung	42
3.	**Kernkraftwerk Gösgen**	**43**
3.1	Betriebsdaten und Betriebsergebnisse	43
3.2	Anlagensicherheit	44
3.3	Strahlenschutz	47
3.4	Radioaktive Abfälle	48
3.5	Notfallbereitschaft	48
3.6	Probabilistische Sicherheitsanalyse und Accident Management	49
3.7	Personal und Organisation	50
3.8	Gesamtbeurteilung	51
4.	**Kernkraftwerk Leibstadt**	**53**
4.1	Betriebsdaten und Betriebsergebnisse	53
4.2	Anlagensicherheit	53
4.3	Strahlenschutz	60
4.4	Radioaktive Abfälle	60
4.5	Notfallbereitschaft	61

4.6 Probabilistische Sicherheitsanalyse und Accident Management 62
4.7 Personal und Organisation 62
4.8 Gesamtbeurteilung 63

5. Zentrales Zwischenlager Würenlingen 65
5.1 Zwischenlagergebäude 65
5.2 Konditionierungsanlage 66
5.3 Verbrennungs- und Schmelzanlage 66
5.4 Strahlenschutz 67
5.5 Personal und Organisation 68
5.6 Notfallbereitschaft 68
5.7 Abfälle aus der Wiederaufarbeitung 68
5.8 Beschaffung von Transport- und Lagerbehältern 69
5.9 Gesamtbeurteilung 70

6. Paul Scherrer Institut (PSI) 71
6.1 Die Kernanlagen des PSI 71
6.2 Forschungsreaktor PROTEUS 71
6.3 Rückbau des Forschungsreaktors SAPHIR 72
6.4 Rückbau des Forschungsreaktors DIORIT 73
6.5 Hotlabor 73
6.6 Behandlung radioaktiver Abfälle 74
6.7 Lagerung radioaktiver Abfälle 74
6.8 Vorkommnisse 75
6.9 Strahlenschutz 76
6.10 Notfallbereitschaft 76
6.11 Organisation, Personal und Ausbildung 77
6.12 Strahlenschutz-Schule 77
6.13 Gesamtbeurteilung 77

7. Weitere Kernanlagen 78
7.1 Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) 78
7.2 Universität Basel 78

8. Transport von radioaktiven Stoffen 79
8.1 Genehmigungen nach Gefahrgutgesetzgebung 79
8.2 Bewilligungen nach Strahlenschutzgesetzgebung 79
8.3 Bewilligungen nach Atomgesetzgebung 79
8.4 Transport abgebrannter Brennelemente und verglaster hochaktiver Abfälle 80
8.5 Inspektionen und Audits 81

9. Geologische Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle 82
9.1 Lager für schwach- und mittelaktive Abfälle 82
9.2 Lager für hochaktive Abfälle 82

Anhang 87
Verzeichnis der Abkürzungen 109

Vorwort

Das neue Regelwerk

Am 1. Februar 2005 traten das neue Kernenergiegesetz (KEG) und die neue Kernenergieverordnung (KEV) in Kraft. Jahrzehntelange Anstrengungen für eine neue Kernenergiegesetzgebung konnten abgeschlossen werden. Ein Vergleich mit ausländischen Regelwerken zeigt, dass die Schweiz mit dem KEG und der KEV über eine moderne Gesetzgebung verfügt und alle wichtigen Aspekte im nuklearen Bereich geregelt sind. Betroffene können nun Entscheide der Bewilligungsbehörden gerichtlich anfechten. Damit erfüllt die Schweiz auch eine wichtige, in vielen Bereichen national und international übliche Forderung.

Die KEV verlangt einige Neuerungen für in Betrieb stehende Kernanlagen. Verschiedene Anforderungen, die bisher in Richtlinien festgehalten waren, sind neu in der KEV verankert und damit rechtlich verbindlich. Dazu gehören beispielsweise die periodische Sicherheitsüberprüfung (Art. 34), die Alterungsüberwachung (Art. 35), die Instandhaltung (Art. 32) und das Meldewesen (Art. 37 und 38). Neu geregelt wurden auch die Freigaben, insbesondere die freigabepflichtigen Änderungen (Art. 40). Das bisherige Verfahren der HSK muss gerade in diesem Punkt angepasst werden: Eine Freigabe hat Verfügungscharakter und wird mit einer Rechtsmittelbelehrung verbunden, falls sie Auflagen enthält. Hier zeigt sich deutlich, dass das neue Regelwerk mehr Formalität im Alltag verlangt.

Art. 22 des KEG verlangt von den Betreibern von Kernanlagen eine systematische Sicherheits- und Sicherungsbewertung. Der Inhalt einer solchen Bewertung wird in Art. 33 der KEV näher ausgeführt. Der Betreiber soll jederzeit über die Sicherheit seiner Anlage umfassend Auskunft geben können, und zwar auf Grund belegbarer, nachvollziehbarer Information und Argumente. Dies ist grundsätzlich nichts Neues, haben doch die Betreiber in den letzten Jahren im Rahmen ihrer Jahresberichte umfassend über Instandhaltung, Verbesserungen und Neuerungen sowie das Betriebsverhalten berichtet. Was bisher eher im Hintergrund stand, war die sicherheitstechnische Bewertung all dieser Massnahmen – darauf hin zielt der neue Art. 33 der KEV. Dem Auftrag entsprechend wird die HSK die Anforderungen an die systematische Sicherheitsbewertung in einer Richtlinie konkretisieren.

Im Rahmen der Integrierten Aufsicht ist die HSK zurzeit daran, auf Grund eigener Erfahrungen und unabhängiger Information einen Prozess zur systematischen Sicherheitsbewertung zu entwickeln. Zentral wichtig ist es dabei, die formal vorgesehenen Vorkehrungen für einen sicheren Betrieb und den faktischen Erfolg der Umsetzung dieser Vorkehrungen im Gesamtzusammenhang zu beurteilen. Zu berücksichtigen sind dabei die Ereignisse und Befunde, die Ergebnisse von Inspektionen, die aktuellen Werte der Sicherheitsindikatoren und deren Trendentwicklung, die Risikoinformation, die Ergebnisse der Wiederholungsprüfungen und die Information aus der periodischen Berichterstattung. Die HSK wird die Ergebnisse ihrer systematischen Sicherheitsbewertung zukünftig in ihrem Aufsichtsbericht veröffentlichen.

Im Bereich der Entsorgung radioaktiver Abfälle sind im KEG und in der KEV erstmals umfassende Vorgaben rechtlich festgelegt worden. Das Verfahren zur Inaktiv-Freimessung von Materialien und zur Konditionierung radioaktiver Abfälle ist neu auf Verordnungsstufe festgeschrieben (Art. 53 und 54 KEV). Wichtig und neu sind die gesetzlichen Bestimmungen zur Auslegung eines geologischen

Tiefenlagers. Bereits das KEG enthält verschiedene diesbezügliche Artikel. Erwähnenswert ist vor allem der Art. 31, der die Verursacher von radioaktiven Abfällen zur sicheren Entsorgung verpflichtet. Mit der Einreichung eines Rahmenbewilligungsgesuchs wird der Standort eines geologischen Tiefenlagers festgelegt. Der Entscheid des Bundesrats bedarf der Zustimmung der eidgenössischen Räte und unterliegt dem fakultativen Referendum (Art. 48 KEG). In der KEV sind die weiteren Bedingungen für ein geologisches Tiefenlager festgeschrieben (Art. 62 bis 72 KEV): Das Tiefenlager muss auch Testbereiche und ein Pilotlager umfassen und wird während Jahren oder Jahrzehnten vor dem endgültigen Verschluss beobachtet. Zudem muss das Lager so ausgelegt werden, dass die Rückholbarkeit der Abfälle bis zum Verschluss gewährleistet ist.

Nach Artikel 5 KEV wird das Verfahren für die Bestimmung eines möglichen Standortes für geologische Tiefenlager in einem «Sachplan geologische Tiefenlager» nach Raumplanungsgesetz festgelegt. Damit verbunden ist ein transparentes Auswahlverfahren. Kantone und die betroffene Bevölkerung werden frühzeitig in diesen Prozess eingebunden und können ihre Anliegen einbringen. In einer ersten Phase des Sachplanverfahrens werden die sicherheitstechnischen Kriterien für eine Standortwahl, zu berücksichtigende sozioökonomische und raumplanerische Aspekte und die Verfahrensschritte festgelegt. Erst anschliessend werden geeignete Regionen und Standorte bezeichnet und in einer letzten Phase ein konkreter Lagerstandort mit der Rahmenbewilligung festgesetzt. In allen Phasen ist die Partizipation der Kantone, der Bevölkerung und des angrenzenden Auslandes sichergestellt. Ich bin persönlich überzeugt, dass wir mit diesem Vorgehen ein transparentes, nachvollziehbares und belastbares Verfahren umsetzen.

Mit der Inkraftsetzung des KEG und der KEV sind die wichtigsten Schritte hin zu einem umfassenden und vollständigen nuklearen Regelwerk getan. Wichtige Schritte bleiben indessen noch zu tun: Insgesamt sind allein auf Grund des KEG und der KEV im Sicherheitsbereich noch zwei Bundesratsverordnungen, drei Departementsverordnungen sowie zu 20 Artikeln Ausführungen in Richtlinien neu zu schreiben oder anzupassen. Zudem sind mehrere bestehende Verordnungen zu ändern. Für die HSK bedeutet dies für die kommenden Jahre einen grossen zusätzlichen Arbeitsaufwand. Unsere Arbeit wird damit aber auf eine bessere gesetzliche Grundlage abgestützt und damit nachvollziehbarer – ein wichtiger Pfeiler unserer Integrierten Aufsicht. Die HSK hat im Wissen um diese umfassende Neuregelung der gesetzlichen Grundlagen schon vor Jahren Weichenstellungen im Hinblick auf ein vollständiges Regelwerk vorgenommen und einige zentrale Richtlinien neu erarbeitet respektive überarbeitet. Diese sind nun noch formal an das neue Gesetzeswerk anzupassen. Dazu gehören beispielsweise die Richtlinien zur Alterungsüberwachung, zur Periodischen Sicherheitsüberprüfung, zur Organisation von Kernkraftwerken, zu den Anforderungen an die digitale Leittechnik, zum Einsatz von Brennelementen und Steuerstäben, zu den Anforderungen an Transport- und Lagerbehälter.

Integrierte Aufsicht

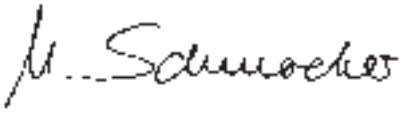
Um sich auf die neuen Aufgaben optimal vorzubereiten, hat die HSK ihre Arbeitsabläufe schon vor Jahren in einem prozessorientierten Managementsystem abgebildet. Sie wurde 2001 erstmals nach ISO 9001:2000 zertifiziert und 2004 rezertifiziert. Wir verfügen heute über ein voll computerisiertes Managementsystem, das unsere Aufsicht erleichtert und effizienter gestaltet. Es ist auch ein wichtiges Werkzeug für den kontinuierlichen Verbesserungsprozess. Im Weiteren arbeiten wir seit einem Jahr nach den FLAG-Vorgaben (Führen mit

Leistungsauftrag und Globalbudget). Das Jahr 2004 hat gezeigt, dass diese Art der Verwaltungsführung die notwendige Kompetenz und Flexibilität bietet, um eine Organisation wie die HSK effektiv zu leiten und sich den ändernden Randbedingungen rasch anzupassen.

Im Rahmen der erwähnten Integrierten Aufsicht haben wir im Jahre 2004 auch einen strukturierten Entscheidfindungsprozess erarbeitet. Damit wollen wir nachvollziehbare und ausgewogene Entscheide in allen Tätigkeitsbereichen der HSK erzielen. Die Grundlagen zu diesem Prozess stützen sich u. a. auf aktuelle internationale Arbeiten. Ein Konzept zur Nutzung von Risikoinformation in der Aufsichtstätigkeit und die Neuausrichtung unserer Inspektionstätigkeit ergänzten die Arbeiten zur Integrierten Aufsicht im abgelaufenen Jahr. Zeitweise war rund die Hälfte der HSK-Mitarbeitenden in diesem Projekt eingebunden.

Eines der Ergebnisse der Integrierten Aufsicht haben Sie vor sich liegen: den Aufsichtsbericht. In Art. 74 verlangt das KEG, dass die zuständigen Behörden die Öffentlichkeit regelmässig über den Zustand der Kernanlagen informieren. Wir nehmen diese Aufgabe seit Jahren umfassend wahr. Inskünftig berichten wir jährlich mit vier Jahresberichten über verschiedene Themen unseres Aufsichtsbereichs. Der bisherige Jahresbericht der HSK wird neu zum «Aufsichtsbericht» über die Sicherheit und den Strahlenschutz in den schweizerischen Kernanlagen. Er beschreibt und bewertet die wichtigsten Betriebsereignisse und Vorkommnisse, die durchgeführten Nachrüstungen und Instandhaltungsmassnahmen, die Ergebnisse der Wiederholungsprüfungen, den radiologischen Zustand und die Notfallübungen und Ausbildungen in den verschiedenen Kernanlagen. Er beinhaltet zudem die Tätigkeiten im Transport- und Entsorgungsbereich. Neu werden wir einen eigenen «Strahlenschutzbericht» veröffentlichen, in dem der radiologische Zustand innerhalb und ausserhalb der schweizerischen Kernanlagen beschrieben wird. Wir erweitern den bisherigen Forschungsbericht und nennen ihn neu «Erfahrungs- und Forschungsbericht». Nebst den Themen zur Sicherheitsforschung werden auch die weltweiten Erfahrungen im Bereich der nuklearen Sicherheit beleuchtet. Als vierten Bericht werden wir einen eigenen «Geschäftsbericht» veröffentlichen, in dem wir über die Finanzsituation der HSK und über die Zwischenbewertung der in der Leistungsvereinbarung getroffenen Ziele berichten. Ich wünsche Ihnen interessante Momente beim Lesen unserer Jahresberichte.

Die kommenden Jahre werden für die HSK herausfordernd bleiben. Mit einem motivierten und engagierten Team von Mitarbeitenden bin ich überzeugt, dass wir die anstehenden Aufgaben bewältigen werden. Für einen sicheren Betrieb der schweizerischen Kernanlagen setzen wir uns auch in Zukunft mit voller Kraft ein. Wir bauen auf Ihr Vertrauen, denn es ist für unsere Arbeit wichtig. Nehmen Sie mit uns Kontakt auf, wenn Sie mehr wissen möchten oder besuchen Sie unsere Website unter www.hsk.ch.



U. Schmocker

Préface

La nouvelle réglementation

La nouvelle loi sur l'énergie nucléaire (LENu) et la nouvelle ordonnance sur l'énergie nucléaire (OENu) sont entrées en vigueur le 1er février 2005. Les efforts déployés pendant plusieurs décennies dans ce domaine se sont concrétisés en une nouvelle législation de l'énergie nucléaire. Par rapport à des réglementations en vigueur à l'étranger, on voit que la LENu et l'OENu offrent à la Suisse une législation moderne qui tient compte de tous les aspects importants dans le domaine nucléaire. Les personnes affectées par une mesure peuvent désormais recourir en justice contre une décision des autorités concédantes. La Suisse satisfait ainsi aussi une exigence importante, usuelle dans de nombreux domaines, tant au niveau national qu'international.

L'OENu exige quelques innovations dans les installations nucléaires actuellement exploitées. Diverses exigences, qui étaient fixées jusqu'à présent dans des directives, sont maintenant ancrées dans l'OENu et ainsi juridiquement contraignantes. Il s'agit par exemple du réexamen périodique de la sécurité pour les centrales nucléaires (art. 34), de la surveillance du vieillissement (art. 35), de la maintenance (art. 32) et des rapports et devoirs de notification (art. 37 et 38). On a aussi réglementé les permis, notamment les modifications nécessitant un permis d'exécution (art. 40). Il faut d'ailleurs adapter, sur ce point justement, l'actuelle procédure de la DSN: un permis a désormais un caractère de décision associé à une indication de voie de recours s'il comporte des réserves. On voit ici très nettement que la nouvelle réglementation exige plus de formalités au quotidien.

L'article 22 de la LENu exige des exploitants d'installations nucléaires une appréciation systématique de la sécurité et de la sûreté. A tout moment, l'exploitant doit pouvoir donner des informations complètes sur la sécurité de son installation, cela sur la base de renseignements et d'arguments justifiables. Ce n'est fondamentalement rien de nouveau, vu que dans le cadre de leurs rapports d'activité, les exploitants ont publié ces dernières années des compte-rendus exhaustifs sur la maintenance, les améliorations et les innovations, de même que sur le comportement de l'entreprise. Ce qui était resté jusqu'à présent plutôt à l'arrière-plan, soit l'évaluation de la sécurité de toutes ces mesures, fait maintenant l'objet du nouvel article 33. Conformément à son mandat, la DSN concrétisera dans une directive les exigences de l'appréciation systématique de la sécurité.

Dans le cadre de la surveillance intégrée, la DSN développe actuellement un processus d'appréciation systématique de la sécurité, sur la base de ses propres expériences et d'une information indépendante. Il est ici capital que les mesures formellement prévues pour une exploitation sûre et la réussite dans les faits de l'application de ces mesures soient appréciées dans un contexte global. On tiendra compte des événements et constats, des résultats d'inspections, des valeurs actuelles des indicateurs de sécurité et de leur tendance d'évolution, de l'information du risque, des résultats des examens périodiques relevant de l'inspection en service, ainsi que de l'information issue des compte-rendus réguliers. La DSN publiera désormais les résultats de son appréciation systématique de la sécurité dans son rapport de surveillance.

Dans le domaine de l'évacuation des déchets radioactives, la LENu et l'OENu fixent juridiquement pour la première fois des définitions complètes. Les procédés de mesurage d'activité des matières et de conditionnement des déchets radioactifs sont maintenant réglementés (art. 53 et 54 OENu). Les dispositions légales relatives à la conception d'un dépôt géologique profond sont nouvelles et très importantes. La LENu comporte déjà différents articles à ce sujet. On mentionnera notamment l'art. 31 qui engage «quiconque exploi-

te ou désaffecte une installation nucléaire à évacuer à ses frais et de manière sûre les déchets radioactifs produits par l'installation». Le site d'un dépôt profond est déterminé avec la présentation d'une demande d'autorisation générale. La décision du Conseil fédéral est soumise à l'approbation de l'Assemblée fédérale et sujette au référendum facultatif (art. 48 LENu). Les autres conditions nécessaires au stockage en couches géologiques profondes sont prescrites dans l'OENu (art. 62 à 72): le dépôt profond doit comporter des zones expérimentales et un dépôt pilote, ainsi qu'être surveillé pendant des années ou des dizaines d'années avant le scellement définitif. De plus, le dépôt doit être conçu de sorte à garantir la possibilité de récupérer les déchets avant le scellement du dépôt.

En vertu de l'article 5 de l'OENu, la procédure de détermination d'un site potentiel pour un dépôt en couches géologiques profondes est fixée, conformément à la loi sur l'aménagement du territoire, dans un «plan sectoriel de dépôt en couches géologiques profondes». Une procédure de sélection transparente lui est attachée. Les cantons et la population concernée sont associés assez tôt à ce processus et peuvent faire part de leurs préoccupations. Une première étape de la procédure du plan sectoriel permet de fixer les critères de sécurité entrant en question pour le choix d'un site, les aspects socio-économiques et d'aménagement du territoire dont il faut tenir compte, de même que les différentes étapes de la procédure. Ensuite seulement, les régions et les sites appropriés seront désignés. Au cours d'une dernière étape, un site de dépôt concret avec autorisation générale sera fixé. La participation des cantons, de la population et des régions étrangères voisines est garantie à toutes les étapes de la procédure. J'ai l'intime conviction que cette procédure nous permettra de mettre en œuvre une procédure transparente, réalisable et fiable.

Avec l'entrée en vigueur de la LENu et de l'OENu, les étapes les plus importantes en vue d'une réglementation nucléaire complète ont été franchies. Mais d'autres étapes importantes nous attendent encore: sur la base de la LENu et de l'OENu, il faut, dans le domaine de la sécurité, rédiger ou adapter deux ordonnances fédérales, trois ordonnances de département ainsi que des directives. Il faut par ailleurs modifier plusieurs ordonnances en vigueur. Cela implique pour la DSN une importante somme de travail en plus pour les années à venir. Mais notre supervision reposera ainsi sur une meilleure base légale, plus aisément réalisable, ce qui représente un important pilier de notre surveillance intégrée. Du fait de cette nouvelle réglementation exhaustive des bases légales, la DSN a procédé, il y a des années déjà, à de nouveaux aiguillages en perspective d'une réglementation complète, et élaboré ou révisé quelques directives centrales qu'il faut adapter maintenant formellement à la nouvelle réglementation. Il s'agit par exemple des directives relatives à la surveillance du vieillissement, au réexamen périodique de la sécurité, à l'organisation de centrales nucléaires, aux exigences posées à la technique de contrôle-commande numérique, à l'utilisation d'assemblages combustibles et de barres de commande, aux exigences posées aux conteneurs de transport et d'entreposage.

La Surveillance Intégrée

Pour se préparer de manière optimale à ces nouvelles tâches, la DSN a représenté, il y a des années déjà, le déroulement de son travail dans un système de gestion axé sur l'exploitation. En 2001, elle a été certifiée pour la première fois d'après la norme ISO 9001:2000, puis recertifiée en 2004. Nous disposons aujourd'hui d'un système de gestion entièrement informatisé qui facilite notre travail quotidien et le rend plus efficace. Il constitue aussi un instrument important dans le processus d'amélioration continu. Par ailleurs, nous travaillons depuis un an selon les définitions GMEB (Gestion par mandats et enveloppes budgétaires). L'exercice 2004 a montré que ce type de gestion administrative offrait la compétence et la flexibilité nécessaires pour diriger efficacement une organisation telle que la DSN et s'adapter rapidement à des conditions annexes changeantes.

Dans le cadre de la surveillance intégrée, nous avons élaboré en 2004 un processus de décision

structuré. Nous voulons ainsi parvenir à des décisions compréhensibles et équilibrées dans tous les domaines d'activités de la DSN. Les bases de ce processus reposent notamment sur des travaux internationaux actuels. Un concept d'utilisation d'information du risque dans l'activité de surveillance et la nouvelle orientation de notre activité d'inspection ont complété les travaux relatifs à la surveillance intégrée pour l'année écoulée. Par moments, près de la moitié des collaborateurs de la DSN participaient à ce projet.

Vous avez sous les yeux un des résultats de la surveillance intégrée, à savoir le rapport de surveillance. L'article 74 de la LENu exige que les autorités compétentes informent régulièrement le public de l'état des installations nucléaires. Nous assumons cette tâche depuis des années. Désormais, chaque année, nous vous tiendrons au courant de nos activités à l'aide de quatre rapports annuels traitant des différents thèmes de notre domaine de surveillance. Le rapport annuel de la DSN publié jusqu'à présent devient le «rapport de surveillance» sur la sécurité et la radioprotection dans les installations nucléaires suisses. Il décrit et évalue les résultats d'exploitation et les événements les plus importants, les améliorations et les mesures de maintenance réalisées, les résultats des examens périodiques relevant de l'inspection en service, la situation radiologique et les exercices en cas d'urgence, de même que la formation continue en place dans les différentes installations nucléaires. Il comprend en plus les activités réalisées dans le domaine du transport et de l'évacuation. Nous publierons désormais notre propre «rapport de radioprotection» qui décrira la situation radiologique à l'intérieur et à l'extérieur des installations nucléaires suisses. Nous étendons le champ du rapport de recherche réalisé jusqu'à présent et le renommons «rapport d'expérience et de recherche». Outre les thèmes sur la recherche de la sécurité, nous mettons en lumière les expériences internationales dans le domaine de la sécurité nucléaire. Le quatrième rapport que nous publierons sera notre propre «rapport d'activité» qui vous informera de la situation financière de la DSN et de l'évaluation intermédiaire des objectifs de notre mandat de prestations. J'espère que la lecture de nos rapports annuels saura vous intéresser.

Les années à venir resteront un défi pour la DSN. Avec une équipe de collaborateurs motivés et engagés, je suis convaincu que nous surmonterons les tâches qui nous attendent. Nous continuerons de nous engager de toutes nos forces en faveur d'une exploitation sûre des installations nucléaires suisses. Nous comptons sur votre confiance, car elle est importante pour notre travail. N'hésitez pas à nous contacter si vous souhaitez en savoir plus, ou consultez notre site Internet à l'adresse www.hsk.ch.

Foreword

The new regulatory framework

The new Nuclear Energy Act (KEG) and the new Nuclear Energy Ordinance (KEV) came into force on 1st February 2005 marking the culmination of decades of work to create a new legislative framework for nuclear energy. A comparison with legislation in other countries shows that the KEG and KEV provide Switzerland with modern legislation covering all important aspects of nuclear activity. Decisions by licensing authorities can now be challenged in the courts by those affected. This brings Switzerland into line with the norm in many other areas both nationally and internationally.

The KEV imposes several new conditions on existing nuclear installations. A range of provisions previously covered only by guidelines are now firmly embedded in the KEV and so are legally binding. These include, for example, the periodic safety review (Art. 34), ageing surveillance (Art. 35), maintenance (Art. 32) and reporting requirements (Articles 37 and 38). Changes have also been made to the permit procedure, in particular with regard to modifications to nuclear facilities that are subject to approval (Art. 40) and the Inspectorate must modify its existing procedures to reflect these changes: approvals will be in the form of Official Orders and will be accompanied by an official notification of the legal remedies available if an Order imposes obligations on the recipient. This shows quite clearly that the new regulatory framework will introduce a greater degree of formality in everyday operations.

Under Article 22 of the KEG, licensees of nuclear facilities are required to conduct systematic security and safety assessments. These assessments are further detailed in Article 33 of the KEV. The licensee must be able to give comprehensive information at any time on plant safety based on verifiable and understandable data and analyses. This is nothing new in principle, but in recent years the annual reports submitted by licensees have tended to concentrate on reporting maintenance improvements and innovations together with details of operating performance. Any assessment of the impact of these measures on nuclear safety has tended to be pushed into the background. The new Article 33 of the KEV is designed to remedy this. As a result, the Inspectorate will need to draft guidelines to give concrete form to the requirement for systematic safety assessments.

As part of Integrated Supervision, the Inspectorate is currently developing its own process for systematic safety assessments based on its own experience and independent data. Central to this process will be a mechanism allowing an overall assessment of the required formal measures to ensure they are safe and to ensure the de facto success of measures once introduced. Account must be taken, therefore, of actual events and findings, inspection data and current safety indicator data together with any associated trends, risk data, the results of in-service inspections and information produced for the periodic reports. In future, the results of these systematic safety assessments will be included in the Inspectorate's Oversight Report.

The KEG and KEV also introduce comprehensive legal conditions/requirements for the disposal of radioactive materials. For example, the procedure to release materials whose radioactivity is below regulatory limits and the procedure for conditioning radioactive waste are specified in Articles 53 and 54 of the KEV. There are also new and important changes to the procedures regulating the design of a geological repository and the primary legislation, i.e. the KEG, also contains various articles in this respect. Article 31 is worthy of particular mention as it makes the producer of radioactive waste responsible for its safe disposal. The location of the geological repository will be decided when the application for a general license is submitted. The decision by the Federal Council requires the approval of both Federal Councils and is subject to an optional referendum (Art. 48 KEG). The KEV specifies further conditions relating to

the geological repository (Articles 62 – 72 KEV): the repository must also include test areas and a pilot facility and will be subject to monitoring for a period of years or decades before being finally sealed. In addition, the storage facility must be designed so that it is possible to recover the waste at any time before it is sealed.

Article 5 of the KEV specifies the procedure for determining a possible site for a geological repository. A «Master Plan for a Geological Repository», compiled in accordance with the provisions of spatial planning legislation is required. In addition, the selection procedure must be transparent. Cantons and people living locally must be brought into the process at an early stage and given an opportunity to voice their concerns. The first phase of the Master Plan procedure will determine the technical safety criteria applicable to site selection, socio-economic and spatial planning aspects and specify the required procedural steps. Potential regions and locations will only be designated after this has been done. The final phase is an application for a general license for a specific location. In each of the phases, there is provision for the participation of cantons, the general public and countries adjacent to the Swiss border. I am convinced that this process will provide a transparent, understandable and robust procedure.

With the introduction of the KEG and the KEV, Switzerland now has in place the main components for full and comprehensive nuclear regulation. However, important steps remain. For example, just in the area of safety, the introduction of the KEG and KEV will necessitate two new Federal Council Ordinances, three Departmental Ordinances and implementing provisions for 20 articles or their revision in full or in part. In addition, several existing ordinances will have to be amended. This will involve the Inspectorate in a considerable volume of additional work in the next years. However, the result will be a better legislative framework to underpin our work, making it much more transparent – an important element of the Integrated oversight. The Inspectorate has been aware for many years that extensive changes to the legislative framework were imminent and it had already revised several important guidelines or issued new ones as part of the move towards a comprehensive regulatory framework. These guidelines have now to be formally adapted to the new law. For example, in the last months we put into force guidelines on ageing surveillance, periodic safety reviews, the organisation of nuclear power plants, digital instrumentation and control requirements, the use of fuel assemblies and control rods and requirements relating to transport and storage casks.

Integrated oversight

Some years ago, in order to ensure that the Inspectorate was properly equipped to discharge its new responsibilities, it documented its operations in a process-oriented management system. The Inspectorate first received ISO 9001:2000 certification in 2001 and was recertified in 2004. We now have a fully computerised management system that facilitates daily operations making them more effective. This system is also an important tool in the ongoing process of improvement. In addition, we have been using FLAG (Management by Objectives and Global Budgeting) parameters for the last year. During 2004, we found that this type of management system provided the skills and flexibility required to manage an organisation such as the Inspectorate effectively and allow us to adapt quickly to a changing environment.

During 2004, as part of the above system of the Integrated oversight, we introduced a structured decision-marking process designed to increase the transparency and balance of decisions taken by the Inspectorate in all its areas of work. The principles underlying this process are based partly on experience gained from the international activities of the Inspectorate. In addition, we introduced a concept for the use of risk data in our regulatory activities and reorganised our inspection work as part of our ongoing work on Integrated Supervision. On some occasions during the year, 50% of the Inspectorate's staff was working on this project.

One result of the Integrated oversight is the oversight report that you now have before you. Article 74 of the KEG requires the relevant authorities to provide the public with regular information on conditions in nuclear facilities and our previous re-

ports already took account of this requirement. However, in the future, we shall provide four separate reports every year, each covering a specific area of our surveillance. The previous Annual Report of the Inspectorate will now take the form of an oversight report on safety and radiation protection in Swiss nuclear facilities. It will describe and assess the main operating events and incidents, the associated remedial and maintenance work, the results of in-service inspections, radiological data, together with emergency exercises and training in the various nuclear facilities. It will also report on transport and disposal activities. In addition, we will publish a «Radiation Protection Report» with details of radiation levels inside and outside Swiss nuclear facilities. We are expanding the previous Research Report and it will now be called the «Research and Experience Report». In addition to topics relating to safety research, we shall also report on the findings of global research in the field of nuclear energy. The fourth report will be a report of activities for the Inspectorate, with details of our financial situation and an interim assessment of the targets set out in the Performance Agreement. I sincerely hope that our annual reports will make interesting reading.

The next few years will remain a challenge for the Inspectorate. However, we have a motivated and committed team and I am convinced that we shall be able to respond to future challenges. We shall continue to give total commitment to efforts to ensure that Swiss nuclear facilities operate safely. Our work requires you to have confidence in us, and if you would like further information, please do not hesitate to contact us or visit our website at www.hsk.ch.

Zusammenfassung und Übersicht

Allgemeines zur Aufgabe der HSK

Die HSK begutachtet und beaufsichtigt in der Schweiz als Aufsichtsbehörde des Bundes die Kernanlagen. Dazu gehören die Kernkraftwerke, die Zwischenlager bei den Werken und das Zentrale Zwischenlager in Würenlingen sowie die nuklearen Einrichtungen am Paul Scherrer Institut (PSI) und an zwei Hochschulen in Basel und Lausanne. Die HSK beurteilt die nukleare Sicherheit in diesen Anlagen. Mittels Inspektionen, Prüfungen und Analysen sowie der Berichterstattung der Anlagebetreiber verschafft sich die HSK den notwendigen Überblick über den sicherheitstechnischen Zustand. 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.

Gemäss dem neuen Kernenergiegesetz, das am 1. Februar 2005 in Kraft getreten ist, ist der Bundesrat für die Erteilung der Rahmenbewilligung zuständig. Für die übrigen Bewilligungen für Kernanlagen ist es das Departement UVEK. Bei seiner Entscheidungsfindung stützt sich die Bewilligungsbehörde im Wesentlichen auf die von der HSK verfassten Gutachten.

Die HSK unterhält eine eigene Notfallorganisation. Sie ist Bestandteil einer landesweiten Notfallorganisation. Diese käme im Fall eines schweren Störfalls in einer schweizerischen Kernanlage zum Einsatz.

Die gesetzliche Basis für die Aufsicht der HSK bilden das Kernenergiegesetz (KEG), die Kernenergieverordnung (KEV), das Strahlenschutzgesetz und die Strahlenschutzverordnung (vgl. Vorwort des Direktors). Gestützt auf diese gesetzlichen Grundlagen erstellt die HSK eigene Richtlinien. Sie formuliert darin die Kriterien, nach denen sie die Tätigkeiten und Vorhaben der Betreiber von Kernanlagen beurteilt. Das bestehende Regelwerk wird kontinuierlich auf seine Aktualität überprüft. Eine tabellarische Übersicht über die Richtlinien der HSK findet sich in der Tabelle 10 des Anhangs dieses Aufsichtsberichts.

Die HSK informiert periodisch über die Belange der nuklearen Sicherheit und des Strahlenschutzes in den 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. Einen grossen Teil ihrer Information veröffentlicht die HSK in ihren jährlichen Berichten, via Medienbulletins und an Veranstaltungen. Diese und weitere Informationen bietet sie zudem im Internet (www.hsk.ch) an.

Jährliche Berichterstattung der HSK

Der vorliegende Aufsichtsbericht der HSK löst die bisherigen Jahresberichte ab. Zudem erweitert die HSK ab dem Berichtsjahr 2004 ihre jährliche Berichterstattung. So wird sie nebst dem Aufsichtsbericht auch einen separaten Strahlenschutzbericht, einen Erfahrungs- und Forschungsbericht sowie einen Geschäftsbericht publizieren. Diese vier Berichte werden künftig jeweils im Frühjahr erscheinen. Die Originalsprache aller Berichte ist Deutsch. Die Vorworte und Zusammenfassungen werden auf Französisch und Englisch übersetzt.

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

Inhalt des vorliegenden Berichts

Die Aufsicht über die Anlagen, den Betrieb, die Arbeiten und insbesondere Revisionsarbeiten der Kernkraftwerke Beznau, Gösgen, Leibstadt und Mühleberg hat die Tätigkeit der HSK im Berichtsjahr schwerpunktmässig bestimmt. Die entsprechenden Informationen finden sich im vorliegenden Aufsichtsbericht in den Kapiteln 1 bis 4.

Kapitel 5 berichtet über das Zentrale Zwischenlager der ZWILAG in Würenlingen. Hier werden nebst der Zwischenlagerung auch radioaktive Abfälle verarbeitet, konditioniert und im Hochtemperaturofen verbrannt respektive eingeschmolzen. Kapitel 6 und 7 behandeln die Aufsicht über die nuklearen Anlagen am Paul Scherrer Institut und die Forschungsreaktoren an der Universität von Basel und der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Lausanne.

Kapitel 8 enthält Informationen zur Aufsicht über die Transporte radioaktiver Stoffe von und zu den Kernanlagen. Kapitel 9 widmet sich den Vorbereitungen zur geologischen Tiefenlagerung der radioaktiven Abfälle.

Beurteilung zu den Kernkraftwerken

Die HSK stellt gesamthaft fest, dass der Zustand aller schweizerischen Kernkraftwerke in Bezug auf die nukleare Sicherheit gut ist. Die Vorschriften wurden im Berichtsjahr eingehalten.

Die Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umwelt via Abwasser und Abluft der Kernkraftwerke, des Zentralen Zwischenlagers der ZWILAG und des PSI lagen auch 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.

Die HSK klassierte gemäss ihren Richtlinien 8 Vorkommnisse (im Vorjahr 14) in den Kernkraftwerken (KKW). Zwei Vorkommnisse ereigneten sich im Block 1 des KKW Beznau, eines in Mühleberg, eines in Gösgen und vier in Leibstadt. Zwei der Vorkommnisse im KKW Leibstadt wurden auf der internationalen Bewertungsskala INES der Stufe 1 zugeordnet (INES-Skala siehe Anhang). Dabei handelt es sich um zwei Fehler, die nach einer Zwischenabstellung beim Wiederanfahren der Anlage Ende Mai 2004 aufgetreten sind. Im einen Fall wurde der Aufheizgradient des Reaktorkühlmittels nicht eingehalten und im andern Fall wurden die Isolationsklappen der Drywelllüftung irrtümlich offen gelassen. Unter den acht Vorkommnissen befinden sich vier Reaktorschnellabschaltungen, zwei im Block 1 des KKW Beznau sowie je eine im KKW Mühleberg und im KKW Leibstadt. Die Sicherheit der Anlagen sowie der Strahlenschutz des Personals und der Bevölkerung waren durch die Vorkommnisse nicht beeinträchtigt.

Die NOK hatte Ende 2002 Unterlagen zur Periodischen Sicherheitsüberprüfung (PSÜ) für den Block 2 des KKW Beznau (KKB) eingereicht. Die PSÜ bildete die technische Grundlage zum Gesuch der NOK um Aufhebung der Befristung der Betriebsbewilligung. Die HSK hat ihre Bewertung dazu im Frühjahr 2004 in einem Gutachten festgehalten. Sie bescheinigt dem KKB eine gute und zuverlässige Betriebsführung; zudem formulierte sie Auflagen für den Weiterbetrieb. Gestützt darauf erteilte der Bundesrat dem KKB am 3. Dezember 2004 die unbefristete Betriebsbewilligung für den Block 2. Eine zweite Stellungnahme der HSK bezog sich auf die PSÜ für den Block 1, der schon seit seiner Betriebsaufnahme 1969 eine unbefristete Betriebsbewilligung hat.

Ein Thema, das alle schweizerischen Kernkraftwerke betrifft, ist das Projekt PEGASOS (Probabilistische Erdbebengefährdungsanalyse für die KKW-Standorte in der Schweiz). Das von der HSK verlangte Projekt wurde im Auftrag der KKW-Betreiber unter Einbezug zahlreicher Wissenschaftler aus dem In- und Ausland durchgeführt und gegen Ende 2004 abgeschlossen. Eine von den Betreibern gegründete Arbeitsgruppe begann im Berichtsjahr damit, sich mit der neuen Erdbebengefährdungsanalyse im Detail auseinanderzusetzen, bevor deren Ergebnisse in den werkspezifischen Sicherheitsanalysen berücksichtigt werden.

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 2004 befanden sich in der Behälterlagerhalle 18 Transport- und Lagerbehälter mit abgebrannten Brennelementen und Glaskokillen und sechs Behälter mit Stilllegungsabfällen aus dem Versuchsatomkraftwerk Lucens. Der Zustand der Lagergebäude und der Heissen Zelle ist im Hinblick auf die nukleare Sicherheit und den Strahlenschutz gut. Die Betriebsführung erfolgt vorschriftsgemäss.

In der Verbrennungs- und Schmelzanlage wurden im Berichtsjahr die zwei ersten Testphasen mit radioaktiven Abfällen durchgeführt. Bei der zweiten Testphase sind betriebliche Störungen aufgetreten, die vor einer nächsten Verbrennungsaktion zu beheben sind.

Die Transporte abgebrannter Brennelemente sowie die Anlieferungen hochaktiver Abfälle und abgebrannter Brennelemente zum Zentralen Zwischenlager wurden ordnungsgemäss und ohne radiologische Verunreinigungen durchgeführt.

Beurteilung zum Paul Scherrer Institut und zu den Forschungsanlagen

Die Nuklearanlagen im Ost-Areal des Paul Scherrer Instituts (PSI), wie z. B. 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 Arbeiten in diesen Kernanlagen werden korrekt und unter Einhaltung der Strahlenschutzvorschriften ausgeführt. Am PSI waren die Jahreskollektivdosen auch in diesem Berichtsjahr tief.

Ein Transport radioaktiver Stoffe von einem Forschungslabor der ETH Zürich zum Hotlabor des PSI wurde im Juni 2004 unsachgemäss durchgeführt, was zu einem klassierten Vorkommnis führte. Das PSI liess den Transport ohne vorgängige Benachrichtigung der Aufsichtsbehörde und ohne Einholung der nötigen atomrechtlichen Bewilligung ausführen. Zudem gab es mehrere Verstösse gegen die Transport- und Gefahrgutvorschriften. Die HSK hat das Vorkommnis der Stufe 2 der internationalen Bewertungsskala INES zugeordnet. Beim Transport kamen keine Personen zu Schaden, doch die Sicherheitsvorsorge war geschwächt.

Transporte radioaktiver Stoffe

Im Berichtsjahr wurden 18 Transporte abgebrannter Brennelemente aus den schweizerischen Kernkraftwerken durchgeführt. Zudem wurde der Castor-Behälter mit den abgebrannten Brennelementen des ehemaligen Diorit-Reaktors vom PSI zur ZWILAG verschoben. Ferner erfolgte eine Rückführung aus Frankreich von verglasten hochaktiven Abfällen aus der Wiederaufarbeitung zur ZWILAG. Alle diese Transporte fanden unter Einhaltung der gefahrgutrechtlichen Grenzwerte und der Strahlenschutzvorgaben statt.

Vorbereitungen zur geologischen Tiefenlagerung

Die behördliche Überprüfung des von der Nagra im Dezember 2002 eingereichten Entsorgungsnachweises für hochaktive und langlebige mittelaktive Abfälle war im Jahre 2004 eine Schwerpunktsaktivität der HSK. Dieses Projekt bezieht sich auf ein Modelllager im Opalinuston des Zürcher Weinlands. Es soll aufzeigen, dass die dauernde, sichere Entsorgung und Endlagerung dieser Kategorien von Abfällen in der Schweiz möglich ist. Die behördliche Überprüfung des Entsorgungsnachweises soll Mitte 2005 abgeschlossen sein. Anlässlich von vier Sitzungen des von der HSK geleiteten Technischen Forums wurden 47 von 53 eingereichten technischen Fragen zum Entsorgungsnachweis zur Zufriedenheit der Fragesteller beantwortet. Informationen dazu finden sich auch im Internet unter www.technischesforum.ch sowie www.entsorgungsnachweis.ch.

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 des centrales nucléaires, des entrepôts situés dans les centrales, de l'entrepôt central pour déchets radioactifs de Würenlingen, ainsi que des installations nucléaires de l'Institut Paul Scherrer (IPS) et de l'université de Bâle et de l'EPFL de Lausanne. La DSN est chargée d'évaluer la sûreté nucléaire dans ces installations. Les inspections, contrôles et analyses, ainsi que les rapports des exploitants permettent à la DSN d'acquérir une vue d'ensemble nécessaire à l'évaluation de l'état de la sûreté des installations. La DSN veille au respect des prescriptions et à la conformité de la gestion de l'exploitation. Ses activités de surveillance s'étendent aussi aux transports de matières radioactives et aux travaux préparatoires en vue du stockage géologique profond des déchets radioactifs.

Conformément à la nouvelle loi sur l'énergie nucléaire, entrée en vigueur le 1er février 2005, le Conseil fédéral est habilité à accorder l'autorisation générale d'exploitation et le DETEC les autres autorisations pour les installations nucléaires. Les décisions de l'autorité concédante se basent essentiellement sur les expertises réalisées par la DSN.

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 base légale de la surveillance de la DSN sont la loi et l'ordonnance sur l'énergie nucléaire, la loi et l'ordonnance sur la radioprotection (cf. préface du directeur). En s'appuyant sur la loi, la DSN élabore des directives. Elle y formule les critères d'après lesquels la DSN évalue les activités et les projets des exploitants des installations nucléaires. L'actualité des réglementations en vigueur fait l'objet de contrôles continus. Un aperçu des directives de la DSN figure dans le tableau 10 de l'annexe du présent rapport de surveillance.

La DSN informe régulièrement sur la sûreté et la radioprotection nucléaires dans les installations nucléaires suisses. Elle s'acquitte de ce devoir d'information tant pour le fonctionnement normal des installations nucléaires suisses qu'en cas d'événements particuliers. Elle s'efforce d'offrir au public une information à la fois correcte, objective et rapide. La DSN publie une grande partie de ses informations dans ses rapports annuels, par le biais des médias ainsi qu'à l'occasion de manifestations publiques. De plus, la DSN offre son information aussi sur son site Internet (www.hsk.ch).

Compte rendu annuel de la DSN

Le présent rapport de surveillance de la DSN prend le relais des précédents rapports annuels. De plus, la DSN élargit dès 2004 le champ de ses rapports annuels. Ainsi, elle publie en plus du rapport de surveillance, un rapport séparé sur la radioprotection, un rapport sur le retour d'expérience et la recherche, ainsi qu'un rapport de gestion. Ces quatre rapports paraîtront désormais au printemps et seront publiés dans leur langue d'origine, l'allemand. Les préfaces et résumés seront traduits en français et en anglais.

Après leur publication, ces quatre rapports pourront également être consultés sur Internet, à l'adresse www.hsk.ch.

Contenu du présent rapport

En 2004, les activités de la DSN ont porté essentiellement sur la surveillance des installations, l'exploitation, les travaux, en particulier les travaux de révision des centrales nucléaires de Beznau, Gösgen, Leibstadt et Mühleberg. Les informations correspondantes figurent aux chapitres 1 à 4 du présent rapport.

Le chapitre 5 est consacré à l'Entrepôt central de ZWILAG à Würenlingen, qui procède non seulement à l'entreposage, mais aussi au traitement et au conditionnement des déchets radioactifs, ainsi qu'à leur incinération et leur fusion dans un four à température élevée.

Les chapitres 6 et 7 traitent des activités de surveillance que la DSN exerce pour les installations nucléaires de l'Institut Paul Scherrer et pour les réacteurs de recherche de l'Université de Bâle et de l'EPFL de Lausanne.

Le chapitre 8 donne des informations quant à la surveillance des transports de matières radioactives en provenance et à destination des installations nucléaires. Le chapitre 9 rapporte quant à lui les mesures préparatoires en vue du stockage géologique profond des déchets radioactifs.

Evaluation des centrales nucléaires

La DSN constate dans l'ensemble le bon état de toutes les centrales nucléaires suisses au niveau de la sûreté nucléaire. Les prescriptions ont été respectées en 2004.
Les rejets de substances radioactives dans l'environnement via les eaux usées et l'air d'évacuation des centrales nucléaires, de l'Entrepôt central de ZWILAG et de l'IPS, se sont révélés, en 2004 aussi, largement inférieurs aux valeurs limites fixées dans les autorisations. De même pour les personnes vivant au voisinage immédiat d'une installation, la dose maximale calculée due à ces rejets correspond à moins de 1% de la radio-exposition annuelle naturelle.
Conformément à ses directives, la DSN a notifié huit événements (14 l'année précédente) survenus dans les centrales nucléaires (CN). Deux d'entre eux sont survenus dans la tranche 1 de la CN de Beznau, un à Mühleberg, un à Gösgen et quatre à Leibstadt. Deux des événements survenus dans la CN de Leibstadt ont été classés au niveau 1 de l'échelle internationale de gravité des événements (échelle INES, voir annexe). Il s'agit de deux incidents survenus fin mai 2004, au redémarrage de l'installation suivant un arrêt temporaire. Lors du premier, le gradient d'échauffement du caloporteur n'avait pas été respecté, lors du second, les vannes d'isolation de la ventilation du drywell étaient restées ouvertes par erreur. Quatre des huit événements consistent dans des arrêts automatiques du réacteur, dont deux dans la tranche 1 de la CN de Beznau, un dans la CN de Mühleberg et un dans la CN de Leibstadt. Ces événements n'ont remis en cause ni la sûreté des installations, ni la radioprotection du personnel exploitant et de la population.
Fin 2002, les NOK avaient présenté les documents relatifs au réexamen périodique de sûreté (RPS) de la tranche 2 de la CN de Beznau (KKB). Le RPS a constitué la base technique de la demande des NOK de supprimer les limites imposées à l'autorisation d'exploitation. La DSN a évalué le RPS dans un rapport d'expertise publié au printemps 2004. Elle y atteste de la qualité et de la fiabilité de l'exploitation de KKB et formule des exigences concernant son exploitation future. Le 3 décembre 2004, le Conseil fédéral a octroyé à la CN de Beznau une autorisation d'exploitation illimitée pour la tranche 2. Une deuxième prise de position de la DSN a concerné le RPS de la tranche 1 qui dispose d'une autorisation d'exploitation illimitée depuis le début de son exploitation en 1969.
Un thème qui concerne toutes les centrales nucléaires suisses, est le projet PEGASOS (Probabilistische Erdbebengefährdungsanalyse für die KKW-Standorte in der Schweiz). Ce projet exigé par la DSN a été mis en œuvre sur mandat des exploitants des centrales nucléaires avec la participation de nombreux scientifiques suisses et étrangers et achevé vers la fin 2004. Un groupe de travail mis en place par les exploitants a commencé dans l'exercice sous revue à traiter la nouvelle analyse du danger sismique dans le détail, avant que ses résultats ne soient pris en considération dans les analyses de sûreté.

Evaluation de l'entrepôt central de Würenlingen

L'Entrepôt central de ZWILAG à Würenlingen comprend plusieurs halles d'entreposage, une installation de conditionnement, ainsi qu'une station d'incinération et de fusion. Les halles d'entreposage sont opérationnelles depuis 2001. Fin 2004, la grande halle abritait 18 conteneurs de transport et d'entreposage remplis d'assemblages combustibles usés et de coquilles de verre en plus des six conteneurs de déchets de démantèlement provenant de la centrale nucléaire expérimentale de Lucens. Du point de vue de la sûreté et de la radioprotection nucléaires, l'état des halles de stockage et de la cellule chaude peut être qualifié de bon. La gestion de l'exploitation est conforme aux prescriptions en vigueur.
Les deux premières phases d'essai avec déchets radioactifs ont eu lieu en 2004 dans la station d'incinération et de fusion. Des pannes d'exploitation sont intervenues au cours de la deuxième phase d'essai; il s'agit d'y remédier avant une prochaine campagne d'incinération.
Les transports d'assemblages combustibles usés ainsi que les livraisons de déchets de haute activité et d'assemblages combustibles usés à l'Entrepôt central ont été réalisés conformément aux prescriptions et sans contamination radiologique.

Evaluation de l'Institut Paul Scherrer et des installations de recherche

Les installations nucléaires présentes sur le 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 réalisés dans ces installations nucléaires ont été exécutés correctement et dans le respect des prescriptions en vigueur pour la radioprotection. A l'IPS, les doses collectives annuelles de 2004 étaient basses.
En juin 2004, un transport de matières radioactives entre un laboratoire de recherche de l'EPF de Zurich et le laboratoire chaud de l'IPS a été réalisé de manière inappropriée, entraînant une notification de l'événement. L'IPS a procédé au transport sans en informer au préalable l'autorité de surveillance et sans avoir obtenu l'autorisation requise par la loi sur l'énergie atomique. Par ailleurs, les prescriptions en vigueur en matière de transport de marchandises dangereuses ont été enfreintes en plusieurs points. La DSN a classé l'événement au niveau 2 de l'échelle internationale de gravité des événements INES. Il n'y a pas eu de dommages aux personnes pendant le transport, mais la prévoyance en matière de sécurité a été sérieusement négligée.

Transports de matières radioactives

Pendant l'année 2004, 18 transports d'assemblages combustibles usés ont eu lieu au départ des centrales nucléaires suisses. De plus, le conteneur Castor avec les assemblages combustibles usés de l'ancien réacteur Diorit a été déplacé de l'IPS à ZWILAG. Par ailleurs, un rapatriement de déchets de haute activité vitrifiés provenant du retraitement en France a été effectué vers le ZWILAG. Tous ces transports se sont déroulés dans le respect des valeurs limites en vigueur en matière de transport de marchandises dangereuses et de protection contre le rayonnement.

Travaux préparatoires en vue du stockage géologique profond

En 2004, une des activités principales de la DSN a été de vérifier la démonstration de faisabilité du stockage géologique pour déchets de haute activité et déchets de moyenne activité à vie longue, présentée par la Nagra en décembre 2002. Ce projet concerne un dépôt modèle dans les argiles à Opalinus du Zürcher Weinland. Il doit démontrer que l'évacuation durable et sûre ainsi que le stockage final de ces catégories de déchets sont possibles en Suisse. La vérification de la démonstration de faisabilité du stockage géologique par les autorités doit être terminée mi-2005. A l'occasion de quatre séances du Forum Technique dirigé par la DSN, 47 des 53 questions techniques posées à propos de la démonstration de faisabilité du stockage géologique ont trouvé une réponse satisfaisante.

Des informations à ce sujet figurent aussi sur Internet aux adresses suivantes: www.technischesforum.ch et www.entsorgungsnachweis.ch.

Summary and overview

General comments on the work of the Inspectorate (HSK)

As a regulatory body for the Swiss Federation, the Inspectorate assesses and monitors Swiss nuclear installations, which include the nuclear power plants, the on-site 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 judges the nuclear safety of these installations and facilities. With the aid of inspections, examinations and analyses together with reports from operators, the Inspectorate obtains an overview of the nuclear safety. The Inspectorate monitors the installations to ensure compliance with regulations and also that operations are conducted in accordance with the legal framework. Its supervisory function also includes the transport of radioactive materials and preparations for a geological repository for radioactive waste.

Under the new nuclear energy legislation, which took effect on 1st February 2005, the Federal Council is responsible for granting general licenses and UVEK, the Swiss Federal Department for the Environment, Transport, Energy and Communications is responsible for other licensing procedures associated with nuclear facilities. Decisions by the licensing authorities on whether to grant licenses are based primarily on reports compiled by the Inspectorate.

The Inspectorate maintains its own emergency organisation. It is an integral part of the national emergency structure and would be activated in the event of a severe accident in a Swiss nuclear installation.

The new KEG [Nuclear Energy Act], the KEV [Nuclear Energy Ordinance], the Radiological Protection Law and the Radiological Protection Ordinance form the legal basis for the oversight activities of the Inspectorate (see Preface by Director). Based on these legal legislations, the Inspectorate creates and issues its own Guidelines. The Inspectorate formulates therein the criteria by which it judges the current and future work of the operators of the operating nuclear installations. The existing regulatory framework is reviewed regularly to ensure it remains current. A full list of guidelines published by the Inspectorate is shown in Table 10, as an Appendix to this Oversight Report.

The Inspectorate issues regular information on issues relating to nuclear safety and radiological protection in Swiss nuclear facilities. Its responsibilities in this respect cover both normal operations and any incident occurring in a Swiss nuclear facility. It seeks to provide the public with accurate, timely, transparent and understandable information. This information is distributed primarily through the annual reports, the media and at public events. The information is also available on the Internet (www.hsk.ch).

Annual Reporting by the Inspectorate

This Oversight Report replaces the previous Annual Report of the Inspectorate. In addition, the scope of its annual report has been extended and from 2004 the Inspectorate will produce not only an Oversight Report, but also a separate Radiological Protection Report, Research and Experience Report and a Business Report. In future, these four reports will be published in the spring. The original language for all reports is German, but prefaces and summaries will be available in French and English.

After publication, the four reports will also be available on the Internet at www.hsk.ch.

Content of this report

During 2004, the Inspectorate concentrated its activities primarily on monitoring the operations and work, particularly maintenance work, of the nuclear power plants of Beznau, Gösgen, Leibstadt and Mühleberg. The information relating to these activities is contained in Chapters 1 4 of this Oversight Report.

Chapter 5 deals with the Central Interim Storage Facility, «ZWILAG» at Würenlingen. In addition to providing interim storage, ZWILAG also processes, conditions and then incinerates or melts radioactive waste in high-temperature furnaces.

Chapters 6 and 7 deal with the oversight of the nuclear facilities at the Paul Scherrer Institute, and

the research reactors at the University of Basel and the Federal Institute of Technology in Lausanne.
Chapter 8 contains information on the Inspectorate's oversight of the transport of radioactive materials from and to nuclear facilities. Chapter 9 deals with preparations for a geological repository for radioactive waste.

Assessment of the nuclear power plants

Overall, the Inspectorate found that nuclear safety in all Swiss nuclear power plants was good. During the year under review, there was compliance with the regulations.
During 2004, the release of radioactive materials into the environment via wastewater and exhaust air from nuclear power plants, the Central Interim Storage Facility and PSI was once again well below official limits. Even for individuals living in the immediate vicinity of a plant, the maximum dose was less than 1% of natural annual exposure to radiation.
During 2004, the Inspectorate recorded a total of 8 (14 in 2003) incidents at nuclear power plants classifiable under the system laid down in its own guidelines. Two incidents occurred in Unit 1 at Beznau, one at Mühleberg, one at Gösgen and four at Leibstadt. Two of the Leibstadt incidents were classed as Level 1 on the International Nuclear Event Scale (INES) (see appendix) and were the result of errors during a system restart at the end of May after a temporary shutdown. In the first instance, the heat-up rate for the reactor coolant was exceeded and in the second, isolation valves on the drywell ventilation system were left open in error. Four of the eight incidents resulted in a scram, of which two were at Unit 1 at Beznau, one at Mühleberg and one at Leibstadt. None of the incidents impaired plant safety or the protection of staff and public from radiation.
A theme concerning all Swiss nuclear power plants is the project with the German acronym PEGASOS (Probabilistische Erdbebengefährdungsanalyse für die KKW-Standorte in der Schweiz). The Inspectorate required this project and numerous national and international scientists carried out the work on behalf of the operators. PEGASOS was completed at the end of 2004. An operator's group started to study the seismic hazard analysis in detail before the results will be considered in the plant-specific safety analyses.
At the end of 2002, NOK, the North-East Switzerland Power Company submitted the documents required for the Periodic Safety Review (PSR) of Unit 2 at Beznau. For NOK, the PSR formed the technical evidence required to support its application for a lifting of the temporary nature of its operating license. The Inspectorate published its safety evaluation report (SER) early in 2004. It confirmed that operating conditions at the plant were good and reliable; it also laid down the conditions for its future operation. On 3rd December 2004, the Federal Council granted Unit 2 at Beznau an indefinite operating license. A second report by the Inspectorate dealt with the PSR for Unit 1 for which an indefinite operating license had been granted when it started operations in 1969.

Assessment of the Central Interim Storage Facility Würenlingen

The Central Interim Storage Facility of 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 2004, the cask storage hall contained 18 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. In terms of nuclear safety and radiological protection, the Inspectorate confirms that the storage halls and hot cell are in a good condition and that operations complied with regulations.
During 2004, the incineration/melting plant completed the first two tests phases using radioactive waste. Operating problems arose during the second test phase and these will have to be remedied before the next incineration process.
The transport of spent fuel assemblies and the delivery of high-level waste and spent fuel assemblies to the Central Interim Storage Facility were carried out correctly without any radiological contamination.

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 the oversight of the Inspectorate. Work at these nuclear facilities was

carried out correctly in compliance with radiological protection regulations. The annual collective doses at PSI remained low in 2004.
In June 2004, a consignment of radioactive material from a research laboratory at ETH, the Swiss Technical University in Zurich to the hot laboratory at PSI breached transport regulations resulting in a classifiable incident. PSI had allowed the consignment to be transported without giving prior notification to the regulatory authority and without obtaining the licence required under nuclear legislation. In addition, there were several breaches of regulations governing the transport of hazardous materials. The Inspectorate classified the incident as Level 2 on the International Nuclear Evaluation Scale (INES). Although nobody was injured, safety was put at risk.

Transport of radioactive material

During 2004, there were 18 transports of spent fuel assemblies from Swiss nuclear power plants. In addition, Castor casks containing spent fuel assembles from the former Diorit reactor of PSI were transported to ZWILAG. In addition, vitrified high-level waste was transported to ZWILAG on its return from France after reprocessing. All transports complied with the limits specified in regulations governing the transport of hazardous materials and radiological protection.

Preparations for a geological repository

An important element of the Inspectorate's work during 2004 was the official evaluation of the proof-of-disposal evidence submitted by Nagra in December 2002 for high-level and long-lived medium-level waste. The project in question is a demonstration storage facility in the Opalinus clay in the Zurich Weinland. It is designed to show that it is possible to provide permanent and secure disposal and final storage in Switzerland for these categories of waste. The official evaluation of the proof-of-disposal evidence must be completed by mid 2005. During the year, the Technical Forum chaired by the Inspectorate held 4 sessions and 47 of the 53 technical questions raised with regard to proof-of-disposal have now been resolved to the satisfaction of those who had asked the questions. Information on this project is also available on the Internet at www.technischesforum.ch and www.entsorgungsnachweis.ch.

Ab dem Berichtsjahr 2004 erweitert die HSK ihre Berichterstattung auf vier Berichte.

Organigramm
Januar 2005

Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK)

Direktor: U. Schmocker, Dr. | 1. Stv.: H. Pfeiffer, Dr. | 2. Stv.: G. Schwarz, Dr.

Direktionssekretariat
Fr. A. R. Schneider

Sonderaufgaben
vakant

Abteilung Aufsichtssteuerung, Support & Kommunikation (ASKO)

Abteilungschef: G. Schwarz, Dr.

Q-Leitung
Fr. E. Askitoglu, Dr.

Sektion Ressourcen & Logistik (REL)
- Sektionschef: J. C. Veyre
- Finanzen und Controlling: Fr. M. Schwammberger
- Personal: Fr. S. Segat
- Informatik und Logistik: Chef: P. Schmid

Sektion Koordination der Aufsicht & Inspektionswesen (KAI)
Sektionschef: J. Huser

Sektion Information, Sicherheitsforschung & Internationales (ISI)
- Sektionschef: P. Meyer
- Information: Chef: A. Treier

Abteilung Sicherheit von Transport & Entsorgung (SITE)

Abteilungschef: A. Zurkinden, Dr.

Sektion Geologische Tiefenlagerung (GEL)
Sektionschef: J. Vigfusson, Dr.

Sektion Transporte und Abfalltechnik (TAT)
Sektionschef: A. Zurkinden, Dr.

Abteilung Reaktorsicherheit (RES)

Abteilungschef: W. van Doesburg, Dr.

Sekretariat

Sektion Elektro- & Leittechnik (ELT)
Sektionschef: A. Turrian

Sektion Maschinen- & Bautechnik (MBT)
Sektionschef: W. Pauli

Sektion Probab. Sicherheitsanalyse & Accid.-Management (PSA)
Sektionschef: G. Schoen, Dr.

Sektion Reaktor-, Brennstoff- & Systemtechnik (RBS)
Sektionschef: A. Badur

Sekretariat

Abteilung Strahlenschutz Notfallplanung & Organisation (SANO)

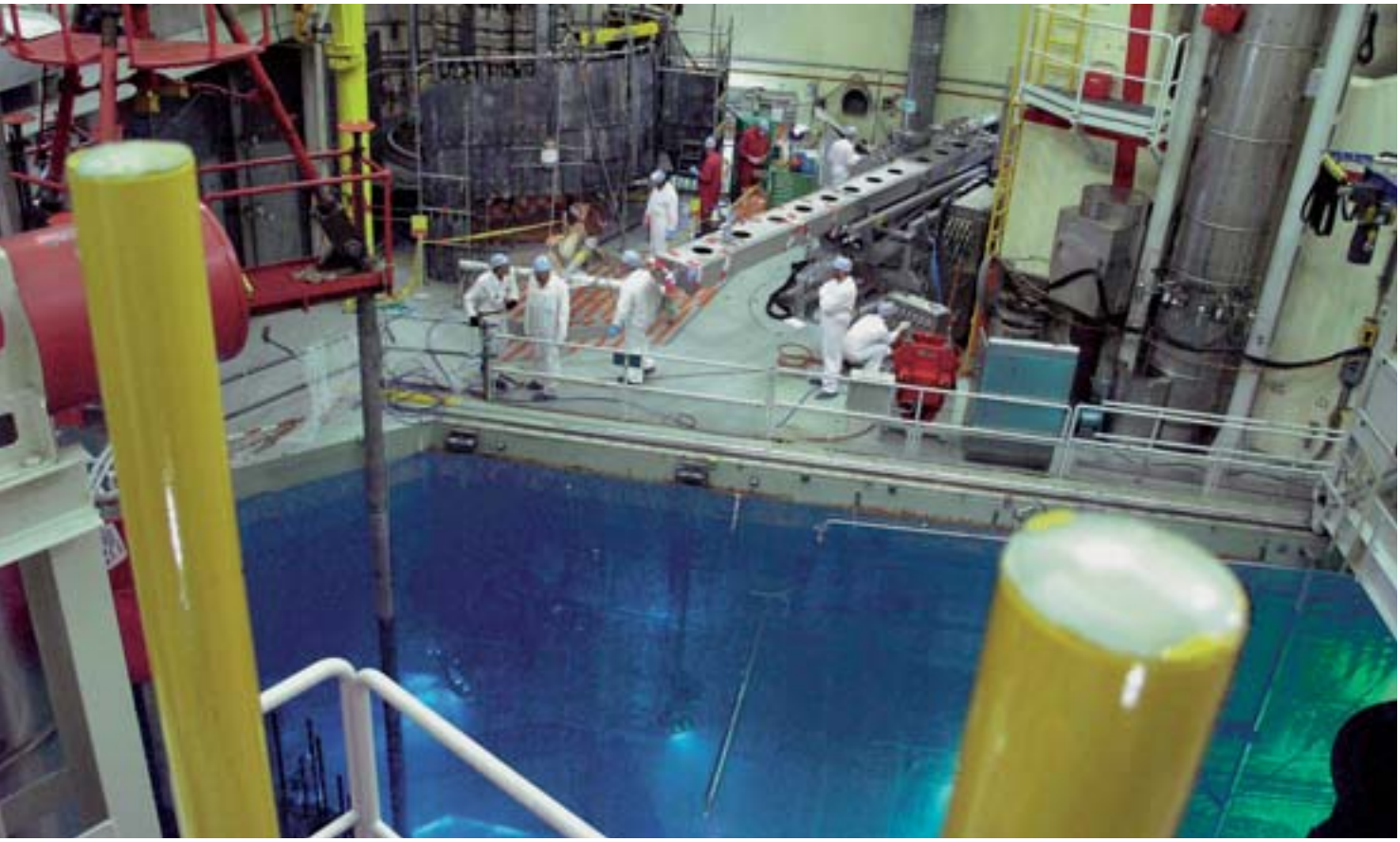
Abteilungschef: H. Pfeiffer, Dr.

Sektion Strahlen-Messtechnik & Radioökologie (MER)
Sektionschef: F. Cartier, Dr.

Sektion Mensch, Organisation & Sicherheitskultur (MOS)
Sektionschef: A. Frischknecht, Dr.

Sektion Radiologischer Arbeitsschutz (RAS)
Sektionschef: J. Hammer, Dr.

Sektion Störausfallwirkung & Notfallschutz (SUN)
Sektionschef: M. Baggenstos



Eine Prüfung am Reaktordruckbehälter wird vorbereitet.
Foto: KKB

1. Kernkraftwerk Beznau

1.1 Betriebsdaten und Betriebsergebnisse

Das Kernkraftwerk Beznau (KKB) der Nordostschweizerischen Kraftwerke (NOK) umfasst zwei weitgehend identische Zwei-Loop-Druckwasserreaktor-Blöcke (KKB 1 und KKB 2), die im Jahre 1969 bzw. 1971 den Betrieb aufnahmen. Die elektrische Nettoleistung beträgt in beiden Blöcken 365 MW. Weitere Daten sind in den Tabellen 1a und 1b im Anhang zusammengestellt; Figur 9a zeigt das Funktionsschema einer Druckwasserreaktoranlage. Die Blöcke KKB 1 und KKB 2 erreichten im Jahr 2004 eine Arbeitsausnutzung[1] von 87,5 % bzw. 96,7 % und eine Zeitverfügbarkeit[2] von 88,3 % bzw. 97,3 %, wobei der unproduktive Anteil jeweils im Wesentlichen auf den Revisionsstillstand zurückzuführen ist.

Die Zeitverfügbarkeiten und die Arbeitsausnutzungen der letzten 10 Jahre sind in Figur 1 dargestellt. Im Block 1 dauerte der Revisionsstillstand zur Durchführung des Brennelementwechsels und der Instandhaltungsarbeiten insgesamt 42 Tage. Dabei wurden Verbesserungen und Erneuerungen an Komponenten und Einrichtungen vorgenommen.
Im Block 2 fand eine Kurzabstellung statt. Sie diente primär dem Brennelementwechsel und dauerte 10 Tage.
Im Block 1 erfolgten im Berichtsjahr zwei ungeplante Reaktorschnellabschaltungen: Das erste Mal infolge von Erschütterungen bei Gerüstarbeiten im Maschinenhaus bei 95 % Leistung und das zweite Mal infolge einer Störung eines Hauptspeisewasserventils während des Hochfahrens nach dem Revisionsstillstand bei 14 % Leistung. Ausserdem waren eine störungsbedingte und zwei

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

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

Revision an einer Hochdruckturbine.
Foto: KKB

geplante Lastreduktionen (Tests) zu verzeichnen.
Am 2. Mai 2004 führte eine Störung in der Kondensatablaufregelung eines Vorwärmers zur automatischen Abschaltung der zugehörigen Turbogruppe, was auslegungsgemäss eine Leistungsreduktion auf 50 % Nennleistung zur Folge hatte.
Im Anschluss an das Wiederanfahren nach dem Revisionsstillstand wurden für den Nachweis der korrekten Funktion der erneuerten Turbinensteuerung und -regelung diverse Tests, darunter auch zwei Lastreduktionen, durchgeführt. Alle Tests verliefen erfolgreich und haben gezeigt, dass die neue Turbinenleittechnik ihre Aufgaben auslegungsgemäss erfüllt.
Im Block 2 erfolgten im Berichtsjahr keine Reaktorschnellabschaltungen.
Die ausgekoppelte Wärme für das regionale Fernwärmenetz (REFUNA) belief sich im Jahr 2004 auf insgesamt 163 GWh_{th}.

1.2 Anlagensicherheit

1.2.1 Vorkommnisse

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

Im Block 1 wurden zwei Vorkommnisse der Klasse B gemäss HSK-Richtlinie R-15 und der Stufe 0 der internationalen Bewertungsskala INES (siehe Anhang Tabelle 4) zugeordnet:

- Eine Woche vor dem geplanten Revisionsstillstand kam es in Block 1 auf Grund des Ausfalls einer der beiden Speisewasserpumpen zu einer automatischen Reaktorschnellabschaltung. Die Anlage befand sich bei 95 % Leistung. Die automatische Umschaltung auf die Reservepumpe konnte nicht erfolgen, da jene Pumpe bereits zur Revision freigeschaltet war. Die Abschaltung der Pumpe konnte auf Erschütterungen infolge Gerüstarbeiten im Maschinenhaus zurückgeführt werden. Durch diese Erschütterungen sprach ein Differenzdrucküberwachungsgerät kurzzeitig an. Dadurch wurde die laufende Speisewasserpumpe abgeschaltet. Als Massnahme wird der Ersatz dieses Geräts durch einen geeigneteren Typ geprüft. Zudem muss künftig vertiefter abgeklärt werden, wo Gerüstarbeiten bei laufender Anlage vorgenommen werden können.
- Einen Schwerpunkt des diesjährigen Revisionsstillstandes bildete der Ersatz der Turbinenleittechnik und der Turbinenüberwachung (siehe Kap. 1.2.3). Das Wiederanfahren der Anlage war daher von umfangreichen Prüfungen der neuen Leittechnik begleitet. Bei einer dieser Prüfungen bewirkte ein klemmender Kolben im Positioner des Hauptspeisewasserventiles A bei Schwachlast mit einer Turbogruppe (ca. 14 % Leistung) einen plötzlichen Abfall der Speisewassermenge zum Dampferzeuger B und ein Absinken des Füllstandes in diesem Dampferzeuger. Bei Erreichen des 5 % Niveaus wurde eine automatische Reaktorschnellabschaltung ausgelöst. Der fehlerhafte Teil im Positioner des Hauptspeisewasserventils wurde ersetzt. Der anschliessende Funktionstest war erfolgreich.

Das erste Vorkommnis in Block 1 lässt sich auf einen arbeitsorganisatorischen Mangel zurückführen. Beim zweiten Vorkommnis waren technische Mängel ausschlaggebend.
Im Block 2 ereignete sich in diesem Jahr kein Vorkommnis der Klasse B gemäss R-15 und der Stufe 0 der internationalen Bewertungsskala INES.

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

1.2.2 Arbeiten während der Stillstände zum Brennelementwechsel

Im Revisionsstillstand des Blocks 1 vom 29. Mai 2004 bis zum 09. Juli 2004 wurden Routinetätigkeiten wie Brennelementwechsel, Inspektionen von mechanischen und elektrischen 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. 1.2.3).

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

- Der Reaktorkühlkreislauf wurde einer wiederkehrenden Druckprüfung unterzogen. Dabei wurde er mit einem Druck von 214 bar belastet. Die Prüfung war ohne Befund.
- Der Zustand des Reaktordruckbehälters (RDB) wurde eingehend untersucht. Am Reaktordruckbehälterdeckel fanden Ultraschallprüfungen der Deckelschweissnähte und verschiedene Sichtprüfungen mit und ohne Deckelisolation statt. 12 Sacklochgewinde des RDB-Flansches wurden mit einer qualifizierten Wirbelstromtechnik geprüft. Schweissnähte und weitere ausgewählte Bereiche des RDB-Unterteils wurden mithilfe eines erstmalig im KKB eingesetzten Manipulators mit Ultraschall geprüft und mit einem Kamerasystem inspiziert. Bei den Prüfungen wurden keine unzulässigen Werkstofffehler gefunden.
- Die Dichtheit der Stahldruckschale wurde mit dem alle 10 Jahre stattfindenden integralen Leckratentest überprüft. Die ermittelte Leckrate lag deutlich unterhalb der spezifizierten Leckrate.
- Im Rahmen des Alterungsüberwachungsprogrammes wurde der Zustand der Stahldruckschale im betonüberdeckten Teil unterhalb des Ringraumbodens einer erneuten Sonderprüfung unterzogen. Veranlassung waren die Ergebnisse einer Sonderprüfung im Jahr 2002, bei der Korrosionsschäden an der Aussenseite der Stahldruckschale festgestellt wurden. Die Inspektion, die auch Ultraschall-Wandstärkemessungen umfasste, ergab ein ähnliches Bild wie 2002. Die durchgeführte Spannungsanalyse zeigt, dass die Integrität der Stahldruckschale trotz der festgestellten Schwächung weiterhin gewährleistet ist.

Die gemäss den Wiederholungsprüfprogrammen und zugehörigen Vorschriften durchgeführten Prüfungen und Funktionskontrollen an elektrischen Ausrüstungen ergaben durchwegs gute Ergebnisse. Nennenswert sind insbesondere die Diagnose und Kontrolle der Schutzeinstellungen an Motorantrieben, die Kapazitätsprüfung der Notstrombatterien sowie die Integraltests des Reaktorschutz- und Regelsystems und des Notstandschutzsystems.

Wichtige präventive bzw. zustandsorientierte Instandhaltungsarbeiten waren: Die Behebung einer geringen inneren Leckage an den Magnetventilen der Reaktordruckbehälter-Entlüftung, der Austausch eines beschädigten Kompensators einer Containment-Durchführung, der Ersatz der Stromwandler in der 6-kV-Eigenbedarfsanlage sowie die Kontrolle von Leistungsschaltern. Zudem wurden – als Massnahme des Alterungsüberwachungsprogrammes – die bisherigen Kabel der Motorantriebe der Sumpfrezirkulationspumpen im Containment durch eine komplett neue Verkabelung ersetzt.

Veränderungen oder Mängel, die die sichere Funktion von Komponenten und Systemen gefährden könnten, wurden nicht festgestellt.

Block 2 wurde wie geplant am 31. Juli 2004 vom Netz getrennt und für den dritten Kurzstillstand abgestellt. Die Abstellung dauerte 10 Tage und diente primär dem Brennelementwechsel. Die übrigen Arbeiten konzentrierten sich hauptsächlich auf die System- und Komponententests beim Abstellen sowie beim Wiederanfahren der Anlage. Grössere Instandsetzungsarbeiten und Anlagenänderungen wurden nicht durchgeführt. Nennenswert sind die ausserordentlichen Instandhaltungsarbeiten an den Steuerungen für die Umfor-

mer zu den Regelstabantrieben und an den Schaltern für die Reaktorschnellabschaltung (Trip-Breaker).

Bei den Wiederholungsprüfungen sind die Dichtheitsprüfungen an den Containment-Isolationsarmaturen sowie die visuelle Inspektion am Reaktordruckbehälterdeckel hervorzuheben. Die Deckeldurchführungen, die Regelstabantriebsgehäuse sowie die Isolation wurden innerhalb der Ventilationsverschalung visuell auf Borsäureablagerungen inspiziert. Zudem wurde im Rahmen des Alterungsüberwachungsprogramms auch der Raum unterhalb des Reaktordruckbehälters inspiziert und Proben vom Isolationsmaterial bei den Bodendurchführungen entnommen. Erwähnenswerte Veränderungen oder Mängel, die die sichere Funktion von Komponenten und Systemen gefährden könnten, wurden nicht festgestellt.

1.2.3 Anlagenänderungen

Im Block 1 sind im Berichtsjahr folgende Anlagenänderungen durchgeführt worden:

- Analog zum Block 2 (im Jahre 2003) wurden nun auch im Block 1 die elektrisch beheizten Wasserstoff-(H_2-)Rekombinatoren durch 7 passive autokatalytische Rekombinatoren ersetzt. Die Rekombinatoren haben die Aufgabe, die bei schweren Störfällen freigesetzten brennbaren Gase (Wasserstoff und Kohlenmonoxid) zu Wasserdampf respektive Kohlendioxid zu oxidieren. Die katalytische Reaktion in den passiven Rekombinatoren startet bereits bei geringen H_2-Konzentrationen selbsttätig. Die Kapazität der Rekombinatoren ist so ausgelegt, dass die bei einem schweren Unfall in das Containment freigesetzte Menge brennbarer Gase stets unterhalb des Wertes gehalten wird, bei dem eine Gefährdung des Containments durch Verbrennungsvorgänge zu erwarten ist.
- Einen weiteren Schwerpunkt der diesjährigen Revisionsabstellung bildete die Modernisierung der Sekundärleittechnik, d. h. der Ersatz der Regelung, des Schutzes und der Steuerung der beiden Dampfturbogruppen. Hervorzuheben sind dabei der Ersatz der mechanischen Überdrehzahlgeber durch einen 3-kanaligen, elektronischen Überdrehzahlschutz, der Ersatz der konventionellen Bedienung der Turbogruppe durch eine moderne Bildschirmsteuerung sowie die redundant ausgeführte elektronische Regelung. Neben der Sekundärleittechnik wurde auch die Turbinenüberwachung durch ein dem heutigen Stand der Technik entsprechendes System ersetzt. Mit diesem System werden die Schwingungen und Dehnungen der Turbogruppe sowie die Ölversorgung und die Temperatur der Turbinenlager überwacht. Die neue Anlage verbessert einerseits die Überwachung der Turbogruppen und ermöglicht zudem eine genauere Analyse bei vom Normalbetrieb abweichenden Betriebszuständen. Die HSK hat die Montage und die Inbetriebsetzung der neuen leittechnischen Einrichtungen der Turbinenanlage eingehend inspiziert und mitverfolgt.
- Die Abdichtung der Haupt- und Notschleuse zwischen der Innenseite des Reaktorgebäudes und der Aussenseite der Schleusenzylinder erfolgt durch eine Doppelprofilgummidichtung. Da der Ersatz dieser 30-jährigen Dichtung schwierig ist, wurde (wie bereits im Jahr 2003 im Block 2) eine neue Dichtung, in Serie zur bestehenden, eingebaut.
- Zur schnellen Erkennung bzw. Lokalisierung allfälliger Leckagen der Frischdampf- und Speisewasserleitungen im Ringraum wurden Isolationskassetten mit darin installierten Sensorkabeln an den betreffenden Rohrleitungen montiert und getestet. Die Inbetriebnahme des neuen Leckageerkennungssystems erfolgt im Sommer 2005 in beiden Blöcken.
- Anlässlich der Revisionsabstellung im Jahr 2002 wurden die Doppelrückschlagklappen des Ringraum-Rückpumpsystems erstmals als Containment-Isolationsarmaturen geprüft. Die grösste gemessene Einzelleckage überstieg damals die administrativ festgelegte Limite um ein Mehrfaches. Die Summe aller lokalen Leckraten lag aber noch deutlich unter dem zulässigen Grenzwert gemäss Technischer Spezifikation. Während der Revisionsabstellung 2004 wurden diese Rückschlagklappen durch neue, getrennte Rückschlagklappen ersetzt. Die neuen Armaturen werden von unten angeströmt. Die Rohrleitungsführung musste entsprechend geändert werden. Die Basisprüfung bestätigte die geforderte Dichtheit.
- Im Reaktorschutz- und Regelsystem wurde ein Teil der Einstellwerte geändert und die Software aktualisiert.
- Um durch Blitzschlag mögliche induzierte Überspannungen in den leittechnischen Verbindungen zwischen Notstandgebäude und Nebengebäuderäumen zu verhindern, wurden die betroffenen Leitungen in der Halonzone und im Hauptkommandoraum mittels Überspannungsableitern geschützt. Die so beschal-

teten Signalkreise wurden anschliessend auf korrekte Funktion überprüft.

- Die Ertüchtigung des Brandschutzes der Sekundäranlage wurde teilweise auch während des Leistungsbetriebs fortgesetzt. Insbesondere wurden die Schaumlöschanlage und die Sprühflutanlage ertüchtigt und in Betrieb genommen. Während des Stillstands wurden Auslösungen der neuen Löschanlagen und Rückmeldungen vor Ort und im Kommandoraum sowie Kontrollmessungen anhand neu erstellter Prüfvorschriften erfolgreich durchgeführt.
- Im Chemie- und Volumenregelsystem wurde die ladewasserseitige Druckabsicherung des Regenerativwärmetauschers durch den Einbau eines neuen separaten Sicherheitsventils verbessert. Im Zuge dieser Arbeiten wurde das Entleerungsventil aus Strahlenschutzgründen an die Aussenwand des Wärmetauscherraumes verlegt.
- Im Bereich einiger Containment-Durchführungen wurden neue Entlastungsarmaturen zum Ringraum eingebaut und in Betrieb genommen. Die Entlastungsarmaturen sind so beschaffen, dass sie nach einer Containment-Isolation geschlossen werden. Allfällige Leckagen in den Spülluftleitungen können nun über neue Verbindungsleitungen der Containment-Druckentlastung zugeführt und von dort gefiltert über den Kamin abgegeben werden. Damit wird bei Störfällen ein Druckaufbau im Ringraum sowie eine unkontrollierte Aktivitätsabgabe aus dem Ringraum nach Aussen verhindert.

Im Block 2 wurden während des Kurzstillstandes nur wenige Anlagenänderungen durchgeführt:

- Die Doppelrückschlagklappen des Ringraum-Rückpumpsystems wurden wegen ungenügender Dichtheit durch jeweils zwei einzelne Rückschlagventile ersetzt (analog Block 1).
- Die Steuerluft-Kompressoren werden durch das Zwischenkühlsystem gekühlt. Um auch in einem Hitzesommer eine optimale Kühlung der Steuerluft-Kompressoren gewährleisten zu können, wurde als zusätzliche Kühlmöglichkeit ein Anschluss an das Trinkwassersystem installiert, sodass bei sehr hohen Aussentemperaturen auf diese Kühlmöglichkeit umgeschaltet werden kann.
- Im Bereich des Reaktordruckbehälter-Pedestals wurde eine Rückschlagklappe ausgebaut und durch einen Einlauftrichter ersetzt. Dadurch wird sichergestellt, dass nach einem Kühlmittelverluststörfall beim Fluten des Containments ungehindert Wasser in den Bereich unterhalb des Reaktordruckbehälters fliessen kann.

Die HSK hat die Durchführung dieser Anlagenänderungen im Rahmen ihrer Aufsichtstätigkeit verfolgt und sich von der korrekten Umsetzung überzeugt.

1.2.4 Brennelemente und Steuerstäbe

Bei beiden Blöcken gab es im Berichtszeitraum keine Defekte an den je 121 Brennelementen.

Während des Brennelementwechsels von Block 1 wurden dem Kern 24 neue Uranoxid-Brennelemente aus wiederaufgearbeitetem, angereichertem Uran (Enriched Uranium Product, EUP) zugeladen. Der Reaktorkern von Block 1 enthält im Betriebszyklus 2004/05 insgesamt 32 Uran/Plutonium-Mischoxid-Brennelemente (MOX-Brennelemente).

Während des Revisionsstillstands in Block 2 wurden 16 Brennelemente durch neue Uranoxid-(EUP-) Brennelemente ersetzt. Der Reaktorkern von Block 2 enthält im Betriebszyklus 2004/05 insgesamt 20 MOX-Brennelemente.

Die HSK hat sich davon überzeugt, dass die in beiden Blöcken nachgeladenen Brennelemente den Qualitätsanforderungen für einen sicheren Betrieb entsprechen.

Entsprechend den langfristigen Steuerstab-Inspektionsprogrammen für beide Blöcke war im Berichtszeitraum die Wirbelstromprüfung sämtlicher Steuerstäbe von Block 1 fällig. Die Prüfung ergab, dass sich nach einer Einsatzdauer von 12 bis 16 Jahren alle Stäbe in einem guten Zustand befinden und somit weiter eingesetzt werden können.

1.2.5 Gutachten und Stellungnahme zu den PSÜ

Die HSK hat die von der Nordostschweizerischen Kraftwerke AG (NOK) Ende 2002 eingereichten Unterlagen zur Periodischen Sicherheitsüberprüfung (PSÜ) für den Block 2 überprüft und ihre Bewertung dazu im Frühjahr 2004 in einem Gutachten festgehalten. Die PSÜ bildete die technische Grundlage zum Gesuch der NOK um Aufhebung der Befristung der Betriebsbewilligung. Die HSK kam in ihrem Gutachten zum Schluss, dass das Kernkraftwerk Beznau 2 die Voraussetzungen für den weiteren sicheren Betrieb erfüllt und keine Einwände gegen die Aufhebung der Befristung

bestehen. Gestützt auf dieses Gutachten und die Stellungnahme der Eidgenössischen Kommission für die Sicherheit von Kernanlagen (KSA) erteilte der Bundesrat am 3. Dezember 2004 die unbefristete Betriebsbewilligung für den Block 2. Darin formulierte er 13 Auflagen.

Zur weiteren Verbesserung der Sicherheit und Zuverlässigkeit der Anlage wies die HSK in ihrem Gutachten auf verschiedene Massnahmen hin, die zu prüfen oder durchzuführen sind. Diese werden von der HSK als Pendenzen behandelt. Forderungen mit grundsätzlichem Charakter schlugen die HSK und die KSA als Auflagen vor.

Insgesamt wurden 13 Auflagen und 44 Pendenzen sowie 14 weitere Forderungen formuliert. Einige dieser Auflagen sind laufend einzuhalten oder periodisch zu erfüllen. Die Auflagen und Pendenzen aus dem HSK-Gutachten zum Block 2 gelten vollumfänglich auch für den Block 1. Eine Auflage und 29 Pendenzen bzw. Forderungen wurden von der HSK mit einem Fälligkeitstermin vor Ende 2004 versehen. Die Bearbeitung verlief zufriedenstellend. Bis Ende 2004 konnte die HSK bei knapp der Hälfte dieser Forderungen deren Erfüllung bestätigen. Bei den restlichen, mit Ausnahme einiger weniger, bei denen KKB um einen Terminaufschub gebeten hat, wurden die verlangten Nachweise bzw. Untersuchungen durchgeführt und die Unterlagen an die HSK eingereicht. Die Prüfung dieser Unterlagen ist seitens der HSK noch in Arbeit.

Eine zweite Stellungnahme der HSK bezog sich auf die PSÜ für den baugleichen Block 1, der schon seit seiner Betriebsaufnahme 1969 eine unbefristete Betriebsbewilligung hat. Auch hier kommt die HSK zum Schluss, dass ein hohes Mass an technischer und organisatorischer Sicherheitsvorsorge getroffen ist, dass die Anlage in den vergangenen Jahren zuverlässig betrieben wurde und die Voraussetzungen für einen sicheren Weiterbetrieb gegeben sind. Bedingt durch blockspezifische Besonderheiten sind für Block 1 vier zusätzliche Verbesserungsmassnahmen umzusetzen.

Der Betreiber hat in den letzten zehn Jahren in beiden Blöcken eine Reihe von Nachrüstungen und Verbesserungen durchgeführt, die der Anlagensicherheit dienen. Dazu zählen unter anderem die Einführung und Umsetzung des Alterungsüberwachungsprogramms, die Umgestaltung beider Kommandoräume, die Erneuerung und Erweiterung der elektrischen Eigenbedarfsanlagen, der Einbau des Notspeisewassersystems, der Ersatz des Reaktorschutz- und Regelsystems, die Erneuerung der gesicherten Stromversorgung in beiden Blöcken sowie die Sanierung des Hydrokraftwerkes. Weitere bedeutende Aktionen waren in den 90er-Jahren der Austausch der Dampferzeuger, der Austausch der Hochdruckturbinen und die Neuberohrung der Kondensatoren.

1.3 Strahlenschutz

Im Kalenderjahr 2004 wurden im KKB folgende Kollektivdosen ermittelt:

Aktionen	KKB 1	KKB 2	KKB 1 und 2
Revisionsstillstand	443 Pers.-mSv	68 Pers.-mSv	511 Pers.-mSv
Leistungsbetrieb	53 Pers.-mSv	54 Pers.-mSv	107 Pers.-mSv
Jahreskollektivdosis	496 Pers.-mSv	122 Pers.-mSv	618 Pers.-mSv

Im Jahr 2004 wurden, wie in den Vorjahren, in den beiden Blöcken des KKB niedrige Kollektivdosen verzeichnet. Die höchste im KKB registrierte Individualdosis betrug 9,2 mSv. Es traten weder unzulässige Personenkontaminationen noch Inkorporationen auf.

Das Abfahren des Blocks 1 zur geplanten Revisionsabstellung wurde ohne Hinweise auf Brennelementschäden durchgeführt. Während der Revision wurde eine Kollektivdosis von 443 Pers.-mSv akkumuliert; geplant waren 342 Pers.-mSv. Die Differenz wurde mit einem kleinen Planungsfehler, vermehrten Werkstoffprüfungen, zu optimistisch eingeschätzte Arbeitsdistanz zur Strahlenquelle und der verlängerten Revisionsdauer begründet. Die HSK konnte die vom KKB vorgebrachten Gründe nachvollziehen.

Im Block 2 der Anlage Beznau wurde im Berichtsjahr ein Brennelementwechsel durchgeführt. Die Arbeiten führten zu einer Kollektivdosis von 68 Pers.-mSv; geplant waren 80 Pers.-mSv. Dank der guten Durchführung der Revisionsarbeiten wurde die Planungsdosis unterschritten. Der radiologische Zustand in den aktiven Systemen und damit auch in den kontrollierten Zonen des Blocks 2 war dank des schadensfreien Brennstoffes sehr gut.

Die HSK überzeugte sich bei mehreren Inspektionen, dass in beiden Anlagen des KKB ein moderner und guter Strahlenschutz betrieben wird.

Die radioaktiven Abgaben über die Abluft in Form von Aerosolen, Iod und Edelgasen lagen deutlich unterhalb der in der Betriebsbewilligung festge-

legten 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 etwa 16% des Jahresgrenzwerts.

Aus den tatsächlich über die Abluft und das Abwasser abgegebenen radioaktiven Stoffen wird die Jahresdosis für Einzelpersonen der Bevölkerung in der Umgebung des KKB unter ungünstigen Annahmen berechnet. Sie liegt bei ca. 0,0013 mSv für Erwachsene und 0,0021 mSv für Kleinkinder und 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 über der Untergrundstrahlung. Bei den quartalsweise von der HSK zur Kontrolle durchgeführten Messungen an der Umzäunung des KKB wurden ebenfalls keine signifikanten Erhöhungen festgestellt. Die nach Art. 102 Absatz 3 der Strahlenschutzverordnung anzuwendenden Immissionsgrenzwerte für die Direktstrahlung ausserhalb des Betriebsareals von 1 mSv pro Jahr für Wohn-, Aufenthalts- und Arbeitsräume und von 5 mSv pro Jahr für andere Bereiche wurden eingehalten.

Für detailliertere Angaben zur radiologischen Situation innerhalb und ausserhalb der Anlage Beznau wird auf den Strahlenschutzbericht 2004 der HSK verwiesen.

1.4 Radioaktive Abfälle

Radioaktive Rohabfälle fallen im KKB regelmässig aus den Wasserreinigungssystemen sowie der Abgas- und Fortluftreinigung an. Weitere Quellen sind der Austausch von Komponenten bei Instandhaltungs-, Umbau- oder Nachrüstmassnahmen sowie die bei allen vorgenannten Arbeiten anfallenden Verbrauchsmaterialien (Schutzkleider, Wischtücher, Folien, etc.). Der Anfall an radioaktiven Rohabfällen (vgl. Tabellen 8 und 9) war zwar im Berichtsjahr etwas höher als im vergangenen Jahr; er bewegt sich aber im Rahmen des mehrjährigen Mittelwertes und ist im internationalen Vergleich mit ähnlichen Anlagen auf einem niedrigen Niveau.

Die radioaktiven Rohabfälle werden gesammelt, kampagnenweise konditioniert und 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 Räumlichkeiten der kontrollierten Zone aufbewahrt. Die brenn- und schmelzbaren Abfälle wurden für die Behandlung im Plasmaofen der ZWILAG vorbereitet und warten auf ihren Abtransport.

Als Konditionierungsverfahren kommen im KKB die Einbindung von Harzen in Polystyrol sowie die Zementierung von Schlämmen zum Einsatz. Für alle bisherigen Verfahren liegen die gemäss der HSK-Richtlinie R-14 erforderlichen Typenfreigaben der HSK vor. Für die Einbindung von Harzen in Polystyrol wurde die Spezifikation im Jahre 2004 vom KKB revidiert und nach erfolgter Prüfung von der HSK freigegeben. Anlass hierfür war die Inbetriebnahme einer neuen Konditionierungsanlage. Mit dieser Anlage kann die Verarbeitung der Harze nun ohne Störung anderer betrieblicher Vorgänge und aus Sicht des Strahlenschutzes deutlich optimiert erfolgen. Wegen der veränderten geometrischen Verhältnisse in den hergestellten Abfallgebinden mussten, nach einer ersten aktiven Charge, die chemischen Mischungsverhältnisse für die Polymerisationsreaktion angepasst werden. Weitere Konditionierungsarbeiten grösseren Umfangs wurden im 2004 nicht durchgeführt.

Die konditionierten Abfallgebinde werden routinemässig in die werkseigenen Zwischenlager (Rückstandslager und SAA-Halle des ZWIBEZ) eingelagert. Alle Abfälle sind in einem für die schweizerischen Kernanlagen gleichen elektronischen Buchführungssystem erfasst, sodass alle wichtigen Informationen über Menge, Lagerort und radiologische Eigenschaften jederzeit verfügbar sind.

Im Sinne der Minimierung radioaktiver Abfälle wurden im 2004 aus dem KKB rund 15 t Metalle, Bauschutt und Flüssigkeiten gemäss den Vorgaben der HSK-Richtlinie R-13 freigemessen.

1.5 Notfallbereitschaft

Die Notfallorganisation KKB ist für die Bekämpfung aller Notfälle innerhalb des Werkareals zuständig. Mit einer zweckmässige Führungsorganisation, geeigneten Führungsprozessen und angepassten Führungseinrichtungen, zusammen mit

einer optimalen Auslegung der Anlage, haben die Werke die Notfallbereitschaft auf hohem Niveau sicherzustellen.

Die HSK hat im März an der Stabsnotfallübung «Tension» den Bereich der Stabsarbeit beobachtet und beurteilt. Die HSK hat festgestellt, dass die angestrebten Übungsziele mit der vollständigen Identifizierung und Ausschöpfung der Möglichkeiten zur Überführung der Anlage in einen langfristig sicheren Zustand erreicht worden sind.

Das im Rahmen eines Vorkommnisses im KKB an einem Sonntag erlassene Aufgebot eines grossen Teils der Notfallorganisation einschliesslich des Notfallstabs anerkannte die HSK auf Gesuch hin und gestützt auf die detaillierte Auswertung als Alarmierungsnotfallübung 2004.

Die Inspektion der Bereitschaft der Notfallkommunikationsmittel zu externen Stellen hat gezeigt, dass die KKB-Einrichtungen einsatzbereit sind und in den inspizierten Punkten mit den Vorgaben übereinstimmen.

1.6 Probabilistische Sicherheitsanalyse und Accident Management

Mit der Probabilistischen Sicherheitsanalyse (PSA) werden schwere Unfälle analysiert und deren Konsequenzen bewertet. Als schwerer Unfall wird ein Störfall bezeichnet, bei dem der Reaktorkern nicht mehr gekühlt werden kann und in der Folge zu schmelzen beginnt. Erst ein schwerer Unfall kann dazu führen, dass grosse Mengen radioaktiver Stoffe in die Umgebung des KKW freigesetzt werden. Schwere Unfälle sind äusserst unwahrscheinlich und setzen den Ausfall zahlreicher Sicherheitseinrichtungen voraus. Im Jahr 2004 wurden im Zusammenhang mit der werkspezifischen, regelmässig zu aktualisierenden PSA und im Bereich Accident Management im Wesentlichen folgende Arbeiten durchgeführt:

- Als Teil der Periodischen Sicherheitsüberprüfung 2002 (PSÜ) hatte der Betreiber des Kernkraftwerks Beznau (KKB) der HSK eine überarbeitete PSA-Studie (Beznau-PSA) vorgelegt, die sowohl den Volllast- und Schwachlastbetrieb als auch den Anlagenstillstand umfasst. Die Beznau-PSA bezieht sich vornehmlich auf den Block 2 des Kraftwerks und zeigt auf, dass dieser Block ein im internationalen Vergleich hohes Sicherheitsniveau aufweist. Die HSK kam bei ihrer unabhängigen Überprüfung im Jahr 2003 zu dem Ergebnis, dass die Beznau-PSA das Anlagenverhalten des Blocks 2 bei schweren Unfällen plausibel und umfassend abbildet. Die KKB-Blöcke 1 und 2 sind fast baugleich. Die für den Block 1 im Jahr 2004 im Rahmen der PSÜ durchgeführte Bewertung der PSA konzentrierte sich deshalb darauf, inwieweit die Resultate der Beznau-PSA und die vorliegenden Prüfergebnisse der HSK auf den Block 1 übertragbar sind. Insgesamt gesehen kommt die HSK zu dem Ergebnis, dass die anlagentechnischen Unterschiede zwischen den Blöcken 1 und 2 aus risikotechnischer Sicht kaum ins Gewicht fallen. Die Übertragbarkeit der Beznau-PSA auf den Block 1 ist von KKB für einzelne Punkte jedoch noch umfassender darzulegen.
- Auf Grund der von der HSK aus der Überprüfung der PSA-Studien abgeleiteten PSÜ-Pendenzen wurden von KKB im Jahr 2004 u. a. eine neue Arbeitsvorschrift erstellt sowie einzelne Notfallvorschriften verfeinert und ergänzt. Die entsprechenden Pendenzen wurden von der HSK mehrheitlich geschlossen.
- KKB setzte seine Arbeiten zur seismischen Ertüchtigung der Anlage fort. Der Umfang der angestrebten und z. T. schon realisierten Nachrüstungen basiert auf Erkenntnissen aus der Beznau-PSA. Ziel der Arbeiten ist es, Auslegungsdefizite abzubauen und den seismischen Risikobeitrag weiter zu reduzieren.
- Die Arbeiten zur Einführung von «Severe Accident Management Guidance» (SAMG) wurden fortgeführt. SAMG dient der systematischen Bewältigung bzw. Milderung der Auswirkungen von schweren Unfällen unter Berücksichtigung des Standes von Wissenschaft und Technik. Mit SAMG wird das vorhandene System von Stör- und Notfallvorschriften erweitert auf Unfälle mit einem stark beschädigten Kern. Es ist das Ziel von SAMG, einen Kernschmelzvorgang 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 Volllastbetrieb, sondern auch für den Anlagenstillstand geht die Schweiz über den internationalen Stand von Wissenschaft und Technik hinaus. Die SAMG für den Volllastbetrieb sind bei KKB seit längerer Zeit implementiert und die Anwendbarkeit ist im Rahmen zweier Notfallübungen seitens der HSK überprüft worden. Zudem sind die SAMG für den Volllastbetrieb in der PSA der Stufe 2 berücksichtigt. Im Jahr 2004 begann KKB mit der Entwicklung von SAMG für den Anlagenstillstand.

(links)
Unterhaltsarbeiten an Sicherheitsventilen im Dampfkreislauf.

(rechts)
Enge Arbeitsverhältnisse im Maschinenhaus.
Fotos: KKB

- Bei einem Störfall in Block 1 oder 2 des KKB werden der HSK alle zwei Minuten 26 relevante Anlagenparameter (ANPA) via eigenes Übermittlungsnetz zugestellt. Die ANPA-Werte werden in der HSK vom ADAM-System («Accident Diagnostics, Analysis and Management») verarbeitet. Das Programm bereitet die ANPA-Werte grafisch so auf, dass sich der Pikettingenieur der HSK im Einsatzfall rasch über den Ablauf und das Ausmass des Störfalls ins Bild setzen kann. Ausserdem können mit ADAM Simulationen zu einer Vielzahl interessierender Störfälle durchgeführt werden. Im Jahr 2004 konnte ADAM seine hohe Zuverlässigkeit im Onlinemodus auch für KKB unter Beweis stellen. Ferner wurde ADAM für die HSK-interne Schulung im Bereich der Reaktorsicherheit und für die Überprüfung KKB-spezifischer thermohydraulischer Analysen genutzt.

Bei der in den Jahren 2003 und 2004 im Rahmen der Bewertung der PSÜ durchgeführten detaillierten Überprüfung der Beznau-PSA konnte die HSK für beide KKB-Blöcke ein im internationalen Vergleich hohes Sicherheitsniveau bescheinigen. Bei dieser Überprüfung, bei welcher die HSK auch ihr eigenes werkspezifisches PSA-Modell einsetzte, wurden ferner die Risikoprofile beider KKB-Blöcke als jeweils weitgehend ausgeglichen beurteilt, d.h. keiner der analysierten Unfälle trug übermässig zum Anlagenrisiko bei. Durch die im Jahr 2004 durchgeführten Anlagenänderungen wurde das hohe Sicherheitsniveau des KKB weiter verbessert.

1.7 Personal und Organisation

1.7.1 Organisation und Betriebsführung

Im April 2004 hat NOK die beiden Brennstoffabteilungen von KKL und KKB in einer einzigen Ab-

teilung KN vereinigt. KN ist in Baden stationiert und führt für beide Werke die Brennstoffverwaltung durch von der Uranbeschaffung, über die Kernauslegung bis zur Brennstoffherstellung und die Lieferung ins Werk, welches dann die Verantwortung für Lagerung und Einsatz gemäss Einsatzplan übernimmt. Im Weiteren ist die Brennstoffabteilung auch zuständig für den Abtransport und die weitere Bewirtschaftung des Brennstoffs bis zur Entsorgung. Durch die Zusammenlegung der beiden Abteilungen lassen sich Synergien in der Brennstoffbewirtschaftung nutzen.

Die interne Organisation des KKB wurde im Berichtsjahr nicht verändert. Ende 2004 beschäftigte das KKB 499 Personen (2003: 497).

Prüfungen am Reaktordruckbehälter.
Foto KKB

Im Berichtsjahr hat KKB mit grossem Aufwand die Ausbildung der Prozessverantwortlichen in der Anwendung des 2003 eingeführten integrierten Management-Systems (IMS) weitergeführt. Zudem hat KKB das IMS um den Bereich «Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz» erweitert und von der SQS (Schweizerische Vereinigung für Qualitäts- und Managementsysteme) das entsprechende Zertifikat nach OHSAS 18001 erhalten.

«SAFE» ist ein Programm, welches KKB seit etwa zehn Jahren systematisch zur Entwicklung der Sicherheitskultur einsetzt. Im Rahmen von SAFE wird in verschiedenen Aktionen und Workshops das Sicherheitsbewusstsein der Belegschaft angesprochen und gefördert. Im Berichtsjahr hat KKB eine Arbeitsgruppe beauftragt, das Konzept von SAFE zu hinterfragen und das Programm auf seine Wirksamkeit zu überprüfen.

Schon früher hat KKB interne Workshops zum Umgang mit der Aufsichtsbehörde organisiert. Diese dienen dazu, den Mitarbeitenden die Rolle der Aufsichtsbehörde, deren Aufgaben und Zielsetzungen näher zu bringen. Sie tragen auch dazu bei, dass die Mitarbeitenden im Umgang mit der Behörde Verständnis für deren Anliegen entwickeln. Im Berichtsjahr wurden ähnliche Workshops für das Schichtpersonal organisiert.

KKB hat die WANO (World Association of Nuclear Operators) eingeladen, das Werk einer so genannten WANO-Peer-Review zu unterziehen. Peer-Reviews sind vergleichbar mit den von der IAEA organisierten OSART-Missionen, welche in allen schweizerischen Werken schon durchgeführt worden sind (KKB 1995, OSART-Follow-Up 1998). Im Unterschied zu OSART-Missionen werden die Resultate von WANO-Peer-Reviews nicht veröffentlicht. Dies bewirkt, dass die Mitarbeitenden des untersuchten Werks sich offener und freier in den Diskussionen und Interviews äussern können. In der Peer-Review im KKB haben 20 Experten, davon 19 Mitarbeitende ausländischer Kernkraftwerke, vom 1. November bis 19. November 2004 die Arbeitsweise des KKB in verschiedenen Bereichen des KKB überprüft. Die aus Beobachtungen, Interviews und durch Dokumenteneinsicht gewonnenen Erkenntnisse hat das Team verwendet, um daraus Empfehlungen für KKB abzuleiten. KKB sieht vor, die WANO zu einer Follow-Up-Review einzuladen. Die HSK begrüsst es, wenn die Kernkraftwerke sich solchen externen Beurteilungen unterziehen. Die Sicht von aussen und die Diskussion mit Fachexperten aus anderen Kernkraftwerken geben wertvolle Anregungen zu Verbesserungen.

1.7.2 Personal und Ausbildung

3 KKB-Mitarbeiter bestanden im Berichtsjahr die Abschlussprüfung der kerntechnischen Grundlagenausbildung an der PSI-Technikerschule, welche eine Voraussetzung bildet für die spätere Lizenzierung als Reaktoroperateur. Die HSK nahm an diesen Prüfungen teil. Ebenfalls unter Aufsicht der HSK wurden 6 Reaktoroperateure, 1 Schichtchef und 2 Pikettingenieure lizenziert. 1 Schichtchef-Anwärter genügte den strengen Anforderungen nicht. Lizenzprüfungen 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 lizenzpflichtigen Betriebspersonals richtet sich nach der Richtlinie HSK-R-27. Auf Grund des Kernenergiegesetzes soll diese noch im Jahr 2005 durch eine Verordnung des Bundesrates ersetzt werden, welche die Anforderungen an das Personal und dessen Aus- und Weiterbildung neu regelt. Die Anzahl lizenzierter Personen ist in Tabelle 2 zusammengestellt.

Die HSK inspizierte die Ausbildung des Betriebspersonals und beurteilte insbesondere den Umfang und die thematische Breite der Anlagenoperateur-Wiederholungsschulung sehr positiv.

Das KKB hatte 1987 als erstes Kernkraftwerk der Schweiz einen eigenen Kompaktsimulator zur Ausbildung des Betriebspersonals in Betrieb genommen. Im Unterschied zu einem Full-Scope-Simulator ist beim Kompaktsimulator der Kommandoraum sehr reduziert abgebildet, weshalb sich dieses Ausbildungsgerät vor allem für das Einzeltraining, aber weniger für die Ausbildung ganzer Schichtgruppen eignet. Deshalb hat das KKB bisher das Teamtraining für das lizenzierte Betriebspersonal an einem Full-Scope-Simulator in den USA durchgeführt, dessen Bedienungsoberfläche jedoch den KKB-Kommandoräumen nur teilweise entspricht. In den letzten Jahren hat das KKB deshalb die Anforderungen an einen Simulator festgelegt, welcher die trainingsrelevanten Systeme und die Kommandoräume wirklichkeitsgetreu abbildet. Im Berichtsjahr hat das KKB, wie von der HSK auf Grund der Periodischen Sicherheitsüberprüfung gefordert, den Auftrag zur Erstellung eines kraftwerkseigenen Full-Scope-Simulators erteilt. KKB-Mitarbeiter sind an der Entwicklung und Erstellung beteiligt. Er soll ab 2007 für die Schulung des Personals eingesetzt werden. Um die Möglichkeiten des neuen Simulators zu nutzen, muss das KKB weitere Simulator-Trainer ausbilden.

1.8 Gesamtbeurteilung

Der Zustand der Anlage Beznau in Bezug auf die nukleare Sicherheit und den Strahlenschutz sowie die Betriebsführung ist gut.

Im Berichtsjahr waren zwei klassierte Vorkommnisse zu verzeichnen. Das erste Vorkommnis im Block 1 war auf einen arbeitsorganisatorischen Mangel zurückzuführen. Beim zweiten Vorkommnis waren technische Mängel ausschlaggebend. Die Sicherheit der Anlage sowie der Strahlenschutz des Personals und der Bevölkerung waren durch die Vorkommnisse nicht beeinträchtigt. Die HSK hat die vom KKB getroffenen Sofortmassnahmen, die durchgeführten Abklärungen und die vorgesehenen weiteren Massnahmen geprüft und als zweckmässig befunden.

Im Block 1 dauerte der Revisionsstillstand zur Durchführung des Brennelementwechsels und der Instandhaltungsarbeiten insgesamt 42 Tage. Dabei wurden verschiedene Verbesserungen und Erneuerungen an sicherheitsrelevanten Komponenten und Einrichtungen vorgenommen. Die gemäss den Wiederholungsprüfprogrammen und zugehörigen Vorschriften durchgeführten Prüfungen und Funktionskontrollen an elektrischen Ausrüstungen ergaben in beiden Blöcken durchwegs gute Ergebnisse. Unter anderem wurden die Turbinenleittechnik (Regelung, Schutz und Steuerung) und die Turbinenüberwachung ersetzt, einschliesslich der Bedienungseinrichtungen im Hauptkommandoraum. Hervorzuheben ist ferner der Einbau von sieben passiven autokatalytischen Wasserstoff-Rekombinatoren. Mit Hilfe der Rekombinatoren wird der bei schweren Unfällen entstehende zündfähige Wasserstoff zu ungefährlichem Wasserdampf oxidiert. Der Reaktordruckbehälter und seine Einbauten wurden umfangreichen wiederkehrenden zerstörungsfreien Prüfungen unterzogen. Insbesondere fanden Ultraschallprüfungen an den Schweissnähten des Reaktordruckbehälters und dessen Deckel sowie an ausgewählten Bereichen der RDB-Stutzen statt. Die visuellen Prüfungen der Einbauten des Reaktordruckbehälters erfolgten mit speziellen Unterwasserkameras. Der nukleare Kühlkreislauf (Primärkreislauf) wurde einer wiederholten Druckprüfung unterzogen und die integrale Dichtheit der Stahldruckschale (Primär-Containment) einschliesslich deren Durchdringungen umfassend geprüft.

Im Block 2 fand, wie erstmals im Jahr 2000, eine Kurzabstellung statt. Sie diente primär dem Brennelementwechsel und dauerte 10 Tage. Erwähnenswert ist der Ersatz der Doppelrückschlagklappen des Ringraum-Rückpumpsystems wegen ungenügender Dichtheit durch jeweils zwei einzelne Rückschlagventile. Ansonsten wurden keine nennenswerte Verbesserungen und Erneuerungen an sicherheitsbestimmenden Komponenten und Einrichtungen vorgenommen.

Im Rahmen ihrer Aufsichtstätigkeit führte die HSK während des Berichtsjahres zahlreiche Aufsichts- und Fachgespräche sowie rund 65 Inspektionen durch. Schwerpunkte waren dabei der Betrieb, der Strahlenschutz, die Wartungsarbeiten und die Erneuerungsarbeiten im Block 1. Die Ergebnisse der Inspektionen wurden dem Betreiber mitgeteilt, und die erforderlichen Verbesserungsmassnahmen wurden durch ihn umgesetzt. Die HSK hat keine sicherheitstechnischen Defizite festgestellt, die den sicheren Betrieb der Anlage in Frage gestellt hätten.

Die HSK hat die von der Nordostschweizerischen Kraftwerke AG (NOK) Ende 2002 eingereichten Unterlagen zur Periodischen Sicherheitsüberprüfung (PSÜ) für den Block 2 des KKW Beznau (KKB) überprüft und ihre Bewertung dazu im Frühjahr 2004 in einem Gutachten festgehalten. Die HSK kam in ihrem Gutachten zum Schluss, dass das Kernkraftwerk Beznau 2 die Voraussetzungen für den weiteren sicheren Betrieb erfüllt. Gestützt auf dieses Gutachten sowie weitere Beurteilungen erteilte der Bundesrat der NOK am 3. Dezember 2004 die unbefristete Betriebsbewilligung für den Block 2. Zur weiteren Verbesserung der Sicherheit und Zuverlässigkeit der Anlage hat die HSK in ihrem Gutachten verschiedene Forderungen formuliert. Die Abarbeitung dieser Forderungen durch das KKB verläuft zufriedenstellend. Eine zweite Stellungnahme der HSK bezog sich auf die PSÜ für den Block 1, der schon seit seiner Betriebsaufnahme 1969 eine unbefristete Betriebsbewilligung hat. Auch hier kommt die HSK zum Schluss, dass ein hohes Mass an technischer und organisatorischer Sicherheitsvorsorge getroffen ist, dass die Anlage in den vergangenen Jahren zuverlässig betrieben wurde und die Voraussetzungen für einen sicheren Weiterbetrieb des Blocks 1 gegeben sind.

Aus Sicht des operationellen Strahlenschutzes wurden die Routinearbeiten und die Arbeiten im Rahmen der sicherheitstechnisch vorgeschriebenen Wiederholungsprüfungen erfolgreich durchgeführt. Die Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umgebung lagen deutlich unterhalb der behördlich festgelegten Grenzwerte. Damit ergab sich im Vergleich zur natürlich auftretenden Strahlenexposition nur eine unbedeutende Strahlendosis für die Bevölkerung.

Der Anfall an radioaktiven Rohabfällen bewegte sich im Berichtsjahr in der Schwankungsbreite des mehrjährigen Mittelwertes. Der Bestand an unkonditionierten Abfällen ist im KKB sehr gering und wird in dafür vorgesehenen Räumlichkeiten der kontrollierten Zone aufbewahrt. Die radioaktiven Rohabfälle wurden ordnungsgemäss gesammelt, kampagnenweise konditioniert und zwischengelagert.

Sowohl bei der Stabsnotfallübung als auch bei der Alarmierungsnotfallübung erreichten der Notfallstab und die Notfallequipen die gesetzten Ziele.

Das KKB weist gemäss den Ergebnissen seiner werkspezifischen Probabilistischen Sicherheitsanalyse (PSA) ein im internationalen Vergleich hohes Sicherheitsniveau aus, und das Risikoprofil ist weitgehend ausgeglichen. Durch die im Jahr 2004 durchgeführten Anlageänderungen wurde das hohe Sicherheitsniveau des KKB weiter verbessert.

Die HSK konnte feststellen, dass das KKB das Managementsystem sorgfältig pflegt und weiterentwickelt. Es wird von den Mitarbeitenden bei ihrer täglichen Arbeit angewendet und ist damit ein wirksames Instrument zur Sicherstellung der korrekten Abwicklung und Kontrolle aller Prozesse im Werk.

Die Tatsache, dass KKB die Wirksamkeit der Massnahmen zur Entwicklung der Sicherheitskultur hinterfrägt, wie auch die Einladung an externe Experten (WANO) die eigene Arbeitsweise zu überprüfen, zeigen die Offenheit des KKB gegenüber Verbesserungen im organisatorischen Bereich und die hohe Bedeutung, welche diesem Aspekt beigemessen wird.

Die Vorarbeiten des KKB für die Erstellung eines Full-Scope-Simulators am Standort Beznau laufen planmässig. Gut ausgebildetes Personal, welches vertraut ist mit dem Verhalten der Anlage ist eine wichtige Voraussetzung für einen sicheren Betrieb.

Die Organisation und das Qualitätsmanagement des KKB bilden geeignete Voraussetzungen für den sicheren Betrieb der Anlage. Eine hohe Arbeitsausnutzung und Zeitverfügbarkeit sowie eine geringe Anzahl störungsbedingter Abstellungen weisen insgesamt auf einen guten Zustand der Anlage und eine gute Betriebsführung hin.

2. Kernkraftwerk Mühleberg

Luftaufnahme des Kernkraftwerks Mühleberg.
Foto: KKM

2.1 Betriebsdaten und Betriebsergebnisse

Das Kernkraftwerk Mühleberg (KKM) der Bernischen Kraftwerke BKW FMB Energie AG, welches seinen kommerziellen Betrieb im Jahr 1972 aufnahm, ist eine Siedewasserreaktoranlage mit 355 MW elektrischer Nettoleistung. Weitere Daten der Anlage sind in den Tabellen 1a und 1b des Anhangs dargestellt; Figur 9b zeigt das Funktionsschema einer Siedewasserreaktoranlage.

Das Kernkraftwerk Mühleberg erreichte im Jahr 2004 eine Arbeitsausnutzung von 92,8 % und eine Zeitverfügbarkeit von 94,3 %. Die Revisionsarbeiten mit dem Brennstoffwechsel dauerten 20 Tage und bestimmten wesentlich die Nichtverfügbarkeit der Anlage.

Die Zeitverfügbarkeiten und die Arbeitsausnutzungen der letzten 10 Jahre sind in Figur 1 dargestellt. Für die Heizung der Wohnsiedlung «Steinriesel» wurden 2 GWh thermische Energie abgegeben.

Neben der geplanten Durchführung von wiederkehrenden Prüfungen erfolgte eine Reaktorabschaltung bei geringer Last während der Prüfung des neuen Vakuumbegrenzers während des Wiederanfahrens der Anlage nach der Jahresrevision. Das Vorkommnis beeinflusste die Sicherheit der Anlage nicht. Infolge einer defekten Elektronikbaugruppe wurde eine Turbogruppe abgeschaltet, was eine kurzfristige Lastabsenkung bewirkte. Kurz nach dem Wiederanfahren nach der Jahresrevision wurden zum Zweck der betrieblichen Optimierung kleine Lufteintritte im Bereich der Kondensatoren der Turbogruppen behoben. Dazu musste die Last kurzfristig auf ca. 50 % reduziert werden.

An mehreren Tagen im Sommer 2004 wurde zur Einhaltung der Vorgaben der kantonalen Gebrauchswasserkonzession die Anlagenleistung reduziert, um die maximal zulässige Kühlwassertemperatur am Austritt des Kondensators bzw. Eintritt in die Aare von maximal 33° C einzuhalten.

2.2 Anlagensicherheit

2.2.1 Vorkommnisse

Entsprechend der HSK-Richtlinie R-15, Berichterstattung über den Betrieb von Kernkraftwerken, wurde in diesem Betriebsjahr ein Vorkommnis der Klasse B und auf der internationalen Bewertungsskala INES der Stufe 0 zugeordnet (Tabelle 4).

Während der Jahresrevision 2004 wurden bei beiden Turbogruppen der Vordruckregler und der Vakuumbegrenzer durch neue elektronische Regler ersetzt. Beim Wiederanfahren der Anlage nach der Revision wurden umfangreiche Prüfungen zur Inbetriebnahme der Regler durchgeführt. Beim Test des Vakuumbegrenzers an einer Turbogruppe bewirkte das ungeplante Öffnen der Bypassventile dieser Turbogruppe einen Reaktordruckabbau, welcher auslegungsgemäss zu einer Frischdampfisolation mit anschliessender Reaktorschnellabschaltung führte. Die Ursache der Störung lag in einem Logikfehler der Vakuumbegrenzerfunktion. Zum Nachweis der Vakuumbegrenzerfunktion wurde neu eine Prüfeinrichtung eingesetzt, die einen Zustand simulierte, der im Normalbetrieb nicht vorkommt. Das Betriebspersonal wurde sofort mit einer Schichtanweisung über das Fehlverhalten der Logik informiert. Da die Prüfeinrichtung auch in Zukunft eingesetzt werden soll, wird als Folgemassnahme die Logik der Vakuumbegrenzerfunktion angepasst. Die klassierten Vorkommnisse der letzten zehn Jahre sind in der Figur 2 dargestellt.

2.2.2 Arbeiten während des Stillstands zum Brennelementwechsel

Am 08. August 2004 wurde die Anlage zum Revisionsstillstand 2004 abgestellt, der 20 Tage dauerte. Während dieser Zeit wurden Routinetätigkeiten wie Brennelementwechsel, Inspektionen mechanischer und elektrischer Einrichtungen, zerstörungsfreie Werkstoffprüfungen, wiederkehrende Funktionsprüfungen an Komponenten und Systemen sowie Instandhaltungs- und Änderungsarbeiten durchgeführt. Die Revision endete mit dem Wiederanfahren der Anlage am 28. August 2004. Als sicherheitsrelevante Arbeiten sind folgende hervorzuheben:

Prüfungen am Containment: Während der diesjährigen Revision fand der 11. Integrale Leckratentest des Primärcontainments statt. Bei einem Überdruck von 1,73 bar wurden 20 % der zulässigen Leckrate gemessen. Zusätzlich wurden zahlreiche lokale Containmentdurchführungen auf Dichtheit erfolgreich geprüft.

Prüfungen an Rohrleitungen: Die Schweissnahtprüfungen an den Rohrleitungen im Bereich der Sicherheitsklassen 1 und 2 ergaben keine unzulässigen Anzeigen. Im Maschinenhaus wurden an den Rohrleitungen umfangreiche Wandstärkemessprogramme durchgeführt, wobei das Programm im Maschinenhaus als Reaktion auf den Unfall in einem japanischen Kernkraftwerk auf das Drei- bis Vierfache erweitert wurde. Die Ergebnisse sowie die Auswertung langjähriger Trends zeigen, dass sich die Rohrleitungen im KKM in einem einwandfreien Zustand und ohne feststellbaren Wandstärkeabtrag befinden.

Prüfungen am Reaktordruckbehälter (RDB) und seiner Einbauten: Der von der HSK verlangten Verifikation der Integrität der Kernmantelmodifikation kam KKM durch eine verbesserte und vollständige Prüfbarkeit der Zuganker am Kernmantel nach. Ein Zuganker des Kernmantels wurde programmgemäss geprüft. Am RDB wurde ein Frischdampfstutzen mit Ultraschall und 20 RDB-Bolzen mit Wirbelstrom ohne Fehlerbefunde geprüft. Teile der Innenseite des RDB und seine Einbauten wurden umfangreichen visuellen Prüfungen unterzogen. Sechs Instrumentierungsstutzen wurden erstmalig visuell mit hoher Auflösung von innen geprüft. Ebenfalls geprüft wurde die Anschweissnaht der Kernmantelabstützung. Zusätzlich zum Jahresprüfprogramm wurden die Aussenseite des Kernmantels sowie ein Teil der Kernsprühleitung geprüft. Es wurden keine Rissbefunde festgestellt, die einen Einfluss auf den sicheren Betrieb der Anlage hätten.

Prüfungen an elektrischen Ausrüstungen: Mit dem jährlichen Kapazitätstest der Batterien einzelner Stränge wurde deren einwandfreier Zustand nachgewiesen. Die Prüfungen der Leittechnik im Notstandssystem und am Reaktorschutzsystem verliefen ohne Beanstandungen. Bei mehreren Systemen wurden zudem Online-Prüfungen von Messwertgebern (Sensortests) vorgenommen. Bei den durchgeführten Prüfungen wurden keine unzulässigen Abweichungen festgestellt. Ebenso ergaben die Kontrollen der Schutzrelais an den Transformatoren und die Kontrollen sämtlicher Gleich- und Wechselrichter des elektrischen Eigenbedarfs keine Befunde.

Insgesamt haben die diesjährig durchgeführten Prüfungen den guten Zustand der mechanischen und elektrischen Systeme gezeigt.

Die Revisionsarbeiten wurden mit hoher Qualität und unter Beachtung der Strahlenschutzvorgaben geplant und durchgeführt.

2.2.3 Anlagenänderungen

Von den im Berichtsjahr durchgeführten, beziehungsweise vorbereiteten Anlagenänderungen sind die folgenden erwähnenswert:

Modifikation des Steuerstabantrieb-Systems (CRD): Zur Bewegung der Steuerstäbe dient das hydraulische CRD. Dabei wird kaltes Steuerstabfahrwasser in den RDB geleitet. Dies führt zu Temperaturdifferenzen zwischen dem heissen Reaktorwasser und dem kalten Rückführfahrwasser, was zu thermischen Spannungen im Bereich des N9-Stutzens führt. Visuelle Inspektionen im RDB zeigten ein Fortschreiten der thermischen Ermüdung an der Frontplatte der Wärmeschutzhülse des N9-Stutzens. Die für die Revision 2005 vorgesehene Modifikation des CRD-Systems wurde deshalb teilweise vorgezogen und während der diesjährigen Revision durchgeführt. Ziel ist, die weitere thermische Belastung der Frontplatte durch Kaltwassereinspeisung zu unterbinden. Hierzu wurde in einem ersten Schritt die CRD-Rückführleitung zum RDB-Stutzen N9 stillgelegt. Die HSK hat sich bei Inspektionen anlässlich von Versuchen vom einwandfreien Funktionieren des teilweise modifizierten CRD-Systems überzeugt.

Vierter Bestrahlungsprobensatz: Um die Versprödung des RDBs im Hinblick auf einen langfristigen Betrieb der Anlage zu verfolgen, wurde ein vierter Bestrahlungsprobensatz in eine bestehende Halterung an der RDB-Wand eingebaut. Die fünf Probenkapseln sind sowohl mit unbestrahlten Materialproben als auch mit bestrahlten Probenstücken des dritten, bereits ausgewerteten Probensatzes bestückt.

In-Vessel Surface and Crack Deposition Monitor: Um die Entstehung neuer Risse zu verhindern und die Risswachstumsgeschwindigkeit an Kerneinbauten zu reduzieren, sollen künftig wieder – wie schon im Jahre 2000 – Edelmetalle (Pt und Rh) eingespiesen werden. Zur Bestimmung der Wirksamkeit der Edelmetallablagerung bei künftigen Applikationen im Rahmen des Einspeiseprogramms wurden spezielle Materialproben eingebaut. Der so genannte «In-Vessel Surface and Crack Deposition Monitor» wurde an der Kernmantel-Innenseite mit einer Halterung am Kerngitter sowie an einem bereits vorhandenen Bolzen im Kernmantel befestigt. Die in der Halterung eingebrachten drei Rissproben können während zukünftiger Jahresrevisionen zur Bestimmung der Edelmetallablagerung entnommen und bei Bedarf durch neue ersetzt werden.

Ersatz des Hochdruck-Vorwärmers (HD-VW) der Turbogruppe A: Da bereits eine grössere Anzahl von Rohren in den bestehenden HD-VW gestopft werden mussten, hat sich KKM zum Ersatz dieser Komponente entschieden. Als erster Schritt wurde währen der Jahresrevision 2004 der HD-VW mit dem dazugehörigen Expansionsgefäss der Turbogruppe A ausgetauscht. Die HSK konnte sich während der Inspektionen über den professionellen Ersatz des Hochdruck-Vorwärmers der Turbogruppe A überzeugen.

Ersatz des Vordruckreglers: Die mechanischen Vordruckregler beider Turbinen wurden durch neue rechnerbasierte Regler mit elektro-hydraulischen Wandlern (EHW) ersetzt. Zudem wurden die bisherigen, hydraulischen Vakuumbegrenzer neu durch eine leittechnische Funktion innerhalb der neuen Vordruckregler ersetzt. Die neuen Regler wurden einem ausgiebigen Inbetriebnahmeverfahren unterworfen.

Kondensatreinigungsanlage (KRA): Die konventionelle Steuerung der KRA einer Turbinengruppe (Relaistechnik) wurde durch eine rechnerbasierte Ausführung ersetzt. Nachdem in der Jahresrevision 2003 bereits die KRA-Steuerung der anderen Turbinengruppe ersetzt wurde, ist nun die Erneuerung der KRA-Leittechnik abgeschlossen.

2.2.4 Brennelemente und Steuerstäbe

Geringe Aktivitätskonzentrationen im Reaktorwasser und im Abgas aus den Turbinenkondensatoren lassen den Schluss zu, dass im Berichtsjahr 2004 keine Brennstab-Hüllrohrdefekte aufgetreten sind. Für den 32. Zyklus (2004/05) wurden von den 240 Brennelementen des Kerns 40 durch neue Brennelemente mit einer 10x10-Brennstabanordnung ersetzt. Die HSK hat sich davon überzeugt, dass die nachgeladenen Brennelemente den Qualitätsanforderungen für einen sicheren Betrieb entsprechen. Um das Betriebsverhalten der Brennelemente bei höherem Abbrand und den Einfluss der Edelmetallzugabe zum Reaktorwasser auf die Brennelemente zu prüfen, wurden im Revisionsstillstand 10 Brennelemente mit unterschiedlichen Einsatzzeiten mittels einer Unterwasser-Videokamera inspiziert. An drei dieser Brennelemente wurden zudem Dimensions- und Oxiddickenmessungen vorgenommen. Alle inspizierten Brennelemente waren in einem guten Zustand.

Während des Revisionsstillstandes wurden keine Steuerstäbe ausgewechselt. Die im Reaktorwasser gemessenen Borkonzentrationen liegen unterhalb der Nachweisgrenze. Damit wurde der einwandfreie Zustand der Steuerstäbe bestätigt.

2.2.5 Bearbeitung der PSÜ-Pendenzen

Die Umsetzung der Verbesserungsmassnahmen aus der Stellungnahme der HSK zur Periodischen Sicherheitsüberprüfung (PSÜ) aus dem Jahre 2002 wird von der HSK anhand einer Pendenzenliste verfolgt. Die Bearbeitung der Pendenzen durch KKM erfolgte termingerecht und umfassend, rund die Hälfte der festgelegten Pendenzen ist erledigt. Folgende Pendenzen wurden im Berichtsjahr abgeschlossen:

- Das Qualifizierungsprogramm für die wiederkehrenden zerstörungsfreien Prüfungen an mechanischen Komponenten wurde ausgearbeitet.
- Die sanitären Einrichtungen in der Besuchergarderobe sowie deren Platzverhältnisse wurden verbessert.
- Die Alarmschwellen der Personenkontaminationsmonitore wurden im Hinblick auf die HSK-Richtlinie R-07 überprüft.
- Die Strahlenschutzmassnahmen bei der Sortierung von Abfällen wurden hinsichtlich einer Reduktion der Kollektivdosis abgeklärt.
- Die Sicherheitsanalyse für das Zwischenlager wurde erstellt. Es wurde nachgewiesen, dass das Schutzziel 2 der HSK-Richtlinie R-14 eingehalten wird.
- Das Inventar der sekundären Bauteile (Trennwände, abgehängte Decken, vorgehängte Fassadenelemente) wurde komplettiert und bezüglich Gefährdung von sicherheitsrelevanten Systemen und Ausrüstungen beurteilt.
- Die Möglichkeit zur Prüfung der potenziell schadensrelevanten Bereiche der Abstützkonstruktion des Kernmantels wurde abgeschlossen.
- Die Brandabschnittsbildung und deren Umsetzung wurden abgeschlossen.
- Prozeduren für das Vorgehen zum Schutz des Personals im Notfallraum sowie die Iodüberwachung der Atemluft im SUSAN-Kommandoraum wurden eingeführt.
- Die Umsetzung der HSK-Richtlinie R-47 zur Überprüfung von Strahlenmessgeräten wurde durchgeführt.
- Für den Einturbinenbetrieb sowie den Betrieb mit einer Umwälzschleife wurde eine automatische Anpassung der thermischen Betriebsgrenzwerte des Reaktorkerns im Rechenprogramm der Kernüberwachung realisiert.
- Das Aktivitätsinventar für den Referenzkern wurde entsprechend der aktuellen Beladestrategie und der aktuellen Abbrandlimiten neu berechnet. Bei diesen Neuanalysen wurden auch die störfallspezifischen HSK-Beurteilungen berücksichtigt.
- Die Notfallvorschriften wurden auf Grund von Erkenntnissen aus der PSA punktuell überarbeitet.
- Eine umfassende Analyse zur Auswahl der in der PSA zu modellierenden externen und internen systemübergreifenden Ereignisse wurde durchgeführt.
- Es wurde eine Verfahrensvorschrift entwickelt, in welcher die Vorgehensweisen bei der Aktualisierung der PSA festgelegt wird und in der ferner bestimmt wird, wie Anlagenänderungen verfolgt werden («Living PSA»).

Unterlagen zu weiteren, auf Ende 2004 terminierten Pendenzen wurden in der Zwischenzeit eingereicht und werden zurzeit von der HSK überprüft. Die noch ausstehenden Pendenzen werden entsprechend dem von der HSK vorgegebenen Terminplan eingereicht.

2.3 Strahlenschutz

Im Kalenderjahr 2004 belief sich die Kollektivdosis im KKM auf 1092 Pers.-mSv. Der Jahresgrenzwert für beruflich strahlenexponierte Personen wurde nicht überschritten und es wurden keine Kontaminationsverschleppungen festgestellt. Es trat ein Fall von Inkorporation auf, bei dem sich die berechnete Folgedosis auf 0,13 mSv belief. Die Kontaminationskontrollen der Luft und der Oberflächen in der Anlage gaben keine Hinweise auf unzulässige Kontaminationen. Mit einer Kollektivdosis von 634 Pers.-mSv wurde der Planungswert für den Revisionsstillstand deutlich unterschritten. Die höchste Individualdosis betrug 12,6 mSv.
Die HSK überzeugte sich bei mehreren Inspektionen, dass im KKM ein moderner und guter Strahlenschutz betrieben 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 inkl. Tritium.
Aus den tatsächlich über die Abluft und das Abwasser abgegebenen radioaktiven Stoffen wird die Jahresdosis für Einzelpersonen der Bevölkerung in der Umgebung des KKM unter ungünstigen Annahmen berechnet. Sie liegt bei ca. 0,0052 mSv für Erwachsene und 0,0050 mSv für Klein-

kinder und 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. 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 2,44 mSv keine signifikante Veränderung gegenüber dem Vorjahr (Jahreshöchstwert 2003: 2,4 mSv). 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 Betriebsareals von 1 mSv pro Jahr für Wohn-, Aufenthalts- und Arbeitsräume und von 5 mSv pro Jahr für andere Bereiche wurden eingehalten.
Für detailliertere Angaben wird auf den Strahlenschutzbericht 2004 der HSK verwiesen.

2.4 Radioaktive Abfälle

Radioaktive Rohabfälle fallen im KKM regelmässig aus den Wasserreinigungssystemen, der Abgas- und Fortluftreinigung und von verbrauchten Brennelementkästen an. Weitere Quellen sind der Austausch von Komponenten bei Instandhaltungs-, Umbau- oder Nachrüstmassnahmen sowie die bei allen vorgenannten Arbeiten anfallenden Verbrauchsmaterialien (Schutzkleider, Wischtücher, Folien, etc.). Der Anfall an radioaktiven Rohabfällen (vgl. Tabelle 8) war im Berichtsjahr etwas höher als im Jahr 2003, bewegt sich aber in der Schwankungsbreite des mehrjährigen Mittelwertes. Dieser ist im Vergleich mit anderen Anlagen ähnlichen Typs und Baujahres seit Jahren auf einem niedrigen Niveau.
Die radioaktiven Rohabfälle werden gesammelt, kampagnenweise konditioniert und zwischengelagert. Die im KKM vorhandenen unkonditionierten Abfälle werden in dafür vorgesehenen Räumlichkeiten der kontrollierten Zone aufbewahrt. Der Bestand an solchen Abfällen ist gering und praktisch unverändert. Die für die Verarbeitung im Plasmaofen der ZWILAG bereitgestellten brenn- und schmelzbaren Rohabfälle wurden im Berichtsjahr dorthin abtransportiert.
Als Konditionierungsverfahren kommt im KKM ausschliesslich die Zementierung zum Einsatz. Für alle aktuell angewendeten Verfahren liegen die gemäss der HSK-Richtlinie R-14 erforderlichen Typenfreigaben der HSK vor. Im Berichtsjahr hat die HSK für ein früher konditioniertes Los von 83 Gebinden mit Pulverharzen die Nachdokumentation freigegeben. Im Verlaufe des Jahres wurden im KKM mehrmals ausgediente Harze konditioniert. Im Herbst 2004 hat eine Kampagne zur Konditionierung von Kerneinbauten mit der Verpackung von Kleinteilen, Neutronenmesslanzen und Filterkerzen begonnen.
Die konditionierten Abfallgebinde werden routinemässig im werkseigenen Zwischenlager eingelagert. Die Abfälle sind in einem für alle schweizerischen Kernanlagen gleichen elektronischen Buchführungssystem erfasst, sodass alle wichtigen Informationen über Menge, Lagerort und radiologische Eigenschaften jederzeit verfügbar sind.
Ein wichtiges Element bei der Minimierung der radioaktiven Abfälle ist die Inaktiv-Freimessung von Materialien aus kontrollierten Zonen. Im KKM wurden 2004 insgesamt ca. 32 t Material gemäss den Vorgaben der HSK-Richtlinie R-13 freigemessen. Es handelte sich hierbei um verschiedene metallische und nicht metallische Feststoffe einschliesslich Bauschutt, die konventionell entsorgt bzw. der Wiederverwertung zugeführt wurden.

2.5 Notfallbereitschaft

Die Notfallorganisation KKM ist für die Bekämpfung aller Notfälle innerhalb des Werkareals zuständig. Mit einer zweckmässigen Führungsorganisation, geeigneten Führungsprozessen und angepassten Führungseinrichtungen zusammen mit einer optimalen Auslegung der Anlage haben die Werke die Notfallbereitschaft auf hohem Niveau sicherzustellen.
Die HSK hat im Juni an der Werksnotfallübung «Fresko» die Notfallorganisation (NFO) beobachtet und beurteilt. Bei der Übung kamen die Notfallstab-Organisation, Pikettingenieur und Schicht sowie weitere NFO-Elemente zum Einsatz. Der technische Störfallablauf wurde vom KKM-Simulator in Echtzeit vorgegeben. Die gesamte KKM-Belegschaft führte im Rahmen von «Fresko» zudem eine Verhaltensübung durch, um das korrekte Verhalten bei einem Notfallalarm zu prüfen.

Die HSK kam zum Schluss, dass die angestrebten Übungsziele erreicht wurden. Die im Szenario «Fresko» vorgegebene Notfalllage hätte aus Sicht der HSK mit grosser Wahrscheinlichkeit mit den ergriffenen Massnahmen rasch und unter Berücksichtigung der Prioritäten bei der Notfallbekämpfung beherrscht werden können.

Der Endzustand der «Fresko»-Übung bildete die Ausgangslage für die am folgenden Tag durchgeführte Übung zur Validierung der Unfallbegrenzungsrichtlinien. Das KKM konnte im Rahmen dieser Übung der HSK die Anwendbarkeit und Zweckmässigkeit ihrer dafür geschaffenen Richtlinien demonstrieren.

Im November wurde im KKM eine Alarmierungsnotfallübung durchgeführt, bei welcher die Verfügbarkeit des Notfallstabes gemäss Notfallreglement überprüft wurde. Die HSK löste die Übung ohne Voranmeldung aus. Das KKM hat die Übungsziele erreicht.

Die Inspektion der Bereitschaft der Notfallkommunikationsmittel zu externen Stellen hat gezeigt, dass die KKM-Einrichtungen einsatzbereit sind und in den inspizierten Punkten mit den Vorgaben übereinstimmen.

2.6 Probabilistische Sicherheitsanalyse und Accident Management

Mit der Probabilistischen Sicherheitsanalyse (PSA) werden schwere Unfälle analysiert und deren Konsequenzen bewertet (vgl. Kap. 1.6). Im Jahr 2004 wurden im Zusammenhang mit der werkspezifischen, regelmässig zu aktualisierenden PSA und im Bereich Accident Management im Wesentlichen folgende Arbeiten durchgeführt:

- Der Betreiber des Kernkraftwerks Mühleberg (KKM) arbeitete an der weiteren Verbesserung der gesamten PSA-Studie (Stufe 1 und 2). Bei diesem Vorhaben wurden die PSA-Pendenzen mitbearbeitet, welche die HSK aus der Bewertung der von KKM schwerpunktmässig im Jahr 2001 durchgeführten Periodischen Sicherheitsüberprüfung abgeleitet hatte. In einigen Bereichen, wie z. B. bei der Analyse der Zuverlässigkeitsdaten, wurden im Jahr 2004 beträchtliche Fortschritte erzielt. Eine Reihe von PSÜ-Pendenzen konnte geschlossen werden. Insbesondere wurden einige von der HSK identifizierte Verbesserungen der Notfallvorschriften implementiert.
- KKM reichte auf Forderung der HSK erstmals eine probabilistische Ereignisanalyse ein, nachdem eine Pilotstudie der HSK im Jahre 2003 gezeigt hatte, dass die probabilistische Ereignisanalyse ein gutes Mittel ist, um die Betriebserfahrung zu bewerten. Mit der probabilistischen Ereignisanalyse wird anhand der PSA-Modelle der Einfluss von Ereignissen auf das Anlagenrisiko bewertet. Der Begriff «Ereignis» wird hierbei in einem erweiterten Sinn gebraucht. So werden bei der probabilistischen Ereignisanalyse nicht nur ungeplante Kraftwerksabschaltungen und Unverfügbarkeiten von sicherheitsrelevanten Komponenten betrachtet, sondern auch geplante Wartungen und Funktionstests. Zwei in der probabilistischen Ereignisanalyse interessierende Indikatoren sind die Risikospitze und das akkumulierte Risiko. Darunter versteht man die Höhe einer einzelnen, meist kurzzeitigen Spitze im zeitlichen Verlauf des Anlagenrisikos bzw. die über ein Jahr aufintegrierte Risikozunahme bezogen auf einen Referenzzustand, bei welchem die Anlagenausrüstung als vollständig verfügbar angenommen wird. In der von KKM für den Zeitraum 1998 bis 2002 erstellten probabilistischen Ereignisanalyse war die bedeutendste Risikospitze infolge eines Austauschs einer 24V-Batteriezelle des Strangs III der Gleichstromversorgung im Jahr 2000 zu verzeichnen. Für die Analyse nahm KKM konservativ an, dass der ganze Strang III der Gleichstromversorgung nicht verfügbar war. Zu dem akkumulierten Risiko trugen vor allem die Reaktorschnellabschaltungen bei. Erwartungsgemäss wurden keine extremen Risikospitzen identifiziert und das akkumulierte Risiko blieb gering.
- Die Arbeiten zur Einführung von «Severe Accident Management Guidance» (SAMG, vgl. Kap. 1.6) wurden bei KKM im Jahr 2004 fortgeführt. Für den Volllastbetrieb konnte KKM im Jahr 2004 ein vollständiges SAMG-Programm inklusive Schulung fertig stellen. Von zentraler Bedeutung für die Beherrschung resp. Milderung der Auswirkungen schwerer Unfälle im KKM ist der optimierte Einsatz des Drywell-Sprüh-und-Flutsystems sowie der gefilterten Containmentdruckentlastung. Im Rahmen einer Notfallübung konnte KKM die Anwendbarkeit und die Zweckmässigkeit der neuen «Guidance» demonstrieren.
- Bei einem Störfall im KKM werden der HSK alle zwei Minuten 16 relevante Anlagenparameter via eigenes Übermittlungsnetz zugestellt und bei der HSK mit dem Störfallanalyseprogramm

ADAM (vgl. Kap. 1.6) verarbeitet. Im Jahr 2004 konnte ADAM seine hohe Zuverlässigkeit im Onlinemodus auch für KKM unter Beweis stellen. Ferner wurde ADAM für die HSK-interne Schulung im Bereich der Reaktorsicherheit und für die Überprüfung KKM-spezifischer thermohydraulischer Analysen genutzt.

Die letzte detaillierte Überprüfung der PSA-Studie des Kernkraftwerks Mühleberg durch die HSK erfolgte im Jahr 2002 im Rahmen der Bewertung der von KKM eingereichten Periodischen Sicherheitsüberprüfung. Bei dieser Überprüfung, bei welcher die HSK auch ihr eigenes werkspezifisches PSA-Modell einsetzte, konnte dem KKM ein im internationalen Vergleich hohes Sicherheitsniveau bescheinigt werden, und das Risikoprofil des KKM wurde als weitgehend ausgeglichen beurteilt. Durch inzwischen durchgeführte Anlageänderungen wurde das hohe Sicherheitsniveau des KKM weiter verbessert.

2.7 Personal und Organisation

2.7.1 Organisation und Betriebsführung

Im KKM sind im Berichtsjahr keine organisatorischen Veränderungen vorgenommen worden. Ende 2004 umfasste die Belegschaft 302 Personen (2003: 305).

KKM hat in den vergangenen Jahren ein formales Qualitätsmanagementsystem eingeführt und kürzlich zu einem umfassenden Managementsystem erweitert, welches auch die Bereiche Umweltmanagement, Arbeitssicherheit und Gesundheitsvorsorge umfasst. Die Beschreibung des Systems und der Prozesse, aber auch Weisungen und Formulare sind für alle Mitarbeiter über Computer abrufbar. Dadurch wird erreicht, dass alle Mitarbeitenden mit der aktuellen Version von Formularen arbeiten, und der einfache und schnelle Zugang zu den Dokumenten fördert die konsequente Anwendung des Systems. Im Dezember 2004 hat die SQS (Schweizerische Vereinigung für Qualitäts- und Managementsysteme) dem KKM auf Grund der durchgeführten Audits die Zertifikate ISO-9001:2000 (Qualitätsmanagement), ISO-14001:2004 (Umweltmanagement) und OHSAS-18001:2001 (Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz) erteilt. Damit verfügen alle schweizerischen Kernkraftwerke über ein zertifiziertes Qualitätsmanagementsystem. Das Zertifikat bescheinigt, dass die Forderungen der Norm eingehalten sind. Die Norm stellt nur Anforderungen an die Vollständigkeit und Struktur des Systems, nicht jedoch an dessen Inhalte. Für die HSK ist es wichtig, dass die Prozesse im Managementsystem so ausgelegt sind, dass sie die Anforderungen an die nukleare Sicherheit erfüllen. Die Kernkraftwerke haben dies erreicht, indem sie die Vorgaben der IAEA (Safety Series No. 50-C/SG-Q «Quality Assurance for Safety in Nuclear Power Plants and other Nuclear Installations») in ihr System übernommen haben.

Alle zwei Jahre absolvieren alle Mitarbeitenden des KKM einen Workshop über Sicherheitskultur. Im Berichtsjahr wurde der Workshop durch Vertreter des Instituts für Arbeitspsychologie der Universität Bern abgehalten. Im Anschluss an diesen Anlass wird das Thema in abteilungsinternen Diskussionen vertieft, wobei spezifisch auf die einzelnen Arbeitsbereiche und Vorgehensweisen am Arbeitsplatz eingegangen wird. Anlässlich von Inspektionen und Besprechungen konnte sich die HSK überzeugen, dass dem KKM die Entwicklung der Sicherheitskultur ein grosses Anliegen ist. Neben den erwähnten periodischen Ausbildungs- und Sensibilisierungskampagnen werden die Mitarbeitenden mit verschiedenen Mitteln (Plakate, Flugblätter, Mausmatte, usw.) auch bei der täglichen Arbeit auf sicherheitsrelevantes Verhalten aufmerksam macht.

2.7.2 Personal und Ausbildung

An unter Aufsicht der HSK durchgeführten Prüfungen wurden im Berichtsjahr 2 bisherige Anlagenoperateure als Reaktoroperateure lizenziert. Die beiden Kandidaten hatten zuvor neben der umfangreichen anlagespezifischen Ausbildung an der Fachhochschule Ulm eine kerntechnische Grundausbildung absolviert, welche sie ebenfalls im Jahr 2004 an einer von der HSK beaufsichtigten Prüfung erfolgreich abschlossen. Die Anzahl lizenzierter Personen ist in Tabelle 2 zusammengestellt.

Die Ausbildung des Betriebspersonals wurde von der HSK inspiziert. Wie sie dabei feststellen konnte, verfügt das KKM dank der Systematik der Planung, einer zentralen Ausbildungsdatenbank und umfangreicher Ausbildungsunterlagen im Intranet über sehr gute Grundlagen und Hilfsmittel für eine transparente und nachvollziehbare Ausbildung des Betriebspersonals. Das KKM hat die Betriebsausbildung überdies personell verstärkt.

Im Rahmen einer unangemeldeten Inspektion wurde überprüft, ob die Schichtgruppe vor-

schriftsgemäss aus Personen mit den erforderlichen Lizenzen und Qualifikationen zusammengesetzt ist, das Betriebsgeschehen korrekt dokumentiert und beim Schichtwechsel die Anlage ordnungsgemäss an die nachfolgende Schicht übergeben wird. Dabei wurden keine Abweichungen von Vorschriften festgestellt.

2.8 Gesamtbeurteilung

Der Zustand der Anlage Mühleberg in Bezug auf die nukleare Sicherheit und den Strahlenschutz sowie die Betriebsführung ist gut. Die Anlage verzeichnete in ihrem 32. Betriebsjahr eine gute Arbeitsausnutzung. Lastreduktionen zur Einhaltung der kantonalen Gebrauchswasserkonzession in den heissen Sommermonaten waren notwendig.

Im Berichtsjahr wurde ein klassiertes Vorkommnis gemäss der HSK-Richtlinie R-15 gemeldet. Bei diesem Vorkommnis während des Wiederanfahrens nach dem Revisionsstillstand verursachte ein Fehler in der Logik der neuen elektronischen Turbinenregelung eine Reaktorschnellabschaltung. Das erwähnte Vorkommnis war gemäss der HSK-Richtlinie R-15 von geringer sicherheitstechnischer Bedeutung.

Der Revisionsstillstand mit einer Dauer von 20 Tagen wurde sorfältig geplant und abgewickelt. Die Instandhaltungsarbeiten, zerstörungsfreien Werkstoffprüfungen, Wiederholungsprüfungen, Inspektionen und Funktionsprüfungen an Komponenten und Systemen ergaben keine signifikanten Befunde. Im Rahmen ihrer Aufsicht hat die HSK während des Berichtsjahres rund 50 Inspektionen durchgeführt, wovon ein Grossteil während der Jahresrevision stattfand. Schwerpunkte der Inspektionen waren der Betrieb, der Strahlenschutz, und die Wiederholungsprüfungen. Die Ergebnisse der Inspektionen wurden dem Betreiber mitgeteilt und die daraus resultierenden Verbesserungsmassnahmen umgesetzt. Die HSK hat keine sicherheitstechnischen Defizite festgestellt, die den sicheren Betrieb der Anlage in Frage gestellt hätten.

Eine nennenswerte Änderung stellt die Modifikation des Steuerstabantriebssystems (CRD) dar. Ein Fortschreiten der thermischen Ermüdung an der Wärmeschutzhülse des N9-Stutzens am RDB gab Anlass zu dieser Modifikation. Das modifizierte CRD-System wurde erfolgreich geprüft.

Die geringen Aktivitätskonzentrationen im Reaktorwasser und im Abgas aus den Turbinenkondensatoren lassen den Schluss zu, dass die Brennelemente intakt sind.

Die HSK verfolgt die Umsetzung der aus der PSÜ resultierenden Forderungen. Die Bearbeitung dieser so genannten PSÜ-Pendenzen durch das KKM verläuft termingerecht und umfassend.

Aus Sicht des operationellen Strahlenschutzes wurden die Routinearbeiten und die Arbeiten im Rahmen der sicherheitstechnisch vorgeschriebenen Wiederholungsprüfungen erfolgreich durchgeführt. Die Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umgebung lagen deutlich unterhalb der behördlich festgelegten Grenzwerte. Damit ergab sich im Vergleich zur natürlich auftretenden Strahlenexposition nur eine unbedeutende Strahlendosis für die Bevölkerung.

Die Menge an radioaktiven Rohabfällen bewegt sich im Bereich des mehrjährigen Mittelwertes und ist im Vergleich mit anderen Anlagen ähnlichen Typs seit Jahren auf einem niedrigen Niveau.

Im Bereich der Notfallbereitschaft hat die Werks- und Alarmierungsnotfallübung die Effizienz der Organisation bestätigt.

Gemäss den Ergebnissen der im Rahmen der Periodischen Sicherheitsüberprüfung eingereichten werkspezifischen Probabilistischen Sicherheitsanalyse (PSA) weist das KKM ein im internationalen Vergleich hohes Sicherheitsniveau aus und das Risikoprofil ist weitgehend ausgeglichen. Durch inzwischen durchgeführte Anlageänderungen wurde das hohe Sicherheitsniveau des KKM weiter verbessert.

Der HSK ist es ein grosses Anliegen, dass das Thema Sicherheitskultur im KKM systematisch behandelt und die für das Werk am besten geeignete Vorgehensweise zur Förderung der Sicherheitskultur entwickelt und angewendet wird. Die HSK bewertet es positiv, dass das KKM professionelle externe Unterstützung beizieht.

Gut ausgebildetes Personal ist eine Grundvoraussetzung für den sicheren Betrieb von Kernkraftwerken. Die HSK konnte anhand von Inspektionen und bei der Teilnahme an Lizenzprüfungen feststellen, dass das KKM der Ausbildung des Personals Priorität einräumt und hohe Anforderungen an dessen Wissensstand stellt.

Die hohe Arbeitsausnutzung und Zeitverfügbarkeit sowie eine geringe Anzahl störungsbedingter Abstellungen weisen insgesamt auf einen guten Zustand der Anlage und eine gute Betriebsführung hin.

Einbau des revidierten Axiallagers der Hauptkühlmittelpumpe.
Foto: KKG

3. Kernkraftwerk Gösgen

3.1 Betriebsdaten und Betriebsergebnisse

Das Kernkraftwerk Gösgen (KKG) ist eine 3-Loop-Druckwasserreaktoranlage mit 970 MW elektrischer Nettoleistung. Es nahm den Betrieb im Jahre 1979 auf. Weitere technische Daten sind in den Tabellen 1a und 1b des Anhangs zusammengestellt; Figur 9a zeigt das Funktionsschema einer Druckwasserreaktoranlage.

Das KKG ereichte im Betriebsjahr 2004 eine Arbeitsausnutzung von 94,4 % und eine Zeitverfügbarkeit von 94,5 %. Der geplante Revisionsstillstand dauerte 19,5 Tage. Die Nichtverfügbarkeit der Anlage war zum grössten Teil durch den Revisionsstillstand bedingt. Im Berichtsjahr lieferte die Anlage 164,9 GWh Prozesswärme für die Versorgung der nahe gelegenen Kartonfabrik. Die Zeitverfügbarkeiten und die Arbeitsausnutzungen der letzten 10 Jahre sind in Fig. 1 dargestellt.

Am 13. Oktober 2004 wurde ein Vorsteuerventil eines Frischdampfisolationsventils ausgetauscht, nachdem am 8. Oktober 2004 eine geringe Dampfleckage am Ventil festgestellt worden war. Dazu wurde die Anlage am 12. Oktober 2004 abgefahren, das Wiederanfahren erfolgte am 13. Oktober 2004. Die Sicherheit der Anlage war zu keinem Zeitpunkt beeinträchtigt; das betroffene Frischdampfisolationsventil war jederzeit funktionsbereit.

Das Jahr 2004 war das vierzehnte Jahr in Serie ohne ungeplante Reaktorschnellabschaltung, was im internationalen Vergleich eine herausragende Zeitspanne bedeutet.

Austausch des Durchflussmessers im Hauptkühlwasserkreislauf.
Foto: KKG

3.2 Anlagensicherheit

3.2.1 Vorkommnisse

Im Berichtsjahr war ein Vorkommnis zu verzeichnen, welches gemäss HSK-Richtlinie R-15 der Klasse B zugeordnet wurde. Auf der internationalen Bewertungsskala INES (siehe Anhang, Tabelle 4) wurde das Vorkommnis als 0 eingestuft.

Beim Start eines der vier Notstromdieselgeneratoren zum Warmlauf als Vorbereitung für eine Reaktorschutzprüfung öffnete das Startluftventil mit einer Verzögerung im Bereich von einigen zehn Sekunden. Bei der anschliessenden Reaktorschutzprüfung öffnete das Startluftventil normal. Da bei einer echten Anforderung kein vorgängiger Warmlauf stattfindet, wäre der Notstromdieselgenerator bei einer Anforderung mit gleichzeitigem Vorrangsignal und damit nicht gespeichertem Startsignal nicht angelaufen. Ein manueller Start des Notstromdieselgenerators wäre jedoch möglich gewesen.

Die Ursache für die Störung konnte auf Korrosionserscheinungen zurückgeführt werden. Es handelte sich um die erste derartige Fehlfunktion eines Startluftventils. Auch ist dem Hersteller des Ventils kein Präzedenzfall mit gleicher Ursache bekannt. Das Startluftventil wurde ersetzt und vom Hersteller untersucht. Dabei wurden Korrosion, Rostwasserablagerungen, Rostpartikel und gestocktes Fett gefunden, verursacht durch Kondenswasser. Zur Verhinderung einer Wiederholung des Vorkommnisses werden sämtliche Startluftventile durch den Hersteller inspiziert und konstruktiv auf den neusten Stand gebracht. Weiter wurden Massnahmen getroffen, um den Anfall von Kondenswasser und Korrosionsprodukten entscheidend zu vermindern. Die HSK beurteilte die von KKG getroffenen Sofortmassnahmen, die durchgeführten Abklärungen und die vorgesehenen weiteren Massnahmen als angemessen und verzichtete demzufolge auf weitergehende Forderungen.

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

3.2.2 Arbeiten während des Stillstands zum Brennelementwechsel

Während des Revisionsstillstandes vom 5. bis 24. Juni 2004 wurden Routinetätigkeiten wie Brennelementwechsel, Inspektionen mechanischer und elektrischer Einrichtungen, zerstörungsfreie Werkstoffprüfungen, wiederkehrende Funktionsprüfungen an Komponenten und Systemen sowie Instandhaltungs- und Änderungsarbeiten ausgeführt. Bei der Prüfung der Dampferzeugerheizrohre traten technische Probleme an der Prüfapparatur auf. Nach deren Behebung wurde das Prüfprogramm vollständig durchgeführt.

Einige Arbeiten sind nachfolgend aufgeführt.

- Am Reaktordruckbehälterdeckel wurden die Schweissnähte von fünf Steuerstabstutzen sowie von zwei Kerninstrumentierungsstutzen mit Ultraschall- und Farbeindringprüfungen untersucht. Die geprüften Teile waren ohne Befund. Bei der visuellen Prüfung des Deckels und seiner Aufbauten auf Borsäureablagerungen zeigten sich keine Anzeichen für Leckagen. Nach der im Jahr 2002 aufgetretenen Undichtheit des inneren Dichtrings der Reaktordruckbehälter-Deckeldichtung wurde 2002 und 2003 eine grössere Anzahl von Korrosionspunkten gefunden und durch Schweissen ausgebessert. 2004 wurde eine visuelle Kontrolle der Dichtnuten durchgeführt. Die Ergebnisse wurden mit den Resultaten der 2003 durchgeführten Untersuchungen verglichen; es zeigte sich kein Handlungsbedarf.

- In den Dampferzeugern 10 und 30 wurden alle Heizrohre einer Wirbelstromprüfung unterzogen. Im Dampferzeuger 30 wurden zwei Heizrohre, die eine Wanddickenschwächung von mehr als 50 % zeigten, vorbeugend mit Walzstopfen verschlossen. Fünf der zehn in den Dampferzeugern 10 und 30 vorhandenen Tellerfederstopfen wurden vorsorglich durch Walz- bzw. Schweissstopfen ersetzt. Der Austausch der restlichen Tellerfederstopfen wurde in Folge der bereits erwähnten Probleme bei der Heizrohrprüfung auf die in einem späteren Stillstand stattfindende Prüfkampagne verschoben. Die HSK beurteilte diese Verschiebung als zulässig, da der Ersatz der Tellerfederstopfen auf Grund der Erfahrung in anderen Kernkraftwerken und nicht infolge von im KKG festgestellten Mängeln erfolgt. Die Tellerfederstopfen wurden seinerzeit ebenfalls vorbeugend zur Verhinderung von Leckagen an Heizrohren mit Wanddickenschwächungen eingesetzt. Sekundärseitig wurde in allen Dampferzeugern der Rohrboden gereinigt und insgesamt 94 kg Ablagerungen entfernt. Aus dem Dampferzeuger 30 wurden zwei noch aus der Montagephase stammende Fremdkörper entfernt.
- An den Hauptkühlmittelpumpen 10 und 30 wurden die Hoch- und die Niederdruckdichtung ausgetauscht. Der Motor der Hauptkühlmittelpumpe 10 wurde einer Grossrevision unterzogen, wobei ein beschädigtes Lager ersetzt wurde. Die Kühlung der Ständerwicklung wurde auf Grund einer Herstellerempfehlung durch den Einbau eines neuen Lüfters verstärkt. Die Welle der Hauptkühlmittelpumpe 10 wurde erstmals einer Oberflächenrissprüfung mittels Wirbelstrom unterzogen. Die Wirbelstromprüfung ersetzt die früher durchgeführten Ultraschallprüfungen. Das Schwungrad wurde mit Ultraschall geprüft. Bei allen Prüfungen ergaben sich keine Befunde.
- Von den 142 geprüften mechanischen Stossbremsen erfüllten 23 die Anforderungen nicht und wurden ersetzt. 36 Rohrhalterungen und 146 hydraulische Stossbremsen wurden geprüft; alle erfüllten die Anforderungen.
- Der Hochdruckvorwärmer 11 im Maschinenhaus wurde infolge Verschleiss der Wärmeübertragerrohre vorsorglich ausgetauscht. Der neue Hochdruckvorwärmer weist rostfreie Rohre auf.
- Im Rahmen der zweiten von drei Etappen für den Ersatz der Kühlturmeinbauten wurden 30 % der Wasserverteilung und deren Tropfenabscheider ersetzt. Ein umlaufender Steg mit einer Feuerlöschringleitung wurde installiert, da nach dem Ersatz der unbrennbaren Asbest-Zement-Komponenten durch brennbare Polypropylen-Bauteile Brandschutzmassnahmen erforderlich sind für die Zeiten, während derer der Kühlturm nicht in Betrieb ist.
- Die Niederhaltefeder der mechanischen Einschaltsperre sämtlicher 10 kV- und 6 kV-Schalter wurde ersetzt, nachdem es in den vergangenen zwei Jahren zu zwei Federbrüchen gekommen war. Zur Vermeidung neuer Federbrüche wurden die Schaltstangen, welche die Federn durch Reibung bei Schaltvorgängen geschwächt hatten, in ihrer geometrischen Form optimiert.
- Die Schutzeinrichtungen für die 10 kV- und 6 kV-Verbraucher in einem Strang der elektrischen Eigenbedarfsversorgung wurden durch digital arbeitende Geräte ersetzt.
- In einem anderen Strang wurden die Batterien der Gleichstromversorgung ersetzt.
- Am Eigenbedarfstransformator 2 wurde eine Grossrevision durchgeführt. Der Transformator wurde entleert, das Öl aufbereitet. Eine stationäre Öltrocknungsanlage wurde installiert. Das Expansionsgefäss wurde durch einen geschlossenen Typ ausgetauscht. Die Instrumentierung und sämtliche Dichtungen wurden ersetzt.
- Der Reservepol des Blocktransformators wurde im Hinblick auf die durchzuführende Revision auf den Revisionsplatz verschoben. Nach der Revision wird der Reservepol jeweils als Ersatz für einen der drei zurzeit eingesetzten Pole eingesetzt, die nacheinander revidiert werden.
- Im Rahmen des Projekts ANTIKE zum Austausch von nicht ausreichend qualifizierten oder nicht qualifizierbaren Komponenten der Elektrotechnik wurden sechs Durchführungen

durch den Sicherheitsbehälter, ca. 30 Kabel, Klemmen von 15 Unterverteilern und fünf Temperaturmessungseinrichtungen ersetzt sowie ein neuer Unterverteiler montiert. Es handelte sich um das erste von insgesamt fünf Austauschpaketen. Mit dem Projekt ANTIKE werden festgestellte Nachweislücken bezüglich Kühlmittelverlust-Störfallfestigkeit bzw. Ringraumleckfestigkeit geschlossen.

Insgesamt zeigten die durchgeführten Prüfungen und Kontrollen gute Ergebnisse. Es ergaben sich keine Befunde, die den sicheren Betrieb der Anlage im Betriebszyklus 2004/05 beeinträchtigen würden.
Die Arbeiten während des Revisionsstillstands wurden mit hoher Qualität und unter Einhaltung der Vorgaben des Strahlenschutzes vorbereitet und durchgeführt.

3.2.3 Anlagenänderungen

Von den im Berichtsjahr ganz oder teilweise durchgeführten Anlagenänderungen seien folgende speziell erwähnt:

- Im Oktober 2004 wurde mit dem Bau des Nasslagers begonnen, in welchem abgebrannte Brennelemente gelagert werden sollen, bis ihre Wärmeleistung soweit abgeklungen ist, dass sie bei der ZWILAG in Würenlingen eingelagert werden können.
- Am zweiten der beiden Notstandsbrunnen wurde der Brunnenrand um einen Meter erhöht, die Brunnenpumpe sowie die Hilfskühlpumpe ersetzt und eine redundante Hilfskühlpumpe eingebaut. Der erhöhte Brunnenrand reduziert die Zeitintervalle, während derer der Brunnen wegen des hohen Grundwasserspiegels nicht für Inspektions- und Wartungsarbeiten geöffnet werden kann. Mit der redundanten Hilfskühlpumpe steht bei einer Funktionsuntüchtigkeit der ersten Hilfskühlpumpe eine weitere Pumpe zur Verfügung. Dies ist insbesondere dann wichtig, wenn die erste Pumpe infolge zu hohen Grundwasserstandes nicht sofort repariert werden kann. Der erste Notstandsbrunnen war bereits im Vorjahr in der gleichen Weise nachgerüstet worden.

3.2.4 Brennelemente und Steuerstäbe

Die niedrige Konzentration von Radionukliden im Reaktorkühlmittel lassen den Schluss zu, dass im Berichtsjahr 2004 keine Brennstab-Hüllrohrschäden aufgetreten sind. Für den 26. Betriebszyklus (2004/05) wurden während des Revisionsstillstandes 44 von insgesamt 177 Brennelementen durch Brennelemente mit wiederaufgearbeitetem Uran als Brennstoff (WAU-Brennelemente) ersetzt. Im 26. Betriebszyklus sind im Kern 72 WAU- und 56 MOX-Brennelemente eingesetzt. Die HSK hat sich davon überzeugt, dass die nachgeladenen Brennelemente den Qualitätsanforderungen für einen sicheren Betrieb entsprechen.
Zur Untersuchung des Brennstabverhaltens bei höherem Abbrand wurden wiederum Testbrennstäbe mit verschiedenen Hüllrohrmaterialien eingesetzt und inspiziert. Zudem wurden an der Struktur von abgebrannten Brennelementen Dimensions- und Oxiddickenmessungen vorgenommen. Die untersuchten Brennelemente zeigten ein gutes Betriebsverhalten.
Die Hüllrohre aller 48 Steuerstäbe wurden während des Revisionsstillstandes mittels Wirbelstromprüfung auf Wandschwächungen und Hüllrohrbeschädigungen untersucht. Auf Grund der Messergebnisse wurden 17 Steuerstäbe durch solche ersetzt, die bereits früher eingesetzt waren und gemäss der durchgeführten Prüfung weiterhin funktionstüchtig sind.

3.2.5 Bearbeitung der PSÜ-Pendenzen

Die Massnahmen und Pendenzen aus der PSÜ 1999 sind mehrheitlich abgeschlossen. Im Berichtsjahr wurden die Bearbeitung der noch offenen Punkte und die Umsetzung der auf Grund der Ergebnisse von Abklärungen notwendig gewordenen Folgemassnahmen fortgesetzt. Speziell erwähnt seien die folgenden Tätigkeiten:

- Die von der HSK geforderten Untersuchungen zum Blitzschutz wurden abgeschlossen und die erforderlichen Nachrüstungen definiert. Nach Freigabe durch die HSK wurde mit der baulichen Umsetzung der zusätzlichen Blitzschutzmassnahmen begonnen.
- Im Hinblick auf den für den Revisionsstillstand 2005 vorgesehenen Austausch der Primärsicherheitsventile (Projekt PISA) wurden im Berichtsjahr in der Anlage diverse Arbeiten ausgeführt wie Kernbohrungen in Beton, Setzen von Dichtrahmen, Ventil- und Rohrleitungsankerplatten, Versetzen von Dübelplatten, Einbau von neuen Durchführungen durch den Sicherheitsbehälter, Montage von Unterverteilern und Kabeln für die Leittechnik und Umbauarbeiten in Reaktorschutzschränken.
- Im Notspeisegebäude wurde mit der Umsetzung der baulichen Massnahmen zur Verbesse-

(von links) Zusammenbau des Axiallagers der Hauptkühlmittelpumpe.

Revision einer Hauptkühlwasserpumpe.

Instandhaltung der Stossbremsen der Sicherheitsarmaturen.

Fotos: KKG

rung der Erdbebensicherheit begonnen. Durch den Einbau von vorgespannten CFK-Lamellenverstärkungen wurde das Deionatbecken im Strang 4 nachgerüstet. Gleichzeitig wurde die Innenbeschichtung des Beckens vorsorglich ersetzt. Die Deionatbecken der weiteren Stränge werden im Rahmen der jeweiligen Strangrevisionen sequentiell ertüchtigt. Die Planung der Erdbebenverstärkung der Gebäudetragestruktur wurde fortgesetzt.

- Der Probebetrieb des neuen Prozessvisualisierungssystems wurde erfolgreich abgeschlossen und dessen Betrieb von der HSK freigegeben. Damit steht auch die geforderte verdichtete Darstellung sicherheitsrelevanter Parameter (Safety Parameter Display System, SPDS) inklusive optischer Alarmierung für Störfälle im Kommandoraum uneingeschränkt zur Verfügung.
- Auf die überarbeiteten Störfallvorschriften wird in Kap. 3.7.1 eingegangen.

3.3 Strahlenschutz

Im Kalenderjahr 2004 belief sich die Kollektivdosis im KKG auf 834 Pers.-mSv. Der Jahresgrenzwert für beruflich strahlenexponierte Personen wurde nicht überschritten und es traten keine Fälle von Inkorporationen auf. Die Kontaminationskontrollen der Luft und der Oberflächen in der Anlage gaben keine Hinweise auf unzulässige Kontaminationen.

Während der Revision 2004 wurde mit 721 Pers.-mSv die geplante Kollektivdosis von 680 Pers.-mSv nur geringfügig überschritten. Die höchste Individualdosis lag bei 11,6 mSv.

Die HSK überzeugte sich bei mehreren Inspektionen, dass im KKG ein moderner und guter Strahlenschutz betrieben 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 betrugen etwa 20 % des Jahresgrenzwertes.

Aus den tatsächlich über die Abluft und das Abwasser abgegebenen radioaktiven Stoffen wird unter ungünstigen Annahmen die Jahresdosis für Einzelpersonen der Bevölkerung in der Umgebung des KKG berechnet. Sie liegt mit unter 0,0010 mSv für Erwachsene und mit 0,0011 mSv für Kleinkinder 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 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 festgestellt. Die nach Art. 102 Absatz 3 der Strahlenschutzverord-

nung vorgegebenen Immissionsgrenzwerte für Direktstrahlung ausserhalb des Betriebsareals von 1 mSv pro Jahr für Wohn-, Aufenthalts- und Arbeitsräume 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 2004 der HSK verwiesen.

3.4 Radioaktive Abfälle

Radioaktive Rohabfälle fallen im KKG regelmässig aus den Wasserreinigungssystemen sowie der Abgas- und Fortluftreinigung an. Weitere Quellen sind der Austausch von Komponenten bei Instandhaltungs-, Umbau- oder Nachrüstmassnahmen sowie die bei allen vorgenannten Arbeiten anfallenden Verbrauchsmaterialien (Schutzkleider, Wischtücher, Folien, etc.). Der Anfall an radioaktiven Rohabfällen (vgl. Tabelle 8) war im Berichtsjahr etwas niedriger als im vergangenen Jahr und ist im internationalen Vergleich auf einem sehr niedrigen Niveau.
Die radioaktiven Rohabfälle werden gesammelt, kampagnenweise konditioniert und zwischengelagert. Der Bestand an unkonditionierten Abfällen im KKG ist sehr gering und praktisch unverändert; diese Abfälle werden in dafür vorgesehenen Räumlichkeiten der kontrollierten Zone aufbewahrt. Die für die Verarbeitung im Plasmaofen der ZWILAG bereitgestellten brenn- und schmelzbaren Rohabfälle wurden dorthin transportiert.
Als Konditionierungsverfahren kommen im KKG die Bituminierung von Harzen und von Konzentraten sowie die Zementierung von nicht brenn- oder schmelzbaren Abfällen zum Einsatz. Für alle angewendeten Verfahren liegen die gemäss der HSK-Richtlinie R-14 erforderlichen Typenfreigaben der HSK vor. Von Januar bis April 2004 wurden Konzentrate aus verschiedenen Tanks mit der Bituminierungsanlage endkonditioniert. Weitere Konditionierungsarbeiten grösseren Umfangs wurden 2004 nicht durchgeführt.
Die konditionierten Abfallgebinde werden routinemässig in die werkseigenen Zwischenlager eingelagert. Im kommenden Jahr werden durch die umfangreichen Arbeiten zum Projekt PISA sowohl grosse Schrottmengen als auch brennbare Abfälle und Isoliermaterial anfallen. Um diese Rohabfälle speditiv und aus Strahlenschutzaspekten optimiert entsorgen zu können, werden vorgängig ca. 1000 endkonditionierte Abfallgebinde aus dem werkseigenen Lager zum Zentralen Zwischenlager der ZWILAG transportiert. Die Vorbereitungsarbeiten hierzu wurden bereits im Berichtszeitraum begonnen. Die Abfälle sind in einem für alle schweizerischen Kernanlagen gleichen elektronischen Buchführungssystem erfasst, sodass alle wichtigen Informationen über Menge, Lagerort und radiologische Eigenschaften jederzeit verfügbar sind.
Im Sinne der Minimierung radioaktiver Abfälle wurden in 2004 aus dem KKG insgesamt 3.8 t Material gemäss den Vorgaben der HSK-Richtlinie R-13 freigemessen. Es handelte sich hierbei um Schrott und Öl.

Verschweissen der Speisewasserleitung mit dem neuen Hochdruck-Vorwärmer.
Foto: KKG

3.5 Notfallbereitschaft

Die Notfallorganisation KKG ist für die Bekämpfung aller Notfälle innerhalb des Werkareals zuständig. Mit einer zweckmässigen Führungsorganisation, geeigneten Führungsprozessen und angepassten Führungseinrichtungen zusammen mit einer optimalen Auslegung der Anlage haben die Werke die Notfallbereitschaft auf hohem Niveau sicherzustellen.
Die HSK hat im November an der Werksnotfallübung «Orkan» die Notfallorganisation beobach-

tet und beurteilt. Bei der Übung kamen die Notfallstab-Organisation, der Pikettingenieur und die Schicht sowie weitere Elemente zum Einsatz.
Die HSK kam auf Grund der Übungsbeobachtung zum Schluss, dass die angestrebten Übungsziele erreicht worden sind.
Die HSK hat im November im KKG eine unangemeldete Alarmierungsnotfallübung ausgelöst, bei welcher die Verfügbarkeit des Notfallstabes gemäss Notfallreglement überprüft wurde. KKG konnte die Übungsziele erreichen.
Die Inspektion der Bereitschaft der Notfallkommunikationsmittel zu externen Stellen hat gezeigt, dass die KKG-Einrichtungen einsatzbereit sind und in den inspizierten Punkten mit den Vorgaben übereinstimmen.

Anschliessen einer Druckglas-Kabeldurchführung durch die Sicherheitshülle.
Foto: KKG

3.6 Probabilistische Sicherheitsanalyse und Accident Management

Mit der probabilistischen Sicherheitsanalyse (PSA) werden schwere Unfälle analysiert und deren Konsequenzen bewertet (vgl. Kap. 1.6). Im Jahr 2004 wurden im Zusammenhang mit der werkspezifischen, regelmässig zu aktualisierenden PSA und im Bereich Accident Management im Wesentlichen folgende Arbeiten durchgeführt:

- Aus der im Jahr 2000 abgeschlossenen Bewertung der Periodischen Sicherheitsüberprüfung des KKG resultierte u. a. die Forderung der HSK, die eingereichten PSA-Studien zu aktualisieren. Ende 2003 und zu Beginn 2004 legte KKG eine aktualisierte PSA der Stufe 1 für den Volllastbetrieb vor. Schwerpunkte dieser Aktualisierung waren:
  - Berücksichtigung der bis 2003 durchgeführten Anlageänderungen,
  - Erfassung und Auswertung der bis 2000 gewonnenen Betriebserfahrung in Form von Zuverlässigkeitskenngrössen,
  - Erweiterung der PSA-Modelle zur Berücksichtigung verschiedener Betriebskonfigurationen und der vorgesehenen Notfallmassnahmen,
  - methodische Überarbeitung der menschlichen Zuverlässigkeitsanalyse und der Brandanalyse,
  - Ergänzung der thermohydraulischen Analysen.

Die HSK kam bei ihrer unabhängigen Überprüfung der aktualisierten PSA im Jahr 2004 zu dem Ergebnis, dass einzelne Aspekte zwar noch genauer abzuklären sind, dass die PSA-Studie in wichtigen Punkten jedoch verbessert wurde.

- KKG reichte im Rahmen der PSÜ-Massnahme M110 im Jahr 2004 eine detaillierte Analyse zur Containmentgefährdung durch Wasserstoffverbrennung bei einem schweren Unfall ein und stellte dabei auch ein Konzept zur Wasserstoffbeherrschung vor. Die von KKG durchgeführten Untersuchungen zeigen, dass die vorhandenen Systeme (z. B. das Durchmischungssystem, die gefilterte Druckentlastung sowie das grosse, gegen hohe Drücke ausgelegte Containment) und die vorgesehenen Notfallmassnahmen im Falle eines schweren Unfalls ein Containmentversagen durch Wasserstoffverbrennung mit grosser Wahrscheinlichkeit verhindern würden.
- KKG reichte auf Forderung der HSK erstmals eine probabilistische Ereignisanalyse (vgl. Kap. 2.6) ein. In dieser Analyse wurden für den Zeitraum 1998 bis 2003 alle in Frage kommenden Anlagenkonfigurationen systematisch identifiziert und analysiert. Die bedeutendste Risikospitze war im Jahr 2001 zu verzeichnen, als zeitgleich mit der Revision des Stranges 6 ein Fehler im Reaktorschutz-Signalpfad zu einer Unverfügbarkeit des Notstromdiesels im Strang 1 führte. Zu dem akkumulierten Risiko trugen vor allem die Strangrevisionen bei. Er-

wartungsgemäss wurden keine extremen Risikospitzen identifiziert und das akkumulierte Risiko blieb gering.

- Die Arbeiten zur Einführung von «Severe Accident Management Guidance» (SAMG, vgl. Kap. 1.6) wurden bei KKG im Jahr 2004 fortgeführt. KKG vergab im Jahr 2004 die Detailausarbeitung des vorgesehen SAMG-Konzepts (Erweiterung des Notfallhandbuchs) an einen externen Lieferanten. Ferner wurde eine Ausbildung des KKG-Personals auf dem Gebiet der schweren Unfälle durchgeführt. Hierzu erstellte KKG spezielle Schulungsunterlagen.
- Bei einem Störfall im KKG würden der HSK alle zwei Minuten 27 relevante Anlagenparameter via eigenes Übermittlungsnetz zugestellt und bei der HSK mit dem Störfallanalyseprogramm ADAM (vgl. Kap. 1.6) verarbeitet. Im Jahr 2004 konnte ADAM seine hohe Zuverlässigkeit im Onlinemodus auch für KKG unter Beweis stellen. Ferner wurde ADAM für die HSK-interne Schulung im Bereich der Reaktorsicherheit und für die Überprüfung KKG-spezifischer thermohydraulischer Analysen, z. B. zur Untersuchung der Erfolgskriterien bei kleinen und mittleren Kühlmittelverluststörfällen, genutzt.

Insgesamt gesehen zeigen die Ergebnisse der vom Betreiber des Kernkraftwerks Gösgen Ende 2003 eingereichten PSA-Studie, dass das KKG ein im internationalen Vergleich sehr hohes Sicherheitsniveau aufweist. Die mittlere Kernschadenshäufigkeit hat sich im Vergleich zur ursprünglichen, im Rahmen der PSÜ eingereichten PSA kaum verändert, hingegen ist der prozentuale Anteil von durch Erdbeben ausgelösten Unfällen in der aktualisierten PSA stark gestiegen. Diese Änderung ist auf wesentliche Fortschritte gegenüber der ursprünglichen PSA zurückzuführen. Die entsprechenden Verbesserungen wurden auf Grund einer Forderung der HSK bereits im Jahr 2001 vom Betreiber durchgeführt.

3.7 Personal und Organisation

3.7.1 Organisation und Betriebsführung

Die Organisation des KKG wurde im Berichtsjahr nicht verändert. Ende 2004 arbeiteten im KKG 395 Personen (2003: 394).

Das KKG hat in den letzten Jahren ein Qualitätsmanagementsystem erstellt, welches auf die Anforderungen der IAEA Safety Series No. 50-C/SG-Q

Kommandoraum, ergonomisch neu gestaltet und erdbebenertüchtigt.
Foto: KKG

«Quality Assurance for Safety in Nuclear Power Plants and other Nuclear Installations» ausgerichtet war. In der weiteren Entwicklung hat das KKG die Kompatibilität mit der Norm ISO-9001:2000 sichergestellt. Die Schweizerische Vereinigung für Qualitäts- und Managementsysteme (SQS) hat auf Grund der positiven Resultate der Audits dem Werk die Zertifikate ISO-9001 (Qualtitätsmanagement), ISO-14001 (Umweltmanagement) und OHSAS-18001 (Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz) erteilt. Die Ausrichtung auf die Normen bewirkte, dass das KKG schon vorhandene Vorschriften und Weisungen vereinheitlicht und in ihrer Hierarchiezuordnung systematisiert hat. Im Rahmen ihrer Aufsicht überprüft die HSK das Managementsystem in Hinblick auf die Erfüllung der Anforderungen von Standards bezüglich der nuklearen Sicherheit.

Im KKG bearbeitet eine eigens dafür eingesetzte Gruppe die Belange der Sicherheitskultur. Diese Gruppe hat im Berichtsjahr eine Broschüre mit Informationen und Anleitungen zu sicherheitsgerichtetem Verhalten erstellt. Diese soll insbesondere Angehörige von Fremdfirmen, aber auch Werksangehörige für Sicherheitsaspekte sensibilisieren und ihnen darstellen, wie sie zur Sicherheit im KKG beitragen können. Die HSK begrüsst es deshalb, wenn innovativ und abwechslungsreich auf Sicherheitsaspekte aufmerksam gemacht wird.

Im Rahmen der Periodischen Sicherheitsüberprüfung (PSÜ) forderte die HSK das KKG auf, die Störfallvorschriften zu überarbeiten. Einerseits sollten die Vorschriften nach neuesten Gesichtspunkten strukturiert werden (Ergänzung durch zusätzliche, symptomorientierte Elemente), um dadurch die Benutzer besser und zuverlässiger zu führen. Andererseits sollte durch entsprechende grafische Gestaltung und systematische Verwendung einer einheitlichen Nomenklatur die Benutzerfreundlichkeit der Vorschriften verbessert werden. Das KKG hat während der vergangenen vier Jahre die Störfallvorschriften einer umfassenden Überarbeitung unterzogen. Das KKG hat die einzelnen Vorschriften in aufwändigen Übungen in verschiedensten Szenarien am Simulator systematisch überprüft. Im Berichtsjahr wurden alle Reaktoroperateure, Schichtchefs und Pikettingenieure im Gebrauch der neuen Störfallvorschriften umfassend ausgebildet, sodass sie im Dezember 2004 in Kraft gesetzt werden konnten. Die HSK hat diese Revision sorgfältig verfolgt. Ihr war es ein besonderes Anliegen, dass das KKG systematisch überprüft, ob das Schichtpersonal durch die revidierten Vorschriften in seiner Arbeit wirksam unterstützt wird.

3.7.2 Personal und Ausbildung

Im Berichtsjahr lizenzierte das KKG auf Grund der erfolgreich bestandenen, von der HSK beaufsichtigten Prüfungen 4 Reaktoroperateure, 4 Schichtchefs und 2 Pikettingenieure. Die Anzahl lizenzierter Personen ist in Tabelle 2 zusammengestellt.

Die HSK inspizierte die Ausbildung des Betriebspersonals des KKG und konnte sich von dessen Qualität und Professionalität überzeugen. Die Ausbildungsgänge der einzelnen Funktionen, die zu erreichenden Lernziele, die Anforderungen an Kursteilnehmer und Ausbildner sind umfassend dokumentiert. Das Vorgehen zur Überprüfung der Anforderungen ist klar festgehalten. Für die Simulatortrainings wird mit differenzierten planerischen Mitteln sichergestellt, dass alle relevanten Betriebssituationen und die anzuwendenden Vorschriften mit der ihrer Bedeutung entsprechenden Häufigkeit geübt werden.

Die Schulung des lizenzierten Personals in der Anwendung der revidierten Störfallvorschriften war sehr umfassend und intensiv. Das lizenzierte Personal wurde in 14 Gruppen aufgeteilt. Jede Gruppe musste am Simulator 9 Störfällszenarien bewältigen. Die Störfälle waren so ausgewählt, dass sie die repräsentativen Teile der Vorschriften abdeckten. Diese Übungen und die jeweiligen Nachbesprechungen erstreckten sich für jede Übungsgruppe über mehrere Tage, sodass sie sich eingehend mit den Vorschriften vertraut machen konnte. Eine systematische Befragung der Beübten nach diesen Kursen ergab, dass sie die neuen Vorschriften als wirksame Unterstützung bei der Arbeit empfinden und dass sie sich bei deren Anwendung sicher fühlen.

3.8 Gesamtbeurteilung

Der Zustand des Kernkraftwerks Gösgen in Bezug auf nukleare Sicherheit, Betriebsführung und Strahlenschutz ist gut. Die Anlage wurde vorschriftsgemäss betrieben. Die einzige unvorhergesehene Abschaltung der Anlage hatte vorsorglichen Charakter. Die Sicherheit der Anlage war nicht beeinträchtigt.

Es gab ein klassiertes Vorkommnis zu verzeichnen, welches jedoch nur von geringer sicherheitstechnischer Bedeutung war. Das KKG hat die Ursache

rasch eruiert und die notwendigen Massnahmen eingeleitet, um gleichartige Vorkommnisse in Zukunft zu verhindern.

Im Rahmen ihrer Aufsicht hat die HSK unter anderem Inspektionen in den Bereichen Anlagenänderungen einschliesslich Meldewesen, System- und Komponentenprüfungen, Betrieb inklusive Dokumentation, Strahlenschutz, Ausbildung und radioaktive Abfälle durchgeführt. Die Mehrheit der 45 Inspektionen betraf den Revisionsstillstand. Aus den während des Revisionsstillstandes durchgeführten Inspektionen ergaben sich keine Forderungen an den Betreiber.

Die Brennelemente und Steuerstäbe sind in gutem Zustand. Es gab keine Brennstabhüllrohrschäden zu verzeichnen.

Von den aus der PSÜ aus dem Jahre 1999 resultierenden Verbesserungsmassnahmen wurden mehrere abgeschlossen. Die Umsetzung weiterer Folgemassnahmen wurde fortgesetzt.

Aus der Sicht des operationellen Strahlenschutzes wurden die Routinearbeiten sowie die Wiederholungsprüfungen und Instandhaltungsarbeiten erfolgreich durchgeführt. Die im Vergleich mit dem Vorjahr höhere Kollektivdosis war ausschliesslich durch den Umfang der durchgeführten Arbeiten bedingt. Die Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umwelt lagen deutlich unter den behördlich festgelegten Grenzwerten. Damit ergab sich für die Bevölkerung eine im Vergleich zur natürlichen Strahlenexposition unbedeutende Strahlendosis.

Im Berichtsjahr wurden erstmals brenn- und schmelzbare radioaktive Abfälle zur Verarbeitung im Plasmaofen der ZWILAG nach Würenlingen gebracht. Die notwendigen Vorkehrungen wurden getroffen, um die während des Revisionsstillstands 2005 auf Grund der umfangreichen Anlagenänderungen zu erwartenden radioaktiven Abfälle optimiert entsorgen zu können.

Sowohl bei der Werksnotfallübung als auch bei der Alarmierungsnotfallübung erreichten der Notfallstab und die Notfallequipen die gesetzten Ziele.

Das KKG aktualisierte Teile der werkspezifischen probabilistischen Sicherheitsanalyse (PSA) und nahm Verfeinerungen am Modell vor. Gemäss der aktuellen PSA weist das KKG eine mittlere Kernschadenshäufigkeit aus, die deutlich unter dem von der IAEA empfohlenen Richtwert für bestehende KKW liegt.

Die HSK verfolgt aufmerksam, wie die Kernkraftwerke ihre Sicherheitskultur mit verschiedenen Massnahmen und Methoden weiter entwickeln. Die Tatsache, dass das KKG zu diesem Zweck eine eigene Arbeitsgruppe einsetzt, wird von der HSK positiv beurteilt.

Die Revision der Störfallvorschriften war ein aufwändiges Projekt, welches das KKG mehrere Jahre intensiv beschäftigte. Neben den technischen Aspekten galt es auch arbeitswissenschaftliche Randbedingungen zu berücksichtigen. Bei der abschliessenden Überprüfung der Vorschriften wurde arbeitswissenschaftlichen Aspekten besondere Beachtung geschenkt.

Die hohe Arbeitsausnutzung und Zeitverfügbarkeit sowie eine geringe Anzahl störungsbedingter Abstellungen weisen insgesamt auf einen guten Zustand der Anlage und eine gute Betriebsführung hin.

Gesamtansicht des Kernkraftwerks Leibstadt.
Foto: KKL

4. Kernkraftwerk Leibstadt

4.1 Betriebsdaten und Betriebsergebnisse

Das Kernkraftwerk Leibstadt (KKL) ist eine Siedewasserreaktoranlage. Es nahm seinen kommerziellen Betrieb im Jahr 1984 auf. Die elektrische Nettoleistung beträgt 1165 MW. Weitere Daten des Werkes sind in den Tabellen 1a und 1b des Anhangs zu finden; Figur 9b zeigt das Funktionsschema einer Siedewasserreaktoranlage.

Die Anlage KKL verzeichnete in ihrem 20. Betriebsjahr eine Arbeitsausnutzung von 85,2 % und eine Zeitverfügbarkeit von 86,9 %. Der Revisionsstillstand dauerte 45 Tage.

Die Zeitverfügbarkeiten und die Arbeitsausnutzungen der letzten 10 Jahre sind in Fig. 1 dargestellt.

Im Februar wurde die Reaktorleistung auf Grund einer Störung in der Turbinen-Vordruckregelung kurzzeitig reduziert. Im Mai wurde der Reaktor für den Austausch einer Dichtung an einem der beiden Regelventile im Umwälzsystem für zwei Tage abgestellt. Eine ungeplante Reaktorschnellabschaltung fand im Oktober statt.

An mehreren heissen Tagen im Sommer musste infolge der hohen Kühlwassertemperatur die Reaktorleistung reduziert werden.

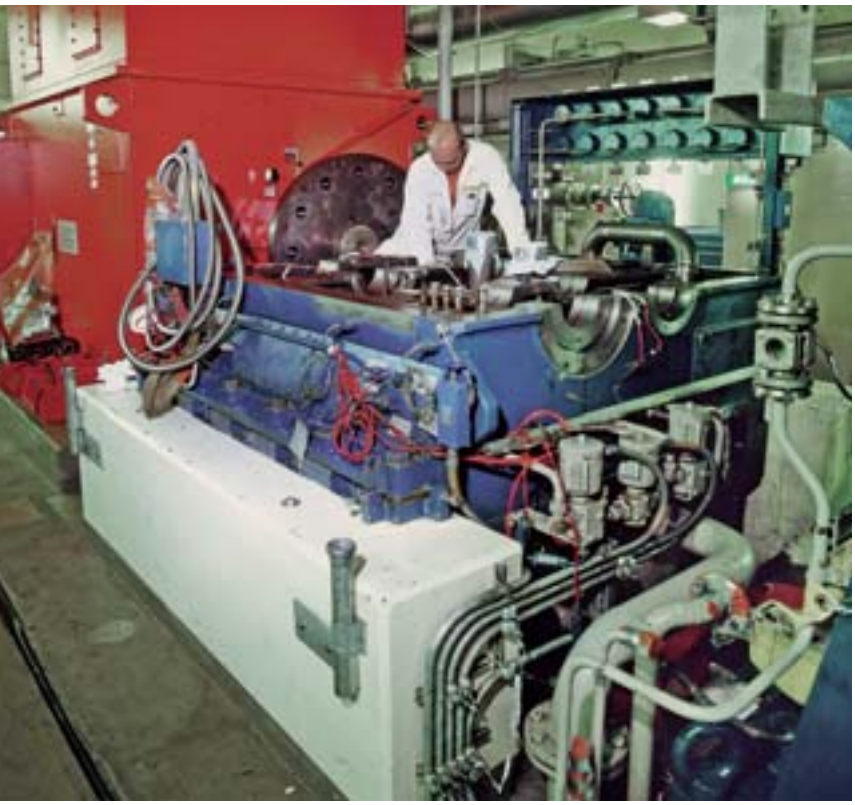
4.2 Anlagensicherheit

4.2.1 Vorkommnisse

Gemäss HSK-Richtlinie R-15, Berichterstattung über den Betrieb von Kernkraftwerken, hat die HSK vier Vorkommnisse der Klasse B zugeordnet. Zwei davon wurden der Stufe 1 und zwei der Stufe 0 der internationalen Bewertungsskala INES zugeteilt (siehe Anhang Tabelle 4). Im Folgenden werden diese Vorkommnisse näher beschrieben.

Zur Identifizierung und Behebung einer nicht identifizierbaren Leckage im Drywell genannten

inneren Teil des Containments wurde die Anlage am 27. Mai 2004 in den kalten Zustand abgefahren. Auf Grund einer Undichtheit an einem Brennstab-Hüllrohr war die Aktivität des Reaktorwassers erhöht und damit auch die Luftkontamination im Drywell. Damit der Drywell für die Inspektions- und Reparaturarbeiten betreten werden konnte, musste die Lüftungsanlage zunächst auf eine Betriebsart umgeschaltet werden, in welcher die Abluft über einen Aktivkohlefilter geleitet wird, um eine Emission von Iod-131 in die Umgebung zu verhindern. Anschliessend wurde die Lüftung in eine nur bei kalter Anlage zulässige Betriebsart umgeschaltet, in welcher bei grosser Zu- und Abluftmenge die Isolationsklappen zwischen dem Drywell und dem Containment offen stehen. Beim Wiederanfahren hätte eine Umschaltung erfolgen müssen, bei welcher diese Isolationsklappen geschlossen werden und die zu- und abgeführte Luftmenge reduziert wird. Dies erfolgte irrtümlicherweise nicht, wodurch eine Bestimmung der Technischen Spezifikation verletzt wurde. Die Betriebsmannschaft erkannte die fehlerhafte Betriebsart der Lüftungsanlage erst im Laufe des Anfahrens der Anlage und schaltete die Lüftung um. Bei diesem Vorkommnis kam es zu einer erhöhten Iod-Abgabe, welche etwa 2 % der genehmigten wöchentlichen Abgabe entsprach. Es wurden keine Personen kontaminiert. Das Vorkommnis wurde auf der internationalen Störfall-Skala (INES) wegen Verletzung der Technischen Spezifikation der Stufe 1 zugeordnet.



Das hydraulische Getriebe einer Speisewasserpumpe wird revidiert.
Foto: KKL

Bei der Analyse der Ursachen der erhöhten Iod-Abgabe zeigte sich, dass diese nicht allein mit der Betriebsweise der Containmentlüftung zu erklären war. Wie sich rekonstruieren liess, waren nach dem Umschalten des noch heissen Nachwärmeabfuhrsystems vom Abfahrkühlbetrieb auf Notkühlbereitschaft wegen des Temperaturgefälles 3 bis 4 m^3 Reaktorwasser aus einem zum Ansaugen von Wasser bestimmten Rohrleitungsabschnitt des Nachwärmeabführsystems rückwärts in die Druckabbaukammer geströmt. Dieser Effekt war bisher unbekannt, weil er bei Anlagezuständen ohne erhöhte Reaktorwasser-Aktivität keine Auswirkungen zeigt.

Während desselben Wiederanfahrvorgangs ereignete sich ein zweites Vorkommnis, das ebenfalls auf Grund der Verletzung einer Bestimmung der Technischen Spezifikation mit INES 1 bewertet wurde:

Da in den letzten Jahren im KKL schrittweise anstelle der bisherigen Brennelemente solche mit teillangen Stäben eingesetzt wurden, verschob sich der Moderatortemperatur-Koeffizient von Jahr zu Jahr weiter in Richtung des positiven Wertebereichs. Seit dem Brennelementwechsel im Sommer 2003 bestand der Kern erstmals fast ausschliesslich aus Elementen mit teillangen Stäben. Da der Moderatortemperatur-Koeffizient zudem im Laufe eines Jahreszyklus zunimmt, war er zum Zeitpunkt der reparaturbedingten Zwischenabstellung bei Betriebstemperaturen unter 140° C deutlich positiv. Weil der Reaktor bei einer Temperatur von 50° C kritisch gefahren wurde, zeigte die Anlage ein Verhalten, mit welchem die Betriebsmannschaft keine Erfahrung hatte und das auch nicht am Simulator geschult worden war. Dadurch nahm im Temperaturbereich unter 140° C der Neutronenfluss mit steigender Temperatur zu statt – wie von der Schichtmannschaft erwartet – bei gleich bleibender Stellung der Steuerstäbe abzunehmen. So wurde die zulässige Aufheizrate des Kühlmittels von 56° C pro Stunde vorübergehend mit 94° C pro Stunde deutlich überschritten. Erhöhte Aufheizraten führen zu einer stärkeren Belastung des Reaktordruckbehälters. Die später vorgenommene Analyse der am Reaktordruckbehälter aufgetretenen Spannungen ergab jedoch, dass das Material durch die erhöhte Aufheizrate

nicht in unzulässigem Masse belastet worden war. Die beiden zwischen dem 27. und 29. Mai 2004 während des Ab- und Wiederanfahrens der Anlage zur Behebung einer Leckage im Drywell aufgetretenen Vorkommnisse wurden durch das KKL intensiv untersucht. Gemäss den Ergebnissen trug eine Vielzahl von Faktoren zu den Vorkommnissen bei, insbesondere die Tatsache, dass die Anlage zum ersten Mal mit einem Kern angefahren wurde, der im Temperaturbereich unter 140° C einen nicht in diesem Ausmass erwarteten positiven Moderatortemperaturkoeffizienten aufwies. Das Wissen über die neuen Brennelement-Eigenschaften war im KKL zwar vorhanden, doch wurden deren Auswirkungen auf das Anlageverhalten im Voraus nicht ausreichend erkannt. Überdies zeigte das Personalverhalten verschiedene Schwächen, die über Ausbildungsmassnahmen, aber auch organisatorische und technische Veränderungen behoben werden müssen.

Das dritte der Klasse B zugeordnete Vorkommnis fand im Oktober statt. Bei den vorbereitenden Arbeiten für die Behebung einer Störung im Handkanal der Generatorspannungsregelung erfolgte eine unerwartete Umschaltung vom Automatikkanal auf den nicht betriebsbereiten Handkanal. Die hervorgerufenen Leistungs- und Spannungsschwankungen führten zum Ausfall der kraftwerksinternen Stromversorgung für die 10-kV- und 6,6-kV-Verbraucher, also insbesondere zum Ausfall der Speisewasser-, Hauptkondensat-, Hauptkühlwasser- und Umwälzpumpen. Auf Grund des sinkenden Reaktordrucks kam es zu einer Reaktorschnellabschaltung. Die nukleare Sicherheit der Anlage war gewährleistet.

Das vierte der Klasse B zugeordnete Vorkommnis betrifft einen Brennstabschaden mit geringer Uranauswaschung (siehe Kap. 4.2.4).

Vorkommnisse können nicht in jedem Fall vermieden werden. Umso wichtiger ist es deshalb, aus ihnen zu lernen und wirksame Korrekturmassnahmen abzuleiten. Die HSK hat die Bearbeitung der beiden mit INES-1 klassierten Vorkommnisse im KKL aufmerksam verfolgt und die Vorkommnisanalyse überprüft. Sie hat dabei feststellen können, dass das KKL das Instrument «Sicherheit durch organisatorisches Lernen» (SOL) zur Analyse von Vorkommnissen mit grossem Erkenntnisgewinn anwendet. Das SOL-Verfahren wurde von der Technischen Universität Berlin für Kernkraftwerke entwickelt und das KKL hat an der Entwicklung massgebend mitgewirkt. Das Instrument erlaubt es, Vorkommnis-Abläufe in Ereignisbausteine zu zerlegen und zu jedem dieser Ereignisbausteine die beitragenden organisatorischen und menschlichen Faktoren zu identifizieren.

Die ersten beiden Vorkommnisse erfolgten wegen organisatorischen Schwächen und menschlichen Fehlern, und beim dritten und vierten Vorkommnis handelte es sich hauptsächlich um ein technisches Versagen einer Ausrüstung.

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

4.2.2 Arbeiten während des Stillstands zum Brennelementwechsel

Der Revisionsstillstand vom 7. August bis zum 21. September 2004 war der letzte im Rahmen des per Ende 2004 auslaufenden zweiten zehnjährigen Prüfintervalls. Er war für die Dauer von 35 Tagen geplant. Die Revisionszeit musste jedoch insbesondere wegen Schäden an den beiden Umwälzpumpen auf 45 Tage verlängert werden. Es standen eine Vielzahl von wiederkehrenden Prüfungen an.

Ein Brennelementschaden erschwerte wegen der örtlich erhöhten Iodwerte die Arbeiten in der Anfangsphase des Revisionsstillstandes. Die chemische Dekontamination von Teilen der Primäranlage brachte in weiten Bereichen den erwarteten Erfolg und erleichterte die Instandhaltungsarbeiten.

Im Revisionsstillstand wurden verschiedene Routinetätigkeiten wie Brennelementwechsel, Inspektionen an elektrischen und mechanischen Einrichtungen, zerstörungsfreie Werkstoffprüfungen, wiederkehrende Funktionsprüfungen an Komponenten und Systemen sowie Instandhaltungs- und Änderungsarbeiten durchgeführt.

Nachfolgend sind, gruppiert nach Prüfungsart, die wichtigsten zerstörungsfreien Prüfungen im Rahmen des Wiederholungs-Prüfprogramms an Behältern und Rohrleitungen aufgeführt.

Manuelle Ultraschallprüfungen:

Insgesamt wurden 75 manuelle Ultraschallprüfungen an Schweissnähten des Speisewasser-, Reaktorwasserreinigungs-, Notkühl-, nuklearen Dampferzeugungs- und des Reaktorwasserumwälzsystems durchgeführt. Es wurden keine meldepflichtigen Befunde festgestellt.

Trotz der chemischen Dekontamination des Reaktorwasserreinigungssystems verblieben vereinzelt hohe Ortsdosisleistungen an Wärmetauschern, Nachkühlern und Rohrleitungen, was die Durchführung der geplanten Prüfungen erschwerte. Die Prüfarbeiten konnten speziell im Bereich der Wär-

metauscher und Nachkühler nicht wie geplant durchgeführt werden. Die geplanten inneren Prüfungen an diesen Komponenten wurden ausnahmsweise durch Ultraschallprüfungen und Wanddickenmessungen an der drucktragenden Schale ersetzt. Die HSK hat unter Beachtung der ALARA-Grundsätze die Freigabe für die alternativen Prüfungen erteilt, die gemäss der Festlegung NE-14 bei hoher Strahlung zulässig sind.
Die HSK verlangt mittelfristig eine Verbesserung der Situation. KKL wird ein Konzept erarbeiten, wie zukünftig Prüfungen der Wärmetauscher und Nachkühler des Reaktorwasserreinigungssystems ALARA-konform durchgeführt werden sollen.

Mechanisierte Ultraschallprüfungen:

- Sechs Rohrrundnähte des Reaktorwasser-Umwälzsystems wurden auf Grund von früheren meldepflichtigen Befunden einer Nachprüfung unterzogen. Die entsprechenden mechanisierten Prüfungen waren von sehr guter Qualität. Es wurden keine neuen Anzeigen registriert.
- An Stutzen des Reaktordruckbehälters wurden 31 Schweissnähte mechanisiert geprüft. Auf Grund der hohen Ortsdosisleistungen bei den Prüfungen der Stutzennähte am Reaktordruckbehälter wurden an separat aufgebauten Testständen im inaktiven Bereich zuvor die Handhabung und Montage des Manipulators trainiert, damit bei den Prüfungen vor Ort die Arbeitsabläufe eingespielt sind und die akkumulierten Dosen reduziert werden. Es wurden keine meldepflichtigen Anzeigen festgestellt.

  Für die Prüfung der Einschweissnähte der Gehäuse der Steuerstabantriebe am Reaktordruckbehälterboden kam ein neuer Manipulator zum Einsatz. Mit einer kombinierten Ultraschall- und Wirbelstromprüfung konnten die Prüfbereiche der Einschweissnähte und der Rundnähte gleichzeitig erfasst werden. An einem inaktiven Teststand wurden Verifikationsprüfungen durchgeführt. Die Prüfergebnisse an den Steuerstabantriebsgehäusen des Reaktordruckbehälters ergaben keine meldepflichtigen Anzeigen. Die Prüfungen zeigten keine Anzeichen für Spannungsrisskorrosion oder andere relevante Fehler.

  Der Manipulator für die Prüfung der Einschweissnähte der Instrumentierungsgehäuse am Reaktordruckbehälterboden wurde modifiziert. Damit konnten auch die Prüfbereiche für die Rundnähte erfasst werden. Auch hier wurden vor dem Einsatz am Reaktordruckbehälter Verifikationsprüfungen an einem inaktiven Teststand durchgeführt. An den Instrumentierungsgehäusen wurden weder mit Ultraschall- noch mit Wirbelstromprüfungen meldepflichtige Anzeigen festgestellt.

  Einige geplante mechanisierte Prüfungen mussten von Hand durchgeführt werden. Grund dafür war eine ungenügende Vorbereitung und Qualifizierung an den Testständen. Das führte zu Verzögerungen im Ablauf dieser Prüfungen. Alle Stutzennähte sollen zukünftig mechanisiert geprüft werden. Die HSK forderte, die Prüfmanipulatoren für die mechanisierten Ultraschallprüfungen künftig rechtzeitig vor der nächsten Prüfung zu ertüchtigen und geeigneten Verifikationstests zu unterziehen. Die Qualifizierung der Prüfverfahren soll zudem vier Monate vor den jeweiligen Revisionsstillständen abgeschlossen sein.

Durchstrahlungsprüfungen:

Insgesamt wurden neun Durchstrahlungsprüfungen an Schweissnähten der Reaktorwasserreinigungs-, Kernisolationskühl- und Reaktorwasserumwälzsysteme durchgeführt.
Die HSK hat unter Berücksichtigung der ALARA-Grundsätze dem Antrag des KKL zugestimmt, auf gewisse geplante Ultraschallprüfungen an Rohrleitungen des Reaktorwasser-Reinigungssystems zu verzichten und sie ausnahmsweise mit Durchstrahlungsprüfungen zu ersetzen. Dadurch wurden die Prüfzeit in Bereichen hoher Ortsdosisleistungen und die akkumulierte Dosis reduziert. Die Prüfungen ergaben keine meldepflichtigen Anzeigen.

Visuelle Prüfungen:

- Die Innenseiten des Reaktordruckbehälters und die Kerneinbauten wurden wie in den Vorjahren mit Unterwasserkameras entsprechend einem umfassenden Prüfprogramm inspiziert, um eventuelle Risse und Abweichungen von den ursprünglichen Konturen zu erkennen. Es wurden keine Befunde festgestellt.
- Im Rahmen des Alterungsüberwachungsprogramms wurden Bereiche mit starker Korrosion im Unterwasserbereich des Druckabbaubeckens festgestellt. Der sichere Betrieb ist dadurch nicht beeinträchtigt.

Andere Prüfungen:

- An den Containmentdurchdringungen wurden 46 Dichtheitsprüfungen ausgeführt. An den Containment-Isolationsarmaturen wurden 47 Dichtheitsprüfungen durchgeführt. Die in den Technischen Spezifikation angegebenen Limi-

ten für zulässige Leckraten wurden bei allen Prüfungen mit grossem Abstand eingehalten.

- Die wiederkehrende Druckprüfung des Reaktordruckkühlsystems erfolgte bei einem 1,25-fachen Auslegungsdruck. Nach einer Stunde Haltezeit bei 107,7 bar wurden Kontrollrundgänge durchgeführt. Die Prüfkriterien für die wiederkehrende Druckprüfung wurden erfüllt. Beim Drucktest wurden auch die angeschlossenen Primärrohrleitungen bis zu den ersten Isolationsarmaturen diesem Prüfdruck ausgesetzt. Einige kleine Undichtheiten wurden an einigen Armaturen festgestellt und durch den Austausch von Dichtungen behoben.
- Innerhalb des Prüfintervalls von zehn Jahren ist der gesamte in der Festlegung NE-14 vorgeschriebene Prüfumfang abzuarbeiten. Im abgelaufenen Prüfzyklus wurden ca. 4500 Prüfungen durchgeführt. Neun Prüfungen sind in den nächsten Zyklus verschoben worden. Die HSK war mit diesem Vorgehen einverstanden.

Wichtige maschinentechnische Instandhaltungsarbeiten in der Primäranlage waren:

- Am Steuerstabantriebssystem wurden 16 Steuerstabantriebe durch revidierte Reserveantriebe ersetzt. Austauschkriterien waren die gemessenen Reibwerte und das Instandhaltungs-Intervall. Zudem wurden an 16 hydraulischen Steuereinheiten und deren Ein- und Auslassventilen Revisionsarbeiten durchgeführt.

  Beim Bewegen der Steuerstäbe anlässlich des Wiederanfahrens nach dem Revisionsstillstand stellte die Betriebsmannschaft fest, dass ein Steuerstab von selbst in den Reaktor hineindriftete. Als Ursache wurde eine Undichtigkeit eines Auslassventils identifiziert. Die Undichtigkeit wurde behoben.
- Bei der Inspektion der Verdrehsicherungs-Stifte an den Wasserabscheider-Bolzen wurden im Revisionsstillstand 2003 unbedeutende Verschleissspuren festgestellt. Bei der Inspektion im Jahre 2004 konnten keine Veränderungen detektiert werden. Das KKL hat mit Zustimmung der HSK 16 statt der ursprünglich 32 Wasserabscheider-Bolzen gesetzt.
- Bei der Revision der Umwälzpumpen wurden starke Kavitationsschäden an den Führungsbuchsen der hydrostatischen Lager festgestellt. Die defekten Stellen an den Führungsbuchsen wurden ausgedreht und mittels mechanisiertem Orbitalschweissverfahren in mehreren Lagen wieder aufgeschweisst. Auch an den erodierten Unterkanten der Wärmetauscher der Umwälzpumpen wurden Auftragsschweissungen vorgenommen. Die Reparaturarbeiten wurden nach der Freigabe durch die HSK vom KKL mit eigenem Personal durchgeführt und haben die geplante Stillstandszeit um sechs Tage verlängert. Die HSK hat festgestellt, dass die komplexen Arbeiten sorgfältig geplant und unter Beachtung der strahlenschutztechnischen Aspekte erfolgreich durchgeführt wurden.
- Wie in jedem zweiten Revisionsstillstand wurden acht Sicherheits- und Abblaseventile durch Reserveeinheiten ausgetauscht. Die Schaltfunktionen der pneumatischen Steuerblöcke aller 16 Ventile wurden geprüft. Sie zeigten, dass alle Steuerblöcke einwandfrei funktionierten.
- Die Sanierung der gedämpften Speisewasser-Rückschlagventile wurde mit dem Umbau der letzten zwei von insgesamt sechs Ventilen abgeschlossen. An sämtlichen gedämpften Speisewasser-Rückschlagventilen der beiden Speisewasserstränge wurden Dichtheitsprüfungen durchgeführt. Die Anforderungen der Technischen Spezifikationen sind erfüllt.

Wichtige maschinentechnische Instandhaltungsarbeiten in der Sekundäranlage waren:

- An einer Niederdruckturbine wurde eine grosse Revision durchgeführt. Die Turbine wurde abgedeckt und der Rotor ausgehoben. Die umfangreichen Prüfungen ergaben keine besonderen Befunde.
- Bei allen drei Speisewasserpumpen wurden wie in jedem Revisionsstillstand die saugseitig angebrachten Siebe ausgebaut und inspiziert. Die Siebe dienen dazu, Verunreinigungen aus der Sekundäranlage am Übertritt in die Primäranlage zurückzuhalten. Es wurden nur geringe Verunreinigungen festgestellt.
- Eine der drei Speisewasserpumpen wurde im Rahmen einer Totalrevision auseinandergebaut. Es wurden keine nennenswerte Befunde festgestellt.

Wichtige elektrische und leittechnische Instandhaltungsarbeiten:

- Die Revisions-, Überprüfungs- und Wartungsarbeiten sind gemäss der vorgesehenen Planung und entsprechend den Prüfvorschriften durchgeführt worden.
- Im Bereich der Starkstromanlagen fanden Arbeiten am Blocktransformator, Turbogenerator, Generatorschalter, an Pumpenantriebsmotoren

und Mittelspannungs- sowie Niederspannungsanlagen statt. Der Blocktransformatorpol der Phase S wurde gegen den revidierten Reservepol ausgetauscht. Am Turbogenerator wurden lose Stator-Nutkeile ersetzt, Antriebsmotoren wurden überholt oder durch revidierte Komponenten ersetzt, der Generatorschalter und einige Mittel- und Niederspannungsschalter komplett revidiert.

- Die Instandhaltungsarbeiten im Bereich der Leittechnik betrafen diverse Regelungen wie jene der Turbinen- und Speisewassersysteme, aber auch das Steuerstabfahr- und Anzeigesystem sowie die Messeinrichtungen zur lokalen Bestimmung des Neutronenflusses.
- Bei elektro- und leittechnischen Einrichtungen wurden die erforderlichen Kalibrierungen, Funktionstests und Überprüfungen vorgenommen, die aus Sicherheitsgründen nur im Revisionsstillstand durchgeführt werden können. Das Verhalten der elektronischen Regelkreise inklusive Instrumentierung wurde überprüft und aufgezeichnet. Die Systemfunktionstüchtigkeit wurde damit nachgewiesen und der insgesamt gute Zustand festgestellt.

Die HSK hat sich vor, während und nach dem Revisionsstillstand mit über 40 Inspektionen und Fachgesprächen sowie auf Grund der Prüfung der eingereichten Unterlagen über den Umfang und die Qualität der durchgeführten Arbeiten, den betriebsbereiten Zustand und die durchgeführten Tests im Rahmen des Wiederanfahrprogramms informiert. Sie zieht folgende Schlussfolgerungen:
Bei den Instandhaltungsarbeiten, Prüfungen und Inspektionen sind keine Mängel festgestellt worden, welche die Anlagensicherheit beeinflussen.
Die rund 450 Funktionsprüfungen, die gemäss dem System- und Logik-Funktionstest-Programm durchgeführt wurden, ergaben keine sicherheitstechnisch relevanten Befunde. Dies trifft auch für die Funktionsprüfungen im Nachgang zu den durchgeführten Anlagenänderungen zu.
Aus der Sicht der HSK ist hervorzuheben, dass in weiten Bereichen die Stillstandstätigkeiten unter Einhaltung der erforderlichen Qualität und unter Beachtung der Strahlenschutzvorgaben professionell geplant und durchgeführt wurden. Positiv ist insbesondere die Durchführung der Reparaturarbeiten an den Führungsbuchsen der hydrostatischen Lager der Umwälzpumpen hervorzuheben.
Die HSK hat jedoch festgestellt, dass die wiederkehrenden Prüfungen an den Durchführungen der Steuerstäbe und Instrumentierungen am Reaktordruckbehälter unzureichend geplant und durchgeführt wurden. Die Geräte mussten nachträglich angepasst und die mechanisierten Prüfungen teilweise von Hand durchgeführt werden. Diese Prüfungen sind zukünftig besser vorzubereiten.

4.2.3 Anlagenänderungen

Im Bereich der Primär- und Sekundäranlage wurden zahlreiche Änderungen durchgeführt, die die Sicherheit und Verfügbarkeit der Anlage erhöhen und zukünftig auch den Instandhaltungsaufwand und die damit verbundenen Personendosen teilweise reduzieren.

Wichtige maschinentechnische Anlagenänderungen waren:

- Zur Verhinderung von Wasserstoffansammlungen wurden an den Abblaseleitungen der 16 Sicherheitsventile je zwei Rekombinatoreinsätze eingeschraubt. Damit wird das Risiko einer Wasserstoff-Verpuffung und die damit verbundenen möglichen Komponentenschäden reduziert. Diese Nachrüstung erfolgte auf Grund von Vorkommnissen in Anlagen in Deutschland und Japan.
- An den beiden Pumpen des Steuerstab-Antriebssystems wurden automatische Mindestmengenventile eingebaut. Bisher mussten die Mindestmengenventile zum Ende des Betriebs-

Blick in den Kommandoraum.
Foto: KKL

zyklus und bei einer Pumpenumschaltung von Hand bedient werden. Zudem wurden vier Rückschlagklappen besser positioniert, zwei davon wurden ersetzt. Diese Massnahmen erhöhen die Funktionssicherheit des Steuerstab-Antriebssystems.

- An den Reaktorwasser-Umwälzpumpen wurden die bestehenden Gleitringdichtungen durch verbesserte Dichtungen ersetzt, um deren Einsatzdauer zu erhöhen. Es wurden vormontierte Einsätze verwendet, damit der zukünftige Aufwand bei der Instandhaltung und der damit verbundene Beitrag zur Individual- und Kollektivdosis reduziert wird.
- Ein Drosselventil mit nicht reparabel verschlissenem Ventilsitz im Reaktorwasser-Reinigungssystem wurde ersetzt. Der Ersatz wurde möglich, weil mit der Systemdekontamination in diesem Bereich relativ günstige radiologische Voraussetzungen geschaffen wurden.
- Die Arbeitsbühne unterhalb des Reaktordruckbehälters wurde mit zwei halbkreisförmigen Segmenten erweitert. Dadurch wurden die Arbeitsbedingungen und die Arbeitssicherheit bei den Steuerstabantrieben wesentlich verbessert. Die HSK anerkennt die professionelle Planung und Durchführung dieser schwierigen Arbeiten, die unter restriktiven Strahlenschutzbedingungen stattfanden.

Die im Berichtsjahr durchgeführten elektrischen und leittechnischen Anlageänderungen dienten vor allem der Modernisierung einzelner Systeme, um eine zukünftige Ersatzteilbeschaffung und ein optimales Instandhaltungsvorgehen gewährleisten zu können. Ausserdem sollen die Systeme dem neuen Stand der Technik angepasst werden. Erwähnenswerte Beispiele sind:

- Für die Aktivitätsmessung an den Frischdampfleitungen wurden neue Messwertverarbeitungseinheiten installiert.
- Im Rahmen der geplanten Leitanlagenmodernisierung (Projekt ANIS+) konnten die erforderlichen Datennetzwerke (Control- und Client-Server), die Signalübertragung, die Prozessbeobachtungsstationen inklusive der Bedienstation für die fahrbare Eichvorrichtung der Neutronenflussinstrumentierung des Leistungsbereichs und die Schnittstelle zum Kernüberwachungsrechner erfolgreich implementiert werden.
- Bei der Erdbebeninstrumentierung wurden neue Sensoren inklusive Registriereinheiten und eine gemeinsame Zentraleinheit eingebaut. Die Geräte entsprechen dem neuesten Stand der Technik. Die Standorte der Beschleunigungsaufnehmer wurden bis auf den Freifeldstandort beibehalten. Mit dem neuen System wird die nach einem Erdbeben geforderte Datenauswertung wesentlich erleichtert.

4.2.4 Brennelemente und Steuerstäbe

Im 20. Betriebszyklus (2003/2004) wies der Verlauf der Reaktorwasser- und Abgasaktivität auf Brennelementschäden hin. Beim Abfahren zum Revisionsstillstand und der anschliessenden Dichtheitsprüfung aller Brennelemente wurde ein defektes Brennelement identifiziert. Die Inspektion zeigte einen schadhaften Brennstab mit geringer Uranauswaschung (<10 g). Als primäre Schadensursache wurde Fremdkörperreibung ermittelt. Seit dem Revisionsstillstand wurde kein Brennstoffschaden festgestellt.

Während des Brennelementwechsels wurden 124 frische Brennelemente des Typs SVEA96-Optima2 nachgeladen. Sie sind mit besonders wirksamen Fremdkörperfiltern ausgestattet. Die HSK hat sich davon überzeugt, dass die nachgeladenen Brennelemente den Qualitätsanforderungen für einen sicheren Betrieb entsprechen.

Die Borsäurekonzentration im Reaktorwasser war auch im Berichtszeitraum erhöht, was auf Undichtheit von Steuerstäben zurückzuführen ist. Gemäss seiner Steuerstab-Austauschstrategie hat

der Betreiber während des Revisionsstillstandes 28 stark bestrahlte Steuerstäbe durch neue ersetzt. Dieser Ersatz zeigt bisher immer noch nicht die gewünschte Wirkung, da die Borsäurekonzentration auch nach dem Wiederanfahren zum 21. Zyklus noch nicht auf ihr normales Niveau zurückgegangen ist. Die HSK lässt sich daher vom Betreiber weiterhin regelmässig über den Verlauf der Borsäurekonzentration im Reaktorwasser informieren. Trotz Undichtheiten ist eine ausreichende Abschaltwirksamkeit der Steuerstäbe gewährleistet.

4.3 Strahlenschutz

Im Kalenderjahr 2004 belief sich die Kollektivdosis im KKL auf 1791 Pers.-mSv. Die höchste im KKL akkumulierte Individualdosis beträgt 17,0 mSv und liegt damit unter dem Dosisgrenzwert der Strahlenschutzverordnung für beruflich strahlenexponierte Personen von 20 mSv pro Jahr. Es trat ein Fall von geringer Inkorporation mit einer Folgedosis von 0,3 mSv auf. Die Kontaminationskontrollen der Luft und der Oberflächen in der Anlage gaben keine Hinweise auf unzulässige Kontaminationen.

Wichtigste dosisminimierende Massnahme war zu Beginn des Revisionsstillstandes die chemische Dekontamination des Reaktorwasser-Umwälzsystems A und des Reaktorwasser-Reinigungssystems. Dadurch wurde eine Dosiseinsparung von zirka 2000 Pers.-mSv erzielt.

Die temporäre Installation einer Anlage zur Dekontamination ausgebauter Komponenten hat sich als sehr nützlich erwiesen. Ohne vorgängige Dekontamination wären auf Grund der sehr hohen Ortsdosisleistungen die notwendig gewordenen Reparaturen der Umwälzpumpen aus Sicht des Strahlenschutzes nicht möglich gewesen. Insgesamt konnten bei den Revisionsarbeiten mit einer Kollektivdosis von 1522 mSv die Dosisplanungsziele eingehalten bzw. unterschritten werden.

Die HSK überzeugte sich bei mehreren Inspektionen, dass im KKL ein guter Strahlenschutz betrieben wurde. Die Zonenübertritte wurden bei der hohen Anzahl von 1200 Personen von Fremdfirmen stark frequentiert. Dennoch ergaben sich bei den Übergängen in die Strahlenschutzzone keine nennenswerten Verzögerungen. Strahlenschutzmaterial war immer ausreichend und in guter Qualität vorhanden. Aus Sicht des operationellen Strahlenschutzes wurden die Routinearbeiten und die Arbeiten im Rahmen der sicherheitstechnisch vorgeschriebenen Wiederholungsprüfungen erfolgreich durchgeführt.

Ausgesprochen viele Arbeiten wurden im Maschinenhaus durchgeführt. Hier wie auch in der gesamten kontrollierten Zone hat die HSK eine gute Zusammenarbeit zwischen dem Instandhaltungs- und dem Strahlenschutzpersonal feststellen können.

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 betrugen etwa 10 % des Jahresgrenzwertes.

Aus den tatsächlich über die Abluft und das Abwasser abgegebenen radioaktiven Stoffen wird die Jahresdosis für Einzelpersonen der Bevölkerung in der Umgebung des KKL unter ungünstigen Annahmen berechnet. Sie liegt bei ca. 0,0026 mSv für Erwachsene und 0,0049 mSv für Kleinkinder und damit deutlich unterhalb des quellenbezogenen Dosisrichtwerts von 0,3 mSv/Jahr gemäss der HSK-Richtlinie R-11.

Die Dosisleistungs-Messsonden des von der HSK betriebenen Messnetzes (MADUK) in der Umgebung des Werkes ergaben keine durch den Betrieb der Anlage erhöhten Werte. Im Nahbereich eines Siedewasserreaktors ist die Ortsdosisleistung durch Direkt- und Streustrahlung aus dem Maschinenhaus erhöht. Die Thermolumineszenz-Dosimeter (TLD), die an mehreren Stellen am Zaun des Kraftwerkareals die Dosis messen, zeigten mit einem Jahreshöchstwert von 3,3 mSv keine signifikante Veränderung gegenüber dem Vorjahr (Jahreshöchstwert 2003: 3,9 mSv inkl. natürlichem Untergrund). Bei den quartalsweise von der HSK zur Kontrolle durchgeführten Messungen an der Umzäunung des KKL wurden ebenfalls keine signifikanten Veränderungen festgestellt. Die in Art. 102 Absatz 3 der Strahlenschutzverordnung vorgegebenen Immissionsgrenzwerte für Direktstrahlung ausserhalb des Betriebsareals von 1 mSv pro Jahr für Wohn-, Aufenthalts- und Arbeitsräume und von 5 mSv pro Jahr für andere Bereiche wurden eingehalten.

Für detailliertere Angaben zur radiologischen Situation innerhalb und ausserhalb der Anlage Leibstadt wird auf den Strahlenschutzbericht 2004 der HSK verwiesen.

4.4 Radioaktive Abfälle

Radioaktive Rohabfälle fallen im KKL regelmässig aus den Wasserreinigungssystemen, der Abgas-

Im Lagergebäude für Brennelemente stehen zwei Transport- und Lagerbehälter. Diese Behälter dienen dem Transport und der Zwischenlagerung abgebrannter Brennelemente.
Foto: KKL

und Fortluftreinigung und von verbrauchten Brennelementkästen an. Weitere Abfälle stammen aus dem Austausch von Komponenten bei Instandhaltungs-, Umbau- oder Nachrüstmassnahmen sowie von Verbrauchsmaterialien (Schutzkleider, Wischtücher, Folien, etc.). Der Anfall an radioaktiven Rohabfällen (vgl. Tabelle 8) war im Berichtsjahr etwas niedriger als im Jahr 2003; er 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 zwischengelagert. Der Bestand an unkonditionierten Abfällen ist im KKL sehr gering und praktisch unverändert. Diese Abfälle werden in dafür vorgesehenen Räumlichkeiten der kontrollierten Zone aufbewahrt. Die für die Verarbeitung im Plasmaofen der ZWILAG bereitgestellten brenn- und schmelzbaren Rohabfälle wurden im Jahre 2004 dorthin abtransportiert.

Als Konditionierungsverfahren kommt im KKL ausschliesslich die Zementierung zum Einsatz. Für alle angewendeten Verfahren liegen die gemäss der HSK-Richtlinie R-14 erforderlichen Typenfreigaben der HSK vor. Über das Jahr wurden anlässlich zweier Kampagnen ausgediente Harze mit der Verfestigungsanlage zementiert. Weitere Konditionierungsarbeiten grösseren Umfangs wurden im 2004 nicht durchgeführt.

Die konditionierten Abfallgebinde werden routinemässig in das werkseigene Zwischenlager eingelagert. Die Daten aller radioaktiven Abfälle sind in einem für die schweizerischen Kernanlagen gleichen elektronischen Buchführungssystem erfasst, sodass alle wichtigen Informationen über Menge, Lagerort und radiologische Eigenschaften jederzeit verfügbar sind.

Wie aus den anderen Anlagen ist auch vom KKL zur Abfallminimierung die Inaktiv-Freimessung von Materialien aus den kontrollierten Zonen angewendet worden. Im Jahre 2004 wurden insgesamt 6,2 t Material gemäss den Vorgaben der HSK-Richtlinie R-13 freigemessen.

4.5 Notfallbereitschaft

Die Notfallorganisation KKL ist für die Bekämpfung aller Notfälle innerhalb des Werkareals zuständig. Mit einer zweckmässigen Führungsorganisation, geeigneten Führungsprozessen und angepassten Führungseinrichtungen zusammen mit

einer optimalen Auslegung der Anlage haben die Werke die Notfallbereitschaft auf hohem Niveau sicherzustellen.

Die HSK hat im November an der Werksnotfallübung «Rewal» die Notfallorganisation beobachtet und beurteilt. Bei der Übung kamen die Notfallstab-Organisation, der Pikettingenieur und die Schicht sowie weitere NFO-Elemente zum Einsatz. Der verfahrenstechnische Ablauf wurde vom KKL-Simulator in Echtzeit vorgegeben. Im Rahmen der Übung setzte man im KKL die elektronische Lagedarstellung (ELD) der NAZ ein. An der Übung wirkten als externe Teilnehmer zudem der HSK-Notfallstab und eine Markiergruppe der NAZ mit.

Die HSK kam auf Grund der Übungsbeobachtung zum Schluss, dass die angestrebten Übungsziele erreicht worden sind. Insbesondere sind aus Sicht der HSK mit den ergriffenen Massnahmen die übergeordneten Erfolgskriterien erfüllt worden.

Im November wurde im KKL eine unangemeldete Alarmierungsnotfallübung durchgeführt, bei welcher die Verfügbarkeit des Notfallstabes gemäss Notfallreglement überprüft wurde. Die HSK löste die Übung aus. KKL hat die Übungsziele erfüllt.

Die Inspektion der Bereitschaft der Notfallkommunikationsmittel zu externen Stellen hat gezeigt, dass die KKL-Einrichtungen einsatzbereit sind und in den inspizierten Punkten mit den Vorgaben übereinstimmen.

4.6 Probabilistische Sicherheitsanalyse und Accident Management

Mit der probabilistischen Sicherheitsanalyse (PSA) werden schwere Unfälle analysiert und deren Konsequenzen bewertet (vgl. Kap. 1.6). Im Jahr 2004 wurden im Zusammenhang mit der werkspezifischen, regelmässig zu aktualisierenden PSA und im Bereich Accident Management im Wesentlichen folgende Arbeiten durchgeführt:

- Das KKL aktualisierte verschiedene Bereiche der PSA. Die entsprechenden Dokumente reichte das KKL der HSK ein. Die HSK überprüfte diese Dokumente und befand die Aktualisierung für zweckmässig.
- Das KKL benutzte die PSA um festzulegen, welche Komponenten im Alterungsprogramm zu berücksichtigen sind.
- Die Arbeiten zur Einführung von «Severe Accident Management Guidance» (SAMG, vgl. Kap. 1.6) wurden fortgeführt. Bei den SAMG-Arbeiten des KKL standen Analysen im Vordergrund, mit denen der Verlauf schwerer Unfälle und der Erfolg von Accident-Management-Massnahmen numerisch simuliert wurden. Ferner wurden Vorschriften überarbeitet und der HSK eingereicht, sowie KKL-interne Schulungen durchgeführt. Im Rahmen einer Notfallübung konnte das KKL die Anwendbarkeit und Zweckmässigkeit der neuen Unterlagen demonstrieren.
- Bei einem Störfall im KKL werden der HSK alle zwei Minuten 22 relevante Anlagenparameter via eigenes Netz übermittelt und bei der HSK mit dem Störfallanalyseprogramm ADAM (vgl. Kap. 1.6) verarbeitet. Das ADAM konnte seine hohe Zuverlässigkeit im Onlinemodus auch für das KKL unter Beweis stellen. Das ADAM-Simulationsmodul wurde für KKL aufdatiert und damit auf den Stand der anderen Schweizer KKW gebracht.

Im Zusammenhang mit dem 1996 erstellten Gutachten zum Gesuch des KKL um Leistungserhöhung überprüfte die HSK die PSA-Studie des KKL im Detail. Bei dieser Überprüfung konnte dem KKL ein im internationalen Vergleich sehr hohes Sicherheitsniveau bescheinigt werden, und das Risikoprofil des KKL wurde als weitgehend ausgeglichen beurteilt. Seither realisierte das KKL zahlreiche Anlagenverbesserungen und nahm verschiedene Verfeinerungen an der PSA-Studie vor. Mit der aktuellen PSA bestätigt KKL das sehr hohe Sicherheitsniveau.

4.7 Personal und Organisation

4.7.1 Organisation und Betriebsführung

Die Brennstoffabteilungen des KKL und des KKB wurden zu einer gemeinsamen Abteilung mit Standort in Baden zusammengelegt. Die interne Organisation des KKL wurde aber 2004 nicht verändert. Ende 2004 beschäftigte das Werk 416 Personen (2003: 395).

Das KKL hat das im Jahr 2003 in Kraft gesetzte «Total Quality Management»-System (TQM) im Jahr 2004 durch die SQS (Schweizerische Vereinigung für Qualitäts- und Managementsysteme) nach der Norm ISO-9001:2000 zertifizieren lassen. Das System ist auf dem Intranet des KKL für alle Mitarbeitenden verfügbar. Im Jahr 2003 hat das KKL damit begonnen, auch den internen Schriftverkehr vermehrt auf elektronischer Basis abzuwickeln. Das elektronische Dokumentensys-

tem ist mittlerweile sehr weit entwickelt. Das Ziel des KKL ist es, dass lediglich wichtige externe Korrespondenz (z. B. der Verkehr mit der HSK) auf Papier abgewickelt wird. Elektronische Dokumentensysteme sind ausserordentlich effizient. Damit die Erstellung von Dokumenten und die Entscheide nachvollziehbar sind, müssen diese Systeme sehr hohen Anforderungen genügen. Das KKL hat sein System so aufgebaut, dass die Dokumente mehrfach redundant und diversitär gespeichert werden und durch klare Zugriffsregelungen wirksame Sicherungen gegen fahrlässige oder mutwillige Manipulation der Daten eingebaut sind. Da die Abläufe bezüglich Anlagensicherheit in den Kernkraftwerken auch aus gesetzlichen Gründen nachvollziehbar dokumentiert werden müssen, wird die HSK die zunehmende Anwendung von elektronischen Dokumentensystemen in den Werken verfolgen und überprüfen, ob diese den Anforderungen für Kernkraftwerke genügen.
Das KKL hatte zur Entwicklung der Sicherheitskultur bereits 1994 sein Programm SAFE eingeführt, welches seither laufend ergänzt und weiterentwickelt wurde. Seit einigen Jahren organisiert das KKL für verschiedene Teilnehmerkreise Workshops zu Sicherheitsfragen. Im Berichtsjahr wurde in diesem Rahmen im Kader das Thema «Sicherheit und Wirtschaftlichkeit» diskutiert.

4.7.2 Personal und Ausbildung

Vier KKL-Mitarbeiter bestanden im Jahr 2004 die Abschlussprüfung der kerntechnischen Grundlagenausbildung an der PSI-Technikerschule. Diese vier Mitarbeiter absolvierten später im Berichtsjahr die Lizenzprüfung für Reaktoroperateure mit Erfolg. Die HSK war bei diesen Prüfungen beteiligt. Die Anzahl lizenzierter Personen ist in Tabelle 2 zusammengestellt.
Die HSK inspizierte die Ausbildung des Betriebspersonals, also der Anlagenoperateure, des lizenzpflichtigen Schichtpersonals und der Pikettingenieure. Das Ausbildungsprogramm für das Berichtsjahr erfüllte die Anforderungen. Zu den Ausbildungsaufgaben gehört auch die periodische Requalifikation des lizenzpflichtigen Personals. In diesem Zusammenhang stellte die HSK fest, dass für die Requalifikation der Pikettingenieure heute kein formalisiertes Verfahren existiert, weshalb hier ein Verbesserungsbedarf besteht.
Im Rahmen einer unangemeldeten Inspektion überprüfte die HSK im Hauptkommandoraum die Arbeitsweise der Dienst habenden Betriebsschichten. Das Vorgehen bei der Schichtübergabe, die Aufzeichnungen des Betriebsgeschehens und die Schichtbesetzung der beiden inspizierten Schichtteams entsprachen den Anforderungen.

4.8 Gesamtbeurteilung

Der Zustand der Anlage Leibstadt in Bezug auf die nukleare Sicherheit, den Strahlenschutz und die Betriebsführung ist gut. Die Anlage KKL verzeichnete in ihrem 20. Betriebsjahr mit 85,2 % eine geringere Arbeitsausnutzung als in den Vorjahren, da der Revisionsstillstand mit 45 Tagen bedeutend länger als üblich andauerte. Im Berichtsjahr erfolgte eine ungeplante Reaktorschnellabschaltung. Im Betriebszeitraum bis zum Revisionsstillstand 2004 wurde ein defekter Brennstab registriert. Seit dem Revisionsstillstand wurde kein Brennstoffschaden festgestellt.
Im Berichtsjahr traten vier klassierte Vorkommnisse gemäss der HSK-Richtlinie R-15 auf. Zwei davon wurden der Stufe 1 und zwei der Stufe 0 der internationalen Bewertungsskala INES zugeteilt. Die beiden Vorkommnisse der Stufe INES 1 ereigneten sich beim Wiederanfahren nach einer geplanten Reaktorabstellung. Beide Vorkommnisse betrafen Abweichungen von der Technischen Spezifikation. Die Abklärungen ergaben, dass eine Vielzahl von Faktoren zu den Vorkommnissen beitrugen, insbesondere die Tatsache, dass die Anlage zum ersten Mal mit einem Kern angefahren wurde, der im unteren Temperaturbereich einen ausgeprägt positiven Moderatortemperaturkoeffizienten aufwies. Das Wissen über den Einfluss des Moderatortemperaturkoeffizienten auf das Anlageverhalten beim Anfahren war im KKL zwar vorhanden, doch wurde dessen Auswirkung im Voraus nicht ausreichend erkannt. Die detaillierte Analyse zeigte überdies, dass verschiedene im Managementsystem dokumentierte Prozesse und Vorschriften verbessert werden müssen. Ein grosser Teil dieser Verbesserungen konnte bereits umgesetzt werden. Ein Vorkommnis der Stufe INES 0 wurde während elektrotechnischen Instandhaltungsarbeiten ausgelöst. Eine unerwartete Umschaltung beim Austausch eines Transformators bei der Generatorerregung führte zu einer Reaktorschnellabschaltung. Das andere Vorkommnis betraf einen schadhaften Brennstab mit geringer Uranauswaschung.
Die Borsäurekonzentration im Reaktorwasser war im Berichtszeitraum auf Grund von Undichtheiten von Steuerstäben erhöht. Der Ersatz von 28 Steu-

erstäben mit dem Ziel der Reduktion der Borsäurekonzentration zeigte noch nicht die gewünschte Wirkung. Die Abschaltwirksamkeit der Steuerstäbe ist aber ausreichend.

Das KKL hat die durch die entdeckten Schäden an den Umwälzpumpen bedingten Änderungen am Revisionsablauf fach- und strahlenschutztechnisch gut bewältigt. Ausserdem hat das KKL vorausschauend eine chemische Dekontaminationsanlage für Komponenten einrichten lassen, mit der die Reparatur der Umwälzpumpen aus der Sicht des Strahlenschutzes überhaupt erst ermöglicht wurde.

Die wiederkehrenden Prüfungen an den Durchführungen der Steuerstäbe und Instrumentierungen am Reaktordruckbehälter wurden unzureichend geplant und durchgeführt. Dies machte nachträgliche Anpassungen an Geräten und den teilweisen Ersatz von mechanisierten durch manuelle Prüfungen erforderlich. Die HSK hat schon im Freigabebrief zum Wiederanfahren verlangt, dass solche Prüfungen in Zukunft früher und besser vorzubereiten sind.

Die wiederkehrenden Prüfungen, Anlagenänderungen, Inspektionen und Funktionsprüfungen von Systemen und Komponenten ergaben keine Befunde, welche die Anlagensicherheit beeinflussen. Die umfangreichen Arbeiten während des Jahresstillstands 2004 verliefen aus der Sicht der HSK konzentriert und gut koordiniert. Obschon die Planung mehrmals angepasst werden musste, verliefen die Arbeiten insgesamt geordnet.

Aus Sicht des operationellen Strahlenschutzes wurden die Routinearbeiten und die Arbeiten im Rahmen der sicherheitstechnisch vorgeschriebenen Wiederholungsprüfungen erfolgreich durchgeführt. Die Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umgebung lagen deutlich unterhalb der behördlich festgelegten Grenzwerte. Damit ergab sich im Vergleich zur natürlich auftretenden Strahlenexposition nur eine unbedeutende Strahlendosis für die Bevölkerung.

Der Anfall an radioaktiven Rohabfällen im Berichtsjahr bewegte sich in der Schwankungsbreite des mehrjährigen Mittelwertes. Der Bestand an unkonditionierten Abfällen ist im KKL sehr gering und wird in dafür vorgesehenen Räumlichkeiten der kontrollierten Zone aufbewahrt. Die radioaktiven Rohabfälle wurden ordnungsgemäss gesammelt, kampagnenweise konditioniert und zwischengelagert.

Sowohl bei der Werksnotfallübung als auch bei der Alarmierungsnotfallübung erreichten der Notfallstab und die Notfallequipen die gesetzten Ziele.

Das KKL aktualisierte Teile der werkspezifischen Probabilistischen Sicherheitsanalyse (PSA) und nahm Verfeinerungen am Modell vor. Die Ergebnisse der aktuellen PSA weisen für das KKL ein im internationalen Vergleich sehr hohes Sicherheitsniveau aus und das Risikoprofil ist weitgehend ausgeglichen.

Die Anforderungen an die Ausbildung des Betriebspersonals, also der Anlagenoperateure, des lizenzpflichtigen Schichtpersonals und der Pikettingenieure wurden erfüllt. Aus den genannten klassierten Vorkommnissen ergeben sich jedoch neue Anforderungen an die Ausbildung des Betriebspersonals. Die HSK wird die Umsetzung dieser zusätzlichen Anforderungen im Rahmen ihrer Aufsichtstätigkeit verfolgen.

Das KKL verfolgt seit über zehn Jahren konsequent sein Programm «SAFE» zur Entwicklung der Sicherheitskultur. Die HSK anerkennt die Anstrengungen und die Systematik, mit welcher das KKL diese Aufgabe wahrnimmt.

Im Rahmen ihrer Aufsicht hat die HSK während des gesamten Betriebsjahres mehr als 70 Inspektionen durchgeführt. Inspektionen während des Betriebs wurden insbesondere im Rahmen von Vorkommnissen, der Umgebungsüberwachung, des operationellen Strahlenschutzes, der Transporte und hinsichtlich der betrieblichen Sicherheit durchgeführt. Die Ergebnisse aller Inspektionen wurden dem Betreiber mitgeteilt und die erforderlichen Verbesserungsmassnahmen wurden von ihm umgesetzt. Die HSK hat keine sicherheitstechnischen Defizite festgestellt, die den sicheren Betrieb der Anlage in Frage gestellt hätten.

Die hohe Arbeitsausnutzung und Zeitverfügbarkeit sowie eine geringe Anzahl störungsbedingter Abstellungen weisen insgesamt auf einen guten Zustand der Anlage und eine gute Betriebsführung hin.

Behälterlagerhalle der ZWILAG.
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 Inbetriebnahme bzw. des Betriebs dieser Anlageteile, der Strahlenschutz sowie personelle und organisatorische Aspekte werden nachfolgend dargelegt und bewertet. Zusätzlich wird auch die Rückführung von Wiederaufarbeitungsabfällen und die Beschaffung von Transport- und Lagerbehältern beleuchtet.

5.1 Zwischenlagergebäude

Die Zwischenlagergebäude des ZZL dienen der Lagerung von abgebrannten Brennelementen und von radioaktiven Abfällen aller Kategorien über mehrere Jahrzehnte. 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 Heisse Zelle. Der Einlagerungsbetrieb wurde 2001 aufgenommen.

Ende 2003 standen zwölf Transport- und Lagerbehälter (TL-Behälter) in der Behälterlagerhalle, ein weiterer Behälter stand kurz vor der Einlagerung. Nach der im Januar 2004 erfolgten Einlagerung dieses Behälters wurden im Berichtsjahr weitere fünf TL-Behälter eingelagert. Der Lagerbestand per Ende 2004 betrug somit 18 Behälter:

- 4 Behälter des Typs CASTOR HAW 20/28 CG und 1 Behälter des Typs TN81CH mit je 28 Glaskokillen aus der Wiederaufarbeitung von KKB- und KKG-Brennelementen bei COGÉMA,
- 6 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

- sowie der Behälter des Typs CASTOR 1c DIORIT mit den abgebrannten Brennelementen aus dem stillgelegten Reaktor 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 zweckmässig ausgeführt wurden.
Das KKM liefert abgebrannte Brennelemente in Transportbehältern, welche eine Kapazität von 7 Brennelementen haben. Im ZZL werden die angelieferten Brennelemente in der Heissen Zelle in Lagerbehälter des Typs TN24BH umgeladen. Diese Lagerbehälter, die eine Kapazität von je 69 Brennelementen haben, sind auch als Transportbehälter zugelassen, sodass eine Umladung bei der späteren Auslagerung zwecks Überführung in ein geologisches Tiefenlager entfällt. Im Jahre 2004 fand die zweite Transport- und Umladekampagne statt (9 Transporte mit je 7, letzter Transport mit 6 Brennelementen). Wie bei der ersten Kampagne im Jahre 2003 wurden die Brennelemente störungsfrei in den Lagerbehälter umgeladen.
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 Versuchsatomkraftwerk Lucens in der Behälterlagerhalle.
Per Ende 2003 befanden sich 134 Abfallgebinde mit Betriebsabfällen aus dem KKM im Lagergebäude für mittelaktive Abfälle (MAA-Lager). Die anlässlich des ersten aktiven Testbetriebs der Verbrennungs- und Schmelzanlage im Frühjahr 2004 produzierten vier Gebinde (siehe 5.3) wurden ins MAA-Lager eingelagert. Zudem wurden im Berichtsjahr die letzten 13 Gebinde mit schwachaktiven Abfällen aus der Stilllegung des ehemaligen Versuchsatomkraftwerkes Lucens vom PSI, wo sie zwischenzeitlich gelagert wurden, ins MAA-Lager des ZZL transportiert. Der Bestand in diesem Lager betrug per Ende 2004 somit 151 Gebinde.
Die ZWILAG will die Lagerhalle für schwach- und mittelaktive Abfälle zunächst während mehrerer Jahre als konventionelles Lager für nichtradioaktive Ausrüstungen und Materialien nutzen. Der Ausbau wurde deshalb auf die für diese Nutzung erforderlichen Einrichtungen beschränkt. In diesem Lager werden ca. 3000 leere, vom PSI nicht mehr gebrauchte und im Rahmen einer Vereinbarung von der ZWILAG übernommene Fässer aufbewahrt. Diese Fässer werden in den nächsten Jahren mit radioaktiven Abfällen gefüllt und für die Beschickung der Verbrennungs- und Schmelzanlage benützt.

5.2 Konditionierungsanlage

Der Bau der Konditionierungsanlage des ZZL wurde vom Bundesrat am 21. August 1996 und deren Betrieb am 6. März 2000 bewilligt. Die HSK erteilte die Betriebsfreigabe im Dezember 2003. Die Konditionierungsanlage dient der Behandlung von schwachaktiven Abfällen aus dem Betrieb und aus der späteren Stilllegung der schweizerischen Kernkraftwerke sowie bei Bedarf von nicht α-haltigen radioaktiven Abfällen aus Medizin, Industrie und Forschung. Im Berichtsjahr wurden keine Konditionierungsarbeiten durchgeführt. Lediglich 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 sollen.

5.3 Verbrennungs- und Schmelzanlage

Der Bau der Verbrennungs- und Schmelzanlage des ZZL wurde vom Bundesrat am 21. August 1996 und deren Betrieb am 6. März 2000 bewilligt. Die Anlage wurde 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.
Inaktive Testbetriebe in den Jahren 2000 bis 2003 hatten verschiedene Mängel an der Anlage ergeben, zu deren Behebung die ZWILAG die entsprechenden technischen Anpassungen vorgenommen hat. Als Voraussetzung für einen ersten aktiven Testbetrieb verlangte die HSK die Abarbeitung der noch offenen Pendenzen sowie einen störungsarmen inaktiven Dauerbetrieb der Anlage von etwa drei Wochen.
Ein letzter inaktiver Testbetrieb fand vom 1. bis 24. März 2004 statt. Er wurde von der HSK im Detail verfolgt und verlief erfolgreich, sodass die HSK

am 25. März einen kurzen aktiven Testbetrieb mit Abfällen besonders geringer Aktivität freigab. Das Ziel dieses Testbetriebs bestand vor allem darin zu bestätigen, dass der Grossteil der Radionuklide in das Abfallprodukt eingebunden wird und dass allfällige Restanteile an bzw. in den dafür vorgesehenen Komponenten des Ofens und der Abgasreinigungsanlage zurückgehalten werden. Während des Testbetriebs wurden vier Kokillen mit verglastem Abfall produziert. Anschliessend wurde ab 30. März 2004 die Anlage wieder kalt gefahren. Während des aktiven Testbetriebs traten keine nennenswerten Störungen auf. Die Abgabelimiten wurden eingehalten.

Während und nach diesem ersten aktiven Testbetrieb wurde die Anlage radiologisch ausgemessen und die Ergebnisse analysiert. Es konnte bestätigt werden, dass über 85% der Aktivität im verglasten Abfallprodukt eingebunden wird. Die Filter und die Ionentauscherharze, welche den Grossteil der übrigen Aktivität zurückhalten, werden zu einem späteren Zeitpunkt dem Ofen zugeführt, wodurch der Anteil der in der Glasschmelze eingebundenen Aktivität im Dauerbetrieb höher ausfallen wird. Dies muss zwar in weiteren Betriebskampagnen noch erhärtet werden, die grundsätzliche Eignung des Verfahrens konnte aber bestätigt werden. Die durchgeführten Messungen zeigten im Übrigen, dass die Raumluft der Ofenhalle, des Hochregallagers und des Kokillenkühltunnels kontaminationsfrei blieb. Weder in der Beschickungskammer noch in der Abgusskammer wurden Oberflächenkontaminationen von mehr als einem Richtwert festgestellt.

Gestützt auf die Ergebnisse dieses ersten aktiven Testbetriebs gab die HSK am 25. Oktober 2004 einen zweiten aktiven Testbetrieb frei. Der Zweck war die Verarbeitung einer grösseren Menge Rohabfall mit einem für den späteren Routinebetrieb repräsentativen Aktivitätsinhalt. Die Arbeiten zu diesem zweiten aktiven Testbetrieb wurden am 1. November 2004 von der ZWILAG in Angriff genommen. Eine erste betriebliche Störung (Leck im Kühlkreislauf des Brenners) konnte behoben und einige Glaskokillen abgegossen werden. Am Anfang der zweiten Abgusssequenz wurde ein Defekt im Abgussstein festgestellt. Da eine solche Störung nur bei kaltem Ofen behoben werden kann, entschied die ZWILAG am 23. November 2004, die angefangene Kampagne abzubrechen und den Ofen abzustellen. Diese Störung war betrieblicher Natur und hatte keine Auswirkungen auf die Umgebung: Die Abgabelimiten wurden jederzeit eingehalten, in der Ofenhalle wurde ausserhalb der Ofenanlage keine Kontamination festgestellt. Das Leck im Abgussstein führte allerdings zu einer Kontamination des Glas-Schmelze-Separators und der Abgusskammer. Die ZWILAG hat die erforderlichen Reparaturen im Januar 2005 ausgeführt und einen dritten aktiven Testbetrieb in den beiden darauf folgenden Monaten geplant. Dazu ist erneut eine Freigabe der HSK erforderlich. Diese wird erst erteilt, wenn sichergestellt ist, dass Störungen wie die aufgetretenen nicht mehr zu erwarten sind.

5.4 Strahlenschutz

Im Kalenderjahr 2004 wurde im ZZL eine Kollektivdosis von 3,3 Pers.-mSv ermittelt. Der Jahresgrenzwert für beruflich strahlenexponierte Personen wurde nicht überschritten und es wurden keine Personenkontaminationen festgestellt. Es trat kein Fall von Inkorporation auf. Die Kontrollen der Luft und der Oberflächen in der Anlage gaben keine Hinweise auf unzulässige Kontaminationen.

Aus Sicht des Strahlenschutzes konnten trotz betrieblicher Störungen in der Verbrennungs- und Schmelzanlage alle Tätigkeiten erfolgreich durchgeführt und abgeschlossen werden. In den übrigen Anlageteilen verlief der Betrieb normal, wobei hauptsächlich TL-Behälter mit abgebrannten Brennelementen eingelagert wurden. Die HSK überzeugte sich bei 22 Inspektionen, dass im ZZL ein moderner Strahlenschutz betrieben wird und dass der operationelle Strahlenschutz der ZWILAG gut ist.

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

Für detailliertere Angaben über den Strahlenschutz im ZZL wird zudem auf den Strahlenschutzbericht 2004 der HSK verwiesen.

5.5 Personal und Organisation

Die ZWILAG hat im Jahr 2004 die bisherigen Ressorts Elektro-/Leittechnik und Maschinentechnik sowie die Projektorganisation der Verbrennungsanlage zu einem neuen Ressort Technik zusammengelegt. Ende 2004 beschäftigte sie 33 Personen. Bereits in den letzten Jahren stellte die HSK fest, dass in der Phase der Aufnahme des Betriebs des ZZL und der gleichzeitigen Fertigstellung wichtiger Systeme das Personal der ZWILAG sehr stark gefordert war. Diese Feststellung gilt – insbesondere auch wegen der beim letzten aktiven Testbetrieb der Verbrennungs- und Schmelzanlage aufgetretenen Betriebsstörungen – nach wie vor: Die personellen Ressourcen sind für diese anspruchsvolle Phase des ZZL-Betriebs und der parallelen Inbetriebsetzung der Verbrennungs- und Schmelzanlage knapp. Die HSK wird diesem Thema weiterhin besondere Aufmerksamkeit widmen.

Die Inbetriebnahme der Verbrennungs- und Schmelzanlage erforderte eine vertiefte Ausbildung des Betriebspersonals. Die HSK hat sich durch die Inspektion einer Ausbildungsveranstaltung für das Einsatzpersonal davon überzeugt, dass die Personalausbildung innerhalb der letzten zwei Jahre in der ZWILAG didaktisch verbessert worden ist. Für jedes Fachgebiet sind Ausbildungsprogramme erstellt worden, auf welche sich die Ausbildung abstützt. Die von den einzelnen Mitarbeitenden besuchten Kurse wurden in den Ausbildungsnachweisen korrekt dokumentiert. Damit ist gewährleistet, dass das Fachpersonal nachgewiesenermassen auf dem notwendigen Wissensstand ist.

5.6 Notfallbereitschaft

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

Die HSK hat im Juli 2004 an der Werksnotfallübung «Cerberus» die Notfallorganisation der ZWILAG beobachtet und beurteilt. Die Abwicklung der Übung erfolgte auf Basis der Richtlinie HSK R-45. Als Szenario wurde ein Brand bei Schweissarbeiten gewählt. Bei der Übung kamen der Notfallstab, die Bewachungsorgane sowie Notfallequipen des PSI zum Einsatz.

Die Überprüfung durch die HSK geschah im Rahmen einer Inspektion. Die HSK kam auf Grund der Übungsbeobachtung zum Schluss, dass die wesentlichen Übungsziele erreicht worden sind. Die im Szenario vorgegebene Notfalllage hätte aus Sicht der HSK mit grosser Wahrscheinlichkeit mit den ergriffenen Massnahmen rasch und unter Berücksichtigung der Prioritäten bei der Notfallbekämpfung beherrscht werden können.

Im November 2004 wurde in der ZWILAG ferner eine Alarmierungsnotfallübung durchgeführt, bei welcher die Verfügbarkeit des Notfallstabes gemäss Notfallreglement überprüft wurde. Die HSK löste die Übung gestützt auf die Richtlinie HSK R-45 aus. Die ZWILAG hat die Übungsziele erreicht.

5.7 Abfälle aus der Wiederaufarbeitung

In La Hague (Frankreich) und in Sellafield (Grossbritannien) werden abgebrannte Brennelemente aus schweizerischen Kernkraftwerken durch die Firmen COGÉMA und 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 COGÉMA stehen für die Rückführung bereit, andere Abfallsorten, insbesondere von BNFL, noch nicht.

Insgesamt vier Rückführungen von je 28 Glaskokillen fanden 2001 bis 2003 statt. Im Jahre 2004 erfolgte eine weitere Rückführung verglaster Abfälle aus der Wiederaufarbeitung von abgebrannten Brennelementen aus dem Kernkraftwerk Gös-

gen. Ferner wurden zwei Transport- und Lagerbehälter (TL-Behälter) in Frankreich beladen, die im Januar 2005 in das ZZL transportiert und eingelagert worden sind. Vertreter bzw. Experten der HSK begleiteten stichprobenweise die Auslagerung und die Kontrolle der zurückzunehmenden Kokillen sowie die Beladung der TL-Behälter. Dabei konnte in allen Fällen Übereinstimmung mit den Vorgaben festgestellt werden.

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 Richtlinie HSK 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. Hinsichtlich des ersten Prüfschrittes hatte die HSK bis 2003 der Wahl von insgesamt fünf Behältertypen (drei für abgebrannte Brennelemente und zwei für Glaskokillen) zugestimmt. Die KKW-Betreiber haben 2004 keinen weiteren Behältertyp gewählt, hingegen zusätzliche Behälter von Typen bestellt, deren Wahl die HSK bereits zugestimmt hatte. 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 Abnahmeprüfungen verfolgt; es wurden keine Mängel festgestellt.

Hochtemperaturverbrennungsofen.
Foto: ZWILAG

Hinsichtlich der Erfüllung der Referenzanforderungen hatte die HSK bis Ende 2003 die Prüfung von vier der oben erwähnten fünf Typen abgeschlossen. Die Prüfung des fünften Behältertyps (TN81CH) war noch im Gange. Zudem reichte das PSI im Berichtsjahr einen Nachweis hinsichtlich der Erfüllung der Anforderungen der Richtlinie HSK R-52 ein: Dieser betrifft den seit 1983 auf dem Gelände des PSI aufbewahrten Behälter des Typs CASTOR 1c DIORIT, der die abgebrannten Brennelemente aus dem ehemaligen Reaktor DIORIT enthält. Ferner reichte KKL den Nachweis ein, dass der seit einigen Jahren als Transportbehälter eingesetzte Behälter des Typs TN52L auch für die Zwischenlagerung im ZZL geeignet ist. In diesen beiden Fällen wurden die beiden Prüfschritte zusammengelegt, da es sich bei diesen Behältern um bereits vorhandene Einzelanfertigungen handelt.
Damit waren von der HSK drei weitere Behältertypen hinsichtlich der Erfüllung der Referenzanforderungen auf Grund des jeweils eingereichten Sicherheitsberichts zu prüfen: TN81CH für Glaskokillen, CASTOR 1c DIORIT für die abgebrannten Brennelemente des ehemaligen Reaktors DIORIT sowie TN52L für abgebrannte Brennelemente aus dem Betrieb des KKL. Die HSK konnte die Prüfung der ersten zwei dieser Behältertypen im Berichtsjahr abschliessen. Dabei kam sie zum Schluss, dass

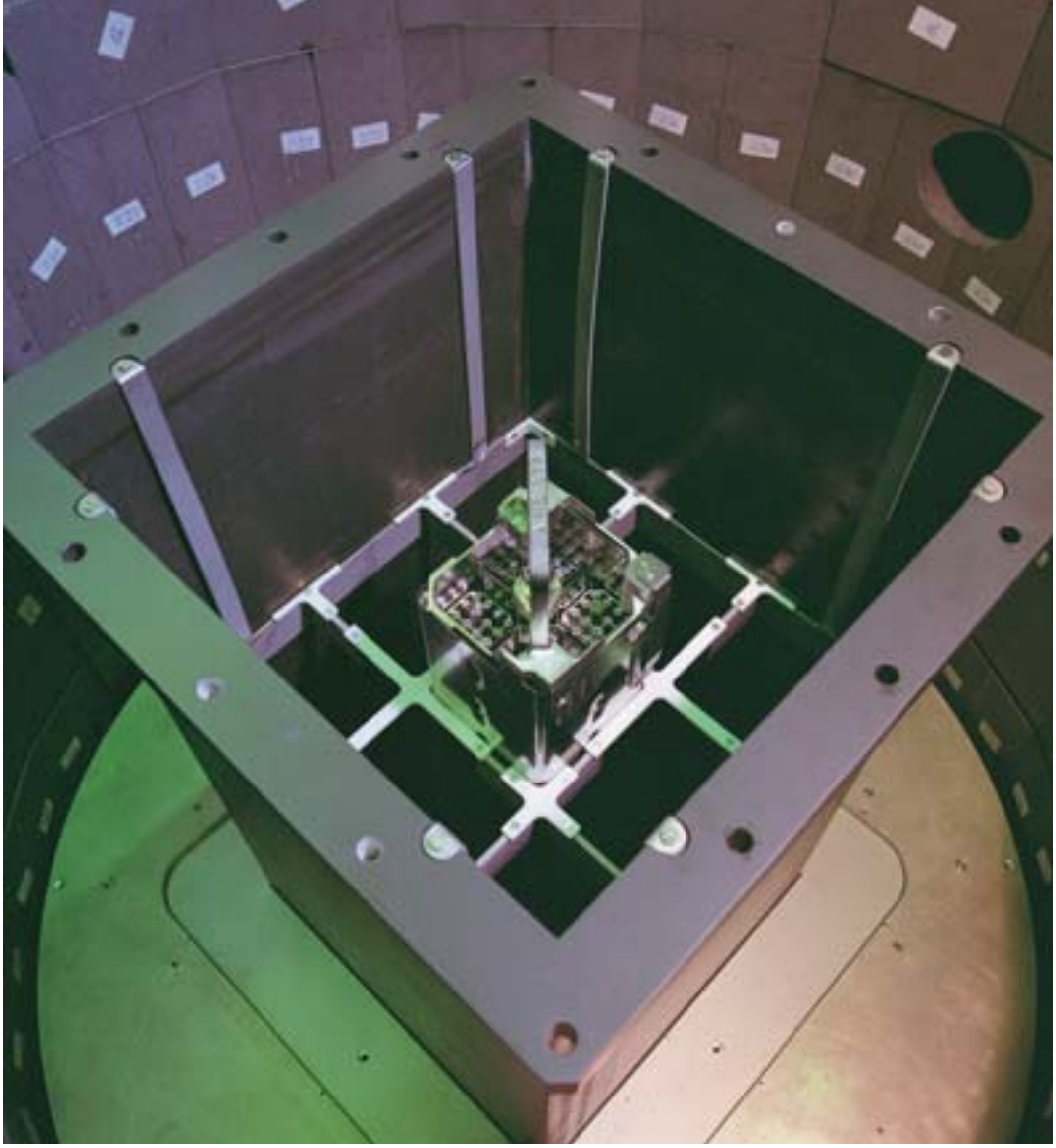
bei beiden Behältertypen die Anforderungen für die sichere Zwischenlagerung im ZZL erfüllt sind. Damit hat die HSK bis Ende 2004 für sechs Behältertypen die Erfüllung der Referenzanforderungen geprüft und die Eignung zur Zwischenlagerung im ZZL gutgeheissen: Davon stammen vier Behältertypen aus Frankreich (Typen TN24G, TN97L, TN24BH und TN81CH der Firma COGÉMA Logistics, vormals Transnucléaire) und zwei aus Deutschland (Typen CASTOR HAW 20/28 CG und CASTOR 1c DIORIT der Firma GNS, vormals GNB). Die Prüfung des siebten Behältertyps (Typ TN52L der COGÉMA Logistics) war Ende 2004 noch im Gange und wird voraussichtlich 2005 abgeschlossen sein. Die Ergebnisse dieser und früherer Prüfungen flossen ins Freigabeverfahren für die Einlagerung der einzelnen TL-Behälter ein.

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. Mit Ausnahme der Benutzung des Hochregallagers wurde die Konditionierungsanlage noch nicht aktiv betrieben.

Bei der Verbrennungs- und Schmelzanlage sind im Berichtsjahr anlässlich des zweiten aktiven Testbetriebs betriebliche Störungen aufgetreten, die zwar nicht sicherheitsrelevant waren, jedoch zum vorzeitigen Abbruch des Testbetriebs führten. Ein Routinebetrieb wurde dadurch weiter verzögert. Die für die Behandlung in dieser Anlage vorgesehenen Abfallfässer aus den Kernkraftwerken und aus dem Bereich Medizin, Industrie und Forschung häufen sich wegen dieser Verzögerung an. Engpässe zeichnen sich ab, falls die betriebliche Zuverlässigkeit der Verbrennungs- und Schmelzanlage nicht entscheidend verbessert wird.

Der operationelle Strahlenschutz ist angemessen ausgestaltet. ZWILAG verfügt über Ressourcen, die an die wechselnden Aufgabenstellungen angepasst werden können. Die HSK beurteilt die Erfüllung der Strahlenschutzaufgaben als gut. Für die Inbetriebsetzung der Verbrennungs- und Schmelzanlage und den gleichzeitigen Einlagerungsbetrieb sind die personellen Ressourcen nach wie vor knapp bemessen. Die erforderliche Notfallbereitschaft liegt vor.



Blick in den Forschungsreaktor PROTEUS.
Foto: PSI

Paul Scherrer Institut (PSI)

6.1 Die Kernanlagen des PSI

Das PSI ist das grösste Forschungsinstitut für Natur- und Ingenieurwissenschaften in der Schweiz. Zusammen mit in- und ausländischen Hochschulen, Instituten, Kliniken und Industriebetrieben arbeitet das PSI in den Bereichen Festkörperforschung und Materialwissenschaften, Elementarteilchen- und Astro-Physik, Energie- und Umweltforschung 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 PROTEUS ist eine seit 1968 in Betrieb stehende, flexible Reaktorphysik-Forschungsanlage, deren Reaktorkern aus drei Zonen besteht. In der innersten dieser Zonen, der Testzone, können unterschiedliche Kernbrennstoff-Konfigurationen eingesetzt und deren reaktorphysikalische Eigenschaften ermittelt werden. Im Mai 2004 wurde die Phase II des Experimentierprogramms mit einer Kernkonfiguration aus Leichtwasserreaktor-Brennelementen (LWR-PROTEUS) erfolgreich und ohne Störfälle abgeschlossen. Während dieser Phase lag der Schwerpunkt auf den reaktorphysikalischen Untersuchungen zum Hochabbrand von Druckwasserreaktor-Brennelementen. Dazu wurden Proben von hochabgebranntem Brennstoff in

der PROTEUS-Testzone eingebaut und deren Reaktivität einerseits mit frischen und andererseits mit kalibrierten Brennstoffproben verglichen. Wie schon in den Vorjahren brachten die im Berichtsjahr durchgeführten Versuche aufschlussreiche Ergebnisse über die Abnahme der Reaktivität mit zunehmendem Abbrand. Die Ergebnisse werden mit Modellrechnungen verglichen. Ziel ist es, die für Kernkraftwerke angewandten Simulationsprogramme zu verbessern.

Von Mai bis Oktober 2004 wurde der Reaktorbetrieb ausgesetzt, um zahlreiche freigabepflichtige Änderungen durchzuführen und die Phase III des LWR-PROTEUS-Experiments vorzubereiten. In dieser Phase III werden die Untersuchungen an frischen Brennstoffstäben, die bereits in der Phase I eingesetzt waren, in einer leicht geänderten Konfiguration wiederholt. Die HSK erteilte auf Grund der Überprüfungen von Gesuchsunterlagen die Freigaben für die Kernkonfigurationen 1 und 2 der Phase III. Ausserdem hat sie die Neuumhüllung von Treiberbrennstoffstäben sowie die Erweiterung von Abstandshaltern am neuen, zentralen Brennelement für die Phase III genehmigt. Bei zwei Inspektionen wurde die Erfüllung der Forderungen aus den Freigaben kontrolliert.

Der Reaktor wurde im Jahr 2004 während 179 h betrieben (2003: 647 h; 2002: 713 h; 2001: 416 h). Die Kollektivdosis des Betriebspersonals (6 Personen) betrug 0,9 Pers.-mSv (2003: 7 Personen mit 1.3 Pers.-mSv). Der Bestand an lizenziertem Personal blieb mit 5 Personen gleich.

Neben dem Experimentierbetrieb wurde mit der Planung der nächsten Experimentierphase begonnen. Hierzu wurde vom PSI ein Sicherheitskonzept erstellt und der HSK eingereicht. Die HSK führte eine Grobprüfung durch und legte Randbedingungen für das Projekt fest.

6.3 Rückbau des Forschungsreaktors SAPHIR

Der dritte Teilschritt des SAPHIR-Rückbaus, das Ausbohren der Neutronenstrahlrohre aus der biologischen Abschirmung einschliesslich der Konditionierung der aktivierten Bohrkerne und der Dekontamination der restlichen Anlage, konnte Ende Mai 2004 abgeschlossen werden. Insgesamt wurden in den bisherigen Teilschritten über 16 Tonnen radioaktive Materialien (13435 kg Beton, 2196 kg Schlämme, 240 kg brennbare Abfälle, 191 kg Aluminium und 46 kg pressbare Abfälle) als radioaktive Abfälle der Entsorgung zugeführt. Damit sind die letzten bedeutenden Strahlenquellen aus dem SAPHIR-Pool entfernt worden. Gleichzeitig wurde für 23 Tonnen Material der Nachweis der Inaktivität erbracht. Mit Hilfe der Grundwasser-Überwachungsanlage, welche als Voraussetzung für diesen Teilschritt im Jahr 2003 eingerichtet und durch die HSK freigegeben wurde, konnte nachgewiesen werden, dass die Arbeiten zu keiner Freisetzung von Radioaktivität geführt haben. Die Erfahrungen des Rückbau-Teams bei diesem Schritt wurden in einem Abschlussbericht festgehalten. Die HSK bewertet diesen Bericht als wertvolle Dokumentation für zukünftige Rückbauprojekte.

Die Kollektivdosis für diesen Teilschritt, bei dem 5 Personen beteiligt waren, lag mit 4,7 Pers.-mSv nahe beim Planungswert von 4,4 Pers.-mSv. Dies ist auf eine sorgfältige Strahlenschutzplanung zurückzuführen.

Die Arbeiten zum anschliessenden Teilschritt, dem Ausbau des als Abschirmung eingesetzten Füllkieses, wurden im Juli 2004 aufgenommen und konnten im Dezember 2004 abgeschlossen werden. Der gesamte Kies wurde mit einer modernen

(von links)
- Messung von allfälliger Kontamination.
- Kontrolle beim Ausschleusen von Abfällen aus einer Fixbox.
- Bundeszwischenlager.
- Hotlabor.

Fotos: PSI

Freimessanlage ohne Befund auf Radioaktivität überprüft und konnte schliesslich entsprechend der Festlegungen in der HSK-Richtlinie R-13 uneingeschränkt zur weiteren Verwendung freigegeben werden. Wegen der unbedeutenden radiologischen Auswirkungen war für diesen Rückbau-Teilschritt keine HSK-Freigabe erforderlich. Ende 2004 wurde vom PSI eine Statikplanung für ein Freigabegesuch als Vorbereitung zum nächsten Teilschritt erarbeitet.

6.4 Rückbau des Forschungsreaktors DIORIT

Beim Rückbau des DIORIT-Reaktors wurden im Berichtsjahr die letzten Teile des inneren Betonrings und des äusseren Tragrings zersägt und in Betoncontainer verbracht. Damit wurden die letzten freigabepflichtigen Rückbauschritte der zweiten Phase abgeschlossen. Insgesamt sind dabei 200 t Stahl, 40 t Beton, 5,4 t Aluminium und 40 t Graphit als radioaktive Abfälle mit einer Gesamtaktivität von zirka 42 TBq aus dem DIORIT ausgebaut und in 45 Betoncontainer mit jeweils 2.6 m^3 Fassungsvermögen eingelagert worden. Ein Teil dieser Container ist bereits endkonditioniert, d.h. mit Beton aufgefüllt und verschlossen worden. Die hierfür notwendige Betoniereinrichtung wurde im Berichtsjahr durch die HSK ohne Befund inspiziert.

Wegen Schwierigkeiten bei den Sägearbeiten an den Tragringen lag die Kollektivdosis der bei den DIORIT-Rückbauarbeiten eingesetzten 9 Personen bei 19,1 Pers. mSv (nicht amtliche Dosisbestimmung mit elektronischen Dosimetern ohne Abzug des natürlichen Untergrundes). Das geplante Dosisziel lag bei 10,2 Pers.-mSv. Eine derartige Abweichung kann bei solchen Arbeiten toleriert werden.

Seit Anfang November 2004 laufen die Arbeiten in einer weiteren Phase des DIORIT-Rückbauprojekts. Nachdem die verbliebene Aktivität der biologischen Abschirmung gering ist, sind alle Arbeitsschritte dieser Phase nicht freigabepflichtig. Das PSI muss aber nachweisen, dass die nun anfallenden grösseren Mengen (ca. 400 t) an Betonschutt im Sinne der Gesetzgebung inaktiv sind.

6.5 Hotlabor

Das Hotlabor ist ein Laborgebäude, welches speziell zur Untersuchung und Bearbeitung hochradioaktiver Substanzen (z.B. Kernbrennstoffe, Beschleuniger-Targets oder Grossquellen für medizinische oder industrielle Einsätze) ausgestattet ist. Hauptsächlich werden Werkstoffe und Kernbrennstoffe nach Bestrahlung in Reaktoren oder Beschleunigern makro- und mikroskopisch mit einer Vielzahl unterschiedlicher Methoden untersucht. Des Weiteren werden Arbeiten zur Brennstoffherstellung durchgeführt. Die Kollektivdosis des im Hotlabor beschäftigten Eigenpersonals (insgesamt 42 Personen) betrug 38,1 Pers.-mSv.

Im Berichtsjahr konnten einige neue Experimentieranlagen in Betrieb genommen werden. Erwähnenswert ist eine Anlage für Zugversuche an bestrahlten und somit stark aktivierten Werkstoffen in einem Arbeitsbereich vom Typ A, die aufgebaut, getestet und nach Freigabe durch die HSK mit den ersten aktiven Proben bestückt werden konnte.

Im Berichtsjahr wurde die auf Grund der Sanierung des Hotlabors (1999 bis 2002) notwendige Überarbeitung des Sicherheitsberichts abge-

schlossen und das Dokument bei der HSK zur Begutachtung eingereicht. Einige veraltete Gebäudeeinrichtungen wurden im Berichtsjahr ersetzt.
Das PSI hatte als Folge der von der HSK im Jahr 2003 festgestellten Mängel beschlossen, den Büropavillon abzureissen und durch einen Neubau zu ersetzen. Hierfür wurde der alte Pavillon geräumt und die Räumlichkeiten freigemessen. Die HSK hat am 24. August 2004 die Auszonung dieses Gebäudes aus der kontrollierten Zone des Hotlabors durch eigene Messungen verifiziert und zum konventionellen Abbruch freigegeben. Die Konzeptfreigabe für den neuen Büropavillon des Hotlabors erfolgte im Berichtsjahr.
Das Hotlabor betreibt für seine Kernbrennstoff-Verwaltung ein computerunterstütztes System, welches die nukleare Sicherheit der einzelnen Anlagenteile gewährleistet. Daneben existiert für die anderen radioaktiven Quellen ein weiteres Inventarisierungssystem. Die HSK hat sich bei zwei Inspektionen im Hotlabor vom wirksamen Einsatz des Buchhaltungssystems für die Kernbrennstoffe überzeugt. Zur Inventarisierung der anderen radioaktiven Quellen hat sie Hinweise auf Verbesserungspotenzial gegeben.

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 im Hotlabor,
- aus dem Rückbau der beiden Forschungsreaktoren SAPHIR und DIORIT sowie
- 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. Im Berichtsjahr entstanden am PSI 68 m^3 Rohabfälle (vgl. Tabelle A8). Im Rahmen der jährlichen Sammelaktionen aus Medizin, Industrie und Forschung sowie durch Sicherstellung von verwaisten Quellen wurden im Berichtsjahr 6.4 m^3 mit einer Masse von 5.4 t Rohabfälle angenommen.
Diese Rohabfälle sind sowohl chemisch als auch physikalisch sehr unterschiedlich, sodass vor ihrer Endkonditionierung oft Vorbehandlungen notwendig sind. Zudem ergeben sich auch unterschiedliche Konditionierungs- und Verpackungskonzepte, was ein im Vergleich zu den Kernkraftwerken umfangreicheres Spektrum an Abfallgebindetypen (AGT) bedingt. Im Berichtsjahr hat das PSI an mehreren Spezifikationen neuer oder modifizierter AGT sowie an Nachdokumentationen gearbeitet. Freigaben für AGT des PSI schliessen meist die Zwischenlagerung im BZL ein und setzen die vom PSI beantragte neue Betriebsbewilligung voraus. Da die neue bundesrätliche Bewilligung erst im Dezember 2004 erteilt wurde, hat die HSK im Berichtsjahr keine definitive AGT-Freigabe ausgestellt.
Das PSI hat bei der Endkonditionierung von Abfällen auf der Basis bereits freigegebener Spezifikationen oder auf Grund von Einzelfreigaben der HSK bedeutende Fortschritte gemacht. Brenn- und schmelzbare Abfälle wurden ausserdem für die Verarbeitung im Plasmaofen der ZWILAG bereitgestellt.
Im Berichtsjahr wurden im PSI ca. 635 t Material aus kontrollierten Zonen als inaktiv freigemessen. Der grösste Teil davon (ca. 80%) stammt aus dem Rückbau der beiden Forschungsreaktoren DIORIT und SAPHIR. Insgesamt wurden der HSK vom PSI 28 Inaktiv-Freigaben gemeldet, wovon elf durch HSK-Experten inspiziert wurden. Dabei hat sie stets Übereinstimmung mit den Vorschriften festgestellt.

6.7 Lagerung radioaktiver Abfälle

Im Bundeszwischenlager (BZL) werden seit 1992 radioaktive Abfälle eingelagert. Die bisher bewilligte Lagerkapazität ist für die Lagerung von Standard-Fässern (Inhalt 200 Liter) mit konditionierten Abfällen und von Klein-Containern (bis 4,5 m^3) bestimmt. Die Klein-Container enthalten unkonditionierte Komponenten, vorwiegend aus dem DIORIT-Reaktor und den Forschungseinrichtungen des PSI-West. In beschränktem Umfang und mit Auflagen hat die HSK ferner die Aufbewahrung weiterer nicht konditionierter Abfälle zugelassen, sofern dies dem Optimierungsgebot (Art. 6 StSV) entsprach. Ende 2004 war das BZL zu ca. 75 % gefüllt.
Um die restlichen Lagerkapazitäten des BZL optimal zu nutzen, hat das PSI ein Gesuch um Änderung der Betriebsbewilligung eingereicht. Es wurde insbesondere eine grössere Flexibilität bei den Annahmebedingungen und ein höheres Aktivitätsinventar beantragt. Nachdem dieses Gesuch, der begleitende Sicherheitsbericht des PSI, das zu-

gehörige Gutachten der HSK und die entsprechende Stellungnahme der KSA Ende 2003 öffentlich aufgelegt wurden, erfolgten zwei Einsprachen. Die Einsprachen wurden vom Bundesrat abgewiesen, da sie keine neuen Argumente zum Gesuch vorbrachten. Die Bewilligung wurde mit dem Bundesratsentscheid vom 3. Dezember 2004 mit Auflagen erteilt.

Die Lagerhallen AB und C werden für die kurz- und mittelfristige Lagerung von schwach- und mittelaktiven Abfällen vor oder nach deren Konditionierung benutzt. Das Inventar dieser Lager unterliegt starken Schwankungen. Im Frühjahr 2004 forderte die HSK vom PSI Verbesserungen bei der Buchführung dieser Abfälle. Inzwischen hat das PSI in allen Bereichen der mittelfristigen Lagerung radioaktiver Abfälle das gleiche Buchführungssystem wie die schweizerischen Kraftwerke eingeführt.

In der Lagerhalle AB werden unkonditionierte radioaktive Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung bis zu ihrer Verarbeitung aufbewahrt. Neben den Sonderabfällen, die nicht mit bereits freigegebenen Methoden konditioniert werden können, handelt es sich um Abfälle aus den BAG-Sammelaktionen der Jahre 1999 bis 2003. Diese sollen im Plasmaofen der ZWILAG eingeschmolzen werden. Die Lagerhalle AB dient ausserdem als Abklinglager für radioiodhaltige Abfälle.

In der Lagerhalle C werden gegenwärtig Gebinde mit zementierten plutoniumhaltigen Lösungen und DIORIT-Abfälle bis zu deren Endkonditionierung aufbewahrt. Auf dem Stapelplatz lagern vorübergehend unkonditionierte Abfälle, darunter Material aus dem Rückbau des SAPHIR, sowie eine Reihe von endkonditionierten, aber noch nicht spezifizierten Gebinden, die zur Abschirmung in 1-m^3-Betonfässer hineingestellt sind. Die bisher auf dem Stapelplatz gelagerten 13 Container mit Metallschrott aus dem ehemaligen Versuchsatomkraftwerk Lucens wurden im Oktober 2004 zur ZWILAG transportiert. Am Umschlagplatz werden gegenwärtig sechs ausgebaute Abwassertanks aus dem PSI-Hotlabor bis zu einer späteren Dekontamination bzw. Konditionierung aufbewahrt.

6.8 Vorkommnisse

Ein Transport spaltbaren Materials und radioaktiver Stoffe von einem Forschungslabor der ETH Zürich zum Hotlabor des PSI wurde im Juni 2004 unsachgemäss durchgeführt. Das PSI liess den Transport ohne vorgängige Benachrichtigung der Aufsichtsbehörde und ohne Einholung der nötigen atomrechtlichen Bewilligung ausführen. Zudem gab es mehrere Verstösse gegen die Transport- und Gefahrgutvorschriften und das Vorkommnis wurde der HSK nicht innerhalb der vorgeschriebenen Zeit gemeldet. Nach umfassenden Abklärungen hat die HSK Ende des Jahres 2004 das Vorkommnis der Stufe 2 der internationalen Bewer-

Rückbau im ehemaligen Forschungsreaktor Saphir. Der Kies diente als Abschirmung.
Foto: PSI

Luftaufnahme des PSI. (links Areal-West, rechts Areal-Ost) Am obersten Arealbereich ist das Zentrale Zwischenlager der ZWILAG erkennbar.
Foto: PSI

tungsskala INES (siehe Anhang Tabelle 4) zugeordnet. Beim Transport waren weder Personal noch Bevölkerung einer unzulässigen ionisierenden Strahlung ausgesetzt; die Sicherheitsvorsorge war jedoch geschwächt. Die HSK hat vom PSI gefordert, die dem Vorkommnis zugrunde liegenden Ursachen in den Bereichen Organisation, Fachkompetenz und Sicherheitskultur zu beheben.

6.9 Strahlenschutz

Im Jahr 2004 akkumulierten die 1232 als beruflich strahlenexponierte Personen eingestuften Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter am gesamten PSI (Aufsichtsbereiche des BAG und der HSK) eine Kollektivdosis von 221,7 Pers.-mSv (2003: 181,7 Pers.-mSv). Da sich der Arbeitsaufwand und die radiologischen Zustände nicht wesentlich vom Vorjahr unterschieden, ist die Kollektivdosis im Aufsichtsbereich der HSK mit 59,5 Pers.-mSv im Jahr 2003 und 62,1 Pers.-mSv im Berichtsjahr ungefähr gleich geblieben. Weitere Angaben zu den Personendosen des PSI sind im Strahlenschutzbericht der HSK zu finden.
Aus den bilanzierten Abgaben radioaktiver Stoffe über die Fortluftanlagen und über das Abwassersystem des PSI wurde eine Personendosis von 0,0036 mSv/Jahr am ungünstigsten Aufenthaltsort ausserhalb des überwachten PSI-Areals und unter konservativen Annahmen berechnet. Diese Dosis liegt deutlich unterhalb des quellenbezogenen Dosisrichtwerts von 0,15 mSv/Jahr für radioaktive Abgaben gemäss PSI-Abgabereglement.

6.10 Notfallbereitschaft

Die Notfallorganisation des PSI ist für die Bekämpfung aller Notfälle innerhalb des Betriebsareals zuständig. Mit einer zweckmässigen Führungsorganisation, geeigneten Führungsprozessen und angepassten Führungseinrichtungen zusammen mit einer optimalen Auslegung der Anlagen hat das PSI die Notfallbereitschaft auf hohem Niveau sicherzustellen.
Die HSK hat im September an der Werksnotfallübung «HOTLA» die Notfallorganisation beobachtet und beurteilt. Bei der Übung kamen der Notfallstab sowie das Gros der Equipen der PSI-Notfallorganisation zum Einsatz. Als Szenario wurde ein Brand mit Personenschaden in einer Kernanlage gewählt.
Die HSK kam auf Grund der Übungsbeobachtung zum Schluss, dass die von der Übungsleitung PSI angestrebten Übungsziele grösstenteils erreicht wurden. Die Notfalllage konnte von den Übenden

rasch beherrscht werden. Das Engagement der Hotlabor-Mitarbeiter und der Notfallequipen wurde von der HSK anerkennend bewertet. Daneben wurden von der HSK einige Hinweise bezüglich Schulung der Equipen auf Verbesserungspotenzial gegeben.

6.11 Organisation, Personal und Ausbildung

Bei der Analyse des unter 6.8 beschriebenen Vorkommnisses im Transportbereich wurden verschiedene organisatorische Defizite festgestellt, welche die Sicherheitsvorsorge geschwächt haben. Das PSI hat deshalb Änderungen der Zuständigkeiten für den Transport radioaktiver Stoffe vorgenommen. Zum Vorkommnis beigetragen hat die bisherige organisatorische Trennung von Transporten spaltbarer Stoffe und Transporten übrigen radioaktiven Materials mit dem Einsatz von zwei separaten Qualitätssicherungs-Systemen. Die HSK hat deshalb vom PSI für sämtliche Transporte radioaktiver Stoffe die Einführung eines einheitlichen Qualitätsmanagement-Systems verlangt, welches die Fachkompetenz aller Beteiligten, die Überwachung ihrer Arbeitsqualität und die nachvollziehbare Dokumentation aller Arbeitsschritte sicherstellt.
Das PSI bildet zwei weitere Personen als Strahlenschutzsachverständige aus. Die HSK unterstützt dieses Vorgehen, da anspruchsvolle Aufgaben im Betriebsstrahlenschutz – insbesondere in den Planungsphasen neuer Projekte – auch weiterhin abzusehen sind.

6.12 Strahlenschutz-Schule

Im Berichtsjahr wurde neben zahlreichen Kursen im medizinischen und forschungstechnischen Bereich der von der HSK anerkannte Ausbildungskurs für Strahlenschutztechniker durchgeführt. Die HSK hat sich dabei von der Qualität des Unterrichts überzeugt und die Prüfungen beaufsichtigt. Sie kontrollierte zudem die Prüfungsunterlagen für die Zulassung von Gefahrgutbeauftragten für die Beförderung gefährlicher, radioaktiver Güter. Die Anmerkungen der HSK hierzu wurden durch die Strahlenschutz-Schule umgesetzt. Neben den Lehrern der Schule unterrichteten auch externe Dozenten aus den Kernanlagen und von den Aufsichtsbehörden, wodurch die Erfahrungen aus der Praxis zusammen mit den rechtlichen Grundlagen in die Strahlenschutz-Kurse einfliessen.

6.13 Gesamtbeurteilung

Die Betriebsführung der Kernanlagen des PSI ist gut. Alle Rückbauarbeiten verliefen reibungslos und ohne Vorkommnisse. Die zum Ende des Berichtsjahrs erteilte neue BZL-Bewilligung eröffnet dem PSI einen grösseren Freiraum bei der Erfüllung seiner Aufgabe, endkonditionierte radioaktive Abfälle sicher im Bundeszwischenlager aufzubewahren.
Die Experimente am Forschungsreaktor PROTEUS verlaufen aus der Sicht der HSK bewilligungskonform. Durch die geplanten Erneuerungen im technischen Bereich wird die Sicherheit weiter verbessert. Die abgeschlossene Sanierung des Hotlabors lässt dort einen störungsarmen Betrieb zu.
Vielfalt und Komplexität der PSI-Anlagen fordern von der Abteilung für Strahlenschutz und Sicherheit eine hohe Kompetenz in vielen unterschiedlichen Bereichen, von der Unterstützung bei der Planung und Vorbereitung neuer Projekte, der Umsetzung praktikabler Schutzmassnahmen, der radiologischen Überwachung bis zur Kommunikation mit den Behörden. Im Bereich Strahlenschutz ist das PSI eine renommierte Fachstelle in der Schweiz, weshalb das PSI auch externe Stellen berät. Hierzu muss das PSI genügend Personal mit breiter Fachkenntnis im Bereich Strahlenschutz und Sicherheit bereitstellen.
Für die Bewältigung ihrer Aufgaben verfügt die Abteilung Strahlenschutz und Sicherheit über ein Qualitätsmanagement-System (QMS), in dem unter anderem die Abwicklung von Transporten radioaktiver Stoffe festgehalten ist. Davon getrennt existiert am PSI ein weiteres QMS für den Transport von Kernmaterialien. Diese Trennung sowie eine ungenügende Überwachung der Arbeitsqualität der eingesetzten Mitarbeiter führten zu Beanstandungen bei Inspektionen und zu einem Vorkommnis, bei dem die Sicherheitsvorsorge eingeschränkt war. Die HSK hat deshalb vermehrte Kontrollen im Transportbereich angeordnet und wird die Auswirkungen der vom PSI angekündigten Organisationsänderung im Transportwesen aufmerksam verfolgen.
Mit Ausnahme der identifizierten Schwächen im Transportbereich war der Zustand der im HSK-Aufsichtsbereich stehenden PSI-Anlagen in Bezug auf den operationellen Strahlenschutz und die nukleare Sicherheit gesamthaft betrachtet gut.

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 2004 stand der CROCUS-Reaktor Ingenieur- und Physikstudenten der EPFL, Kursteilnehmern der Reaktorschule des PSI sowie Studenten der Ingenieurschule Genf und der ETH Zürich während 435 Stunden bei kleiner Leistung (unter 100 W) für Ausbildungszwecke zur Verfügung. Dabei wurden 157 Wh thermische Energie erzeugt. Am Experiment CARROUSEL wurden Praktika zur Wirkung unterschiedlicher Moderatoren und Absorber auf den Neutronenfluss durchgeführt. Die Neutronenquelle LOTUS wurde nicht in Betrieb genommen. Während des Jahres traten keine gemäss HSK-Richtlinie R-25 meldepflichtigen Vorkommnisse von sicherheitstechnischer Bedeutung auf. Die Dosen des Personals lagen unterhalb der Nachweisgrenze. Die Abgabe radioaktiver Stoffe über den Luft- und Abwasserpfad war unbedeutend. Anlässlich einer Inspektion im November 2004 überzeugte sich die HSK davon, dass sich die Anlagen in einem ordentlichen, sauberen sowie sicherheitstechnisch einwandfreien Zustand befinden und die Vorschriften betreffend Strahlenschutz für das Personal und die Umwelt eingehalten werden.

7.2 Universität Basel

Der Forschungsreaktor der Universität Basel dient ebenfalls dem Unterricht. Neben dem reaktorphysikalischen Praktikum für Physik-Studenten wurde der Reaktor für Studenten der Fachhochschule Aargau in Windisch und der Reaktorschule des PSI benutzt. Für Kurse einer Strahlenschutzschule sowie für das kantonale Labor Basel-Stadt wurden Proben bestrahlt. Im Berichtsjahr wurde der Reaktor während 19 Stunden bei einer thermischen Leistung von 1 kW störungsfrei betrieben. Die Individualdosen sowie die Kollektivdosen lagen unterhalb der Nachweisgrenze. Die Abgabe radioaktiver Stoffe über den Luft- und Abwasserpfad war unbedeutend.

Auf Grund einer HSK-Inspektion in Begleitung von Fachleuten des BFE wurden 2004 der Brandschutz und die Sicherung verbessert. Die HSK erteilte nach positiver Überprüfung der dafür erforderlichen Bedingungen im Berichtsjahr eine strahlenschutzrechtliche Bewilligung für die Lagerung und Handhabung von radioaktiven Strahlenquellen im Reaktorraum.

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 (ADR[1]) bzw. mit der Eisenbahn (RID[2]). Bei allen Verkehrsträgern kommen die IAEA-Empfehlungen (TS-R-1[3]) für die sichere Beförderung radioaktiver Stoffe zur Anwendung. Basierend auf diesen Empfehlungen wird das internationale Transportrecht regelmässig angepasst. Nach Art. 4 Abs. 1 SDR[4] bzw. Art. 1 Abs. 1 RSD[5] gelten auch im nationalen Transportrecht ADR bzw. RID.

Hauptverantwortlich für die Einhaltung der Transportvorschriften und für die Sicherheit beim Transport ist der Versender. 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 atomrechtlichen 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 Ursprunglands 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 19 Gesuche nach Gefahrgutgesetzgebung beurteilt und die entsprechenden Genehmigungen ausgestellt. Davon betrafen 16 Gesuche die Anerkennung der Zulassung von Versandstücken (3 Transport- und Lagerbehälter, 2 Transportbehälter für abgebrannte Brennelemente, 2 Transportbehälter für frische Brennelemente sowie 9 Spezialbehälter für Kernmaterialien und andere radioaktive Stoffe). Drei weitere Gesuche bezogen sich auf Beförderungsgenehmigungen auf Grund von Sondervereinbarungen.

8.2 Bewilligungen nach Strahlenschutzgesetzgebung

Gemäss Artikel 2 des Strahlenschutzgesetzes vom 22. März 1991 ist das Transportieren von radioaktiven Stoffen eine bewilligungspflichtige Tätigkeit. Die Voraussetzungen für die Erlangung einer solchen Bewilligung 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 eine solche Bewilligung erteilt.

8.3 Bewilligungen nach Atomgesetzgebung

Nach Artikel 4 Absatz 1 Buchstaben b und c des Atomgesetzes vom 23. Dezember 1959 bedürfen unter anderem Transport, Einfuhr, Durchfuhr und Ausfuhr von radioaktiven Kernbrennstoffen und Rückständen einer Bewilligung des Bundes. Nach Artikel 11 Absatz 2 der Atomverordnung vom 18. Januar 1984 (AtV) ist ferner eine Bewilligung erforderlich für die Einfuhr, Ausfuhr und Durchfuhr von radioaktiven Abfällen aus Kernanlagen. Zuständig für die Erteilung solcher Bewilligungen ist das BFE (Art. 15 Abs. 1 Bst. A AtV). Im Hinblick

[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 (Revised)

[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)

Abtransport eines TL-Behälters vom Kernkraftwerk Leibstadt zum Zentralen Zwischenlager der ZWILAG.
Foto: KKL

auf die atomrechtliche Bewilligung von Transporten, die mittels zulassungspflichtiger Behälter erfolgen müssen, 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 der zustimmenden Beurteilung der HSK.

Im Berichtsjahr hat die HSK 15 Beurteilungen für atomrechtliche Transportbewilligungen abgegeben. Jeweils zwei Beurteilungen betrafen die Ausfuhr von abgebrannten Brennelementen zur Wiederaufarbeitung und den Transport von abgebrannten Brennelementen zum Zentralen Zwischenlager (ZZL) der ZWILAG. Je eine Beurteilung bezog sich auf die Einfuhr von frischen Brennelementen zu einem Kernkraftwerk und den Transport eines unbestrahlten Brennelementes vom PSI zum KKG. Zwei Beurteilungen erfolgten für Transporte zur Rückführung verglaster hochaktiver Abfälle aus der Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennelemente zum ZZL. Eine Beurteilung wurde für einen Transport von Abfällen aus dem ehemaligen Versuchsatomkraftwerk Lucens vom PSI zum ZZL erstellt. Vier weitere Beurteilungen betrafen Transporte von Kernmaterialien zum und vom PSI. Eine Beurteilung betraf den Transport von unbestrahlten Brennstofftabletten vom KKG zur Ecole d'Ingénieurs de Genève. Schliesslich erfolgte eine Beurteilung im Zusammenhang mit dem Transport eines leeren Transportbehälters für abgebrannte Brennelemente vom KKM nach Frankreich.

8.4 Transport abgebrannter Brennelemente und verglaster hochaktiver Abfälle

Im Berichtszeitraum fanden 18 Transporte abgebrannter Brennelemente ab den schweizerischen Kernkraftwerken statt. Von diesen gingen sechs Bahntransporte zur Wiederaufarbeitungsanlage der COGÉMA in Frankreich (5 ab KKG, 1 ab KKL). 12 Transporte abgebrannter Brennelemente erfolgten auf der Strasse zur Zwischenlagerung im ZZL (10 ab KKM, 2 ab KKL). Ende August 2004 wurde zudem der Castor-Behälter mit den abgebrannten Brennelementen des ehemaligen DIORIT-Reaktors vom PSI zur ZWILAG verschoben. Bei allen durchgeführten Brennelement-Transporten

wurden die gefahrgutrechtlichen Grenzwerte, insbesondere die Kontaminationsgrenzwerte, eingehalten.
Im September 2004 erfolgte eine Rückführung von verglasten hochaktiven Abfällen aus der Wiederaufarbeitungsanlage der COGÉMA. Der Transportbehälter wurde an der Umladestation der ZWILAG vom Bahnwagen auf das spezielle Transportfahrzeug der ZWILAG 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, Versender, 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.
Neben den Kontrollen der Transporte abgebrannter Brennelemente inspizierte die HSK im Berichtsjahr ebenfalls einzelne Antransporte von frischen Brennelementen zu den Kernkraftwerken sowie mehrere Transporte von radioaktiven Abfällen und übrigen radioaktiven Stoffen (z. B. Strahlenquellen oder radioaktive Proben) von und zu den schweizerischen Kernanlagen. In Bezug auf Kontamination und Dosisleistung war keine Überschreitung von Grenzwerten zu verzeichnen. Die HSK stellte aber mehrmals Abweichungen von den Vorschriften fest, die in den meisten Fällen formaler Natur waren (z. B. fehlerhafte Eintragungen in den Beförderungspapieren oder Bezettelungen). Bei einem Abfall-Transport vom Institut universitaire de Radiophysique Appliquée (IRA) zum PSI wurde jedoch der Aktivitätsgrenzwert für das verwendete Versandstück um 50 % überschritten. Ferner trug sich anlässlich eines Transports radioaktiver Stoffe mit spaltbarem Material von einem Forschungslabor der ETH Zürich zum Hotlabor des PSI ein klassiertes Vorkommnis zu (siehe dazu Kapitel 6.8). In keinem der genannten Fälle kamen Personen zu Schaden.

9. Geologische Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle

9.1 Lager für schwach- und mittelaktive Abfälle

Auf Grund der negativen Entscheide des Nidwaldner Volkes anlässlich der Abstimmungen vom Juni 1995 und September 2002 zum Gesuch für die nach kantonalem Recht erforderlichen bergrechtlichen Konzessionen wurde der Standort Wellenberg für die Realisierung des geologischen Tiefenlagers für schwach- und mittelaktive Abfälle (SMA) aufgegeben. Die in der Standortregion installierten Beobachtungseinrichtungen wurden abgebaut und die tiefen Bohrlöcher verfüllt. Die 1994 für die Realisierung des Projekts gegründete Genossenschaft für Nukleare Entsorgung Wellenberg (GNW) wurde 2003 aufgelöst.

Mit der Aufgabe des möglichen Standortes Wellenberg wird die Realisierung eines geologischen Tiefenlagers für SMA um viele Jahre verzögert. Da die drei früher evaluierten Standorte Bois de la Glaive, Oberbauenstock und Piz Pian Grand aus verschiedenen Gründen nicht mehr zur Diskussion stehen, muss eine neue Standortsuche gemäss einem noch zu definierenden Auswahlverfahren erfolgen.

Der Bundesrat hat sich im Dezember 2004 dafür ausgesprochen, das Auswahlverfahren für geologische Tiefenlager in einem Sachplan gemäss Raumplanungsgesetz festzuschreiben. Die Bundesbehörden hatten unter der Leitung des BFE bereits früher begonnen, die Grundlagen für ein solches Auswahlverfahren zu erarbeiten. Mit diesem Verfahren sollen insbesondere die betroffenen Kantone und Gemeinden sowie das benachbarte Ausland frühzeitig in den Entscheidprozess einbezogen werden. Als übergeordnetes Ziel gilt auch bei diesem Auswahlverfahren die langfristige Sicherheit von Mensch und Umwelt.

Das Parlament hatte am 21. März 2003 das neue Kernenergiegesetz verabschiedet. Im Dezember 2004 hat der Bundesrat die zugehörige Kernenergieverordnung gutgeheissen. Gesetz und Verordnung wurden auf den 1. Februar 2005 in Kraft gesetzt. Diese neue Gesetzgebung legt weiterhin den Abfallverursachern, also in erster Linie den Betreibern der Kernkraftwerke, die Pflicht zur Entsorgung auf. Im Auftrag der Betreiber ist die Nagra für die Vorbereitung dieser Tätigkeit, d.h. auch für die erneute Standortsuche, verantwortlich.

9.2 Lager für hochaktive Abfälle

9.2.1 Entsorgungsnachweis

Im Vordergrund der Arbeiten für die geologische Tiefenlagerung der hochaktiven Abfälle stand im Jahre 2004 die behördliche Überprüfung des Entsorgungsnachweises. Dieser Nachweis beruht auf dem Bundesbeschluss zum Atomgesetz von 1978, wo festgehalten wird, dass eine Rahmenbewilligung für Kernkraftwerke nur erteilt wird, wenn die dauernde sichere Entsorgung und Endlagerung der radioaktiven Abfälle gewährleistet ist. Der Nachweis muss für abgebrannte Brennelemente (BE), hochaktive (HAA) und langlebige mittelaktive Abfälle (LMA) noch erbracht werden.

Ein entsprechendes Projekt wurde von der Nagra Ende 2002 eingereicht. Es bezieht sich auf ein modellartiges geologisches Tiefenlager im Zürcher Weinland. Als Wirtgestein dient der Opalinuston, der in diesem Gebiet eine rund 110 m mächtige Schicht bildet. Der Entsorgungsnachweis beinhaltet drei Teilnachweise:

- Der *Sicherheitsnachweis* muss zeigen, dass im gewählten Wirtgestein mit den auf Grund von Sondierbefunden nachgewiesenen geologischen und hydrogeologischen Eigenschaften und mit den technischen Barrieren die Langzeitsicherheit des Tiefenlagers gewährleistet ist.
- Der *Standortnachweis* muss auf Grund dokumentierter Untersuchungsergebnisse zeigen, dass mit grosser Wahrscheinlichkeit ein genügend grosser Wirtgesteinskörper mit den im Sicherheitsnachweis verwendeten Eigenschaften existiert, sodass die Realisierung eines Tiefenlagers im besagten Standortgebiet mit Aussicht auf Erfolg in Angriff genommen werden könnte.
- Der *Machbarkeitsnachweis* muss zeigen, dass im gewählten Wirtgestein ein Tiefenlager unter Einhaltung der Sicherheitsvorschriften mit den heute vorhandenen technischen Mitteln gebaut, betrieben und langfristig sicher verschlossen werden kann.

Die Arbeiten der HSK konzentrierten sich 2004 auf den Abschluss der Überprüfung des umfangreichen Projekts und auf die Ausarbeitung eines entsprechenden Gutachtens. Der Entsorgungsnachweis wird anhand der im Voraus festgelegten Beurteilungskriterien bewertet. Das Gutachten soll im Jahr 2005 veröffentlicht werden. In erdwissenschaftlichen Belangen lässt sich die HSK von der Kommission Nukleare Entsorgung (KNE) beraten, die ihrerseits eine Stellungnahme verfasst. Weitere Expertenberichte vervollständigen die Überprüfung, so zum Beispiel eine Studie zu den Auswirkungen der Erosion durch zukünftige Gletscher oder eine umfangreiche Arbeit zur bautechnischen Machbarkeit der Untertagebauwerke.

Um den Informations- und Wissensaustausch mit den vom Entsorgungsnachweis direkt betroffenen Kantonen und dem benachbarten Ausland sicherzustellen, hat das BFE im Jahre 2003 drei Gremien eingesetzt: Ein Ausschuss von Regierungsvertretern, ein technisches Forum und eine Arbeitsgruppe Information und Kommunikation.

Der Ausschuss besteht aus Regierungsvertretern der betroffenen Kantone (Aargau, Schaffhausen, Thurgau und Zürich) und des deutschen Bundeslandes Baden-Württemberg sowie aus Vertretern des BFE und der HSK. Er traf sich im vergangenen Jahr zu zwei Sitzungen, an denen nebst Informationen über den Stand der Arbeiten vor allem politische Aspekte des Vorgehens, insbesondere auch des Verfahrens zur Standortwahl, diskutiert wurden.

Die Arbeitsgruppe Information und Kommunikation unter der Leitung des BFE koordiniert die Öffentlichkeitsarbeit. In der Gruppe vertreten sind die o. g. Kantone, das Forum Opalinus (eine Vereinigung von Gemeinden des Zürcher Weinlands), das Regierungspräsidium Freiburg und das Landratsamt Waldshut sowie die HSK. Die Gruppe traf sich im Berichtsjahr zu vier Sitzungen. Standardthemen sind der gegenseitige Informationsaustausch, die Diskussion zum weiteren Vorgehen und insbesondere die Koordination von Informationsveranstaltungen, wie beispielsweise die Koordination der Behördeninformation vom 27. April 2004 in Marthalen (siehe unter 9.2.2) und die für 2005 geplanten Veranstaltungen.

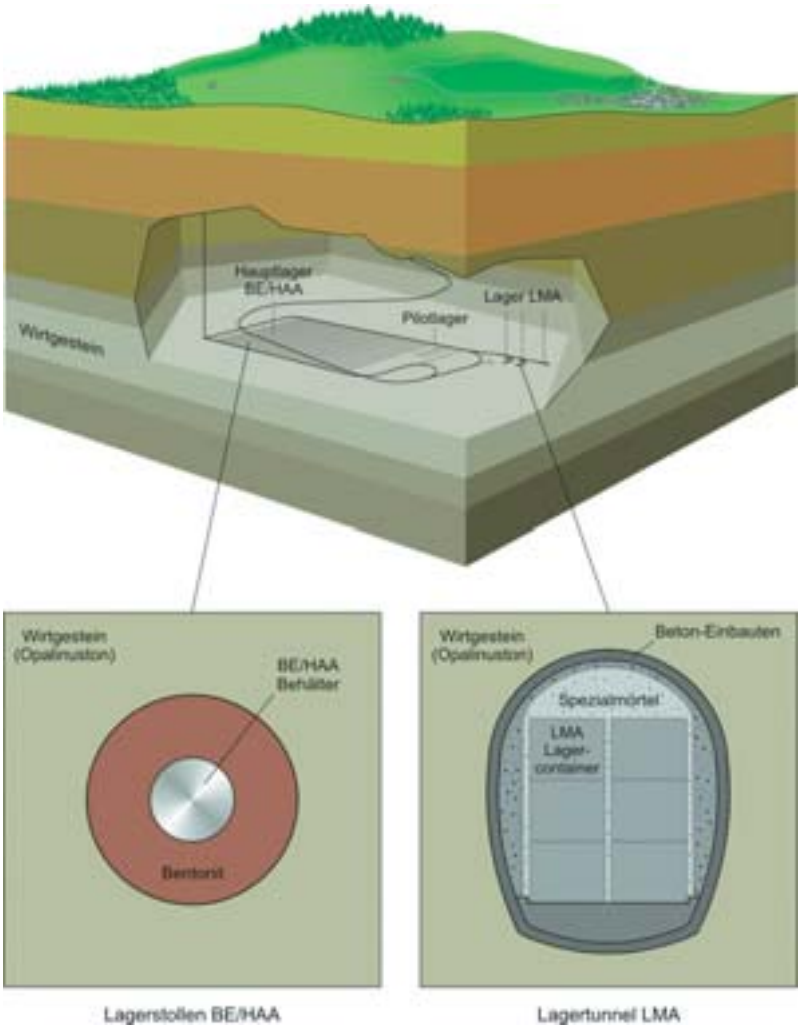
Dem Technischen Forum Entsorgungsnachweis, das unter der Leitung der HSK steht, gehören Fachleute des Bundes, der Kantone, des Landes Baden-Württemberg, des Landkreises Waldshut, des Forums Opalinus, der Organisation KLAR! Schweiz sowie der Nagra an. In diesem Gremium werden technische und wissenschaftliche Fragen sowie Hinweise und Anregungen aus der Öffentlichkeit diskutiert. Im Berichtsjahr befasste es sich mit technischen Fragen, welche von den Kantonen Schaffhausen und Thurgau sowie an der Informationsveranstaltung vom Oktober 2003 in Trüllikon von Teilnehmern vorgebracht wurden. Diese Fragen wurden an vier Sitzungen im April, Juni, September und Dezember diskutiert. Bis Ende 2004 sind 53 Fragen eingegangen und von der HSK registriert worden. Davon sind inzwischen 47 Fragen zur Zufriedenheit der Fragesteller beantwortet worden. Angaben hierzu sind im Internet unter www.technischesforum.ch zu finden.

9.2.2 Öffentlichkeitsarbeit

Am 27. April 2004 wurde in Marthalen der im Auftrag des BFE erstellte Bericht einer internationalen Expertengruppe den lokalen Behörden und den Medien vorgestellt. Die von der Nuklearenergie-Agentur der OECD gebildete Expertengruppe setzte sich aus international anerkannten Experten auf dem Gebiet der nuklearen Entsorgung zusammen. Sie hatte sich zu dem von der Nagra vorgelegten Sicherheitsnachweis zu äussern. Das Urteil war positiv; die Expertengruppe zeigte sich beeindruckt von der Qualität der Sicherheitsanalyse der Nagra und erwähnte insbesondere deren Robustheit. Der Sicherheitsnachweis beruhe auf einer soliden wissenschaftlichen Basis und habe für mehrere Fachgebiete Vorbildfunktion.

Am 28. September fand eine Aussprache zwischen Bundesrat Leuenberger und der Swisselectric/Nagra statt. Die Aussprache führte zur Forderung, die Nagra müsse bei der Einreichung eines Gesuchs für eine Rahmenbewilligung dereinst nachweisen, dass sie den Standort auf Grund eines echten, nachvollziehbaren Verfahrens ausgewählt habe. Die dazu notwendigen Beurteilungsregeln sollen in einem Sachplan «geologische Tiefenlager» festgeschrieben werden.

Zum Thema geologische Tiefenlagerung der hochaktiven Abfälle hat der Schaffhauser Nationalrat Hans-Jürg Fehr im Berichtsjahr zwei parlamentarische Vorstösse eingereicht. In einer Motion im Mai 2004 forderte er die Einsetzung eines wissenschaftlichen «Second Team» zur Überprüfung des Entsorgungsnachweises. Das im Juni 2004 eingereichte Postulat verlangte die Evaluation von alternativen Standortregionen zum Zürcher Weinland. Im Dezember 2004 hat der Bun-



Anlagekonzept eines geologischen Tiefenlagers für BE/HAA und LMA, Projekt Opalinuston.
Quelle: Nagra

desrat die Ablehnung der Motion, hingegen die Annahme des Postulats, beantragt.
Zur Information der Öffentlichkeit über den aktuellen Stand der Entsorgung radioaktiver Abfälle hat das BFE die Website www.entsorgungsnachweis.ch aufgeschaltet.

9.2.3 Sondierbohrung Benken

In der Sondierbohrung Benken wurden die Langzeitbeobachtungen der Grundwasserpegel weiter geführt. Die Koordinationskommission, die seinerzeit die Bohrarbeiten begleitete, wird erst wieder aktiv werden, wenn die Bohrung dereinst verfüllt wird.
Das Forum Opalinus (eine Vereinigung von Gemeinden des Zürcher Weinlands) gab eine Studie zu den sozioökonomischen Auswirkungen von Bau und Betrieb eines allfälligen geologischen Tiefenlagers für hochaktive Abfälle im Zürcher Weinland in Auftrag. Die entsprechenden Arbeiten begannen mit einer ersten Sitzung am 8. Juli 2004. Die Studie soll im ersten Halbjahr 2005 vorliegen.

9.2.4 Projekt Kristallin-I

Am 28. September 2004 wurde die Stellungnahme der HSK zum Projekt Kristallin-I der Nagra veröffentlicht. Die Nagra kam mit dem Projekt einer Verpflichtung zur Berichterstattung nach, die sie im Nachgang zum Projekt Gewähr 1985 zu erfüllen hatte. Die Studie Kristallin-I präsentiert eine abschliessende Auswertung der bis 1993 durchgeführten Untersuchungen. Die Nagra kam zum

Schluss, dass das kristalline Grundgebirge der Nordschweiz eine geeignete Umgebung für ein geologisches Tiefenlager für hochaktive Abfälle bilden könnte. Es wären aber weitergehende Untersuchungen nötig, um mögliche Standorte zu identifizieren.

Die HSK hat dieses Projekt der Nagra einer eingehenden Prüfung unterzogen. In ihrer Stellungnahme (HSK 23/73 vom Juli 2004) stellt die HSK generell fest, dass die Nagra eine hochwertige Sicherheitsanalyse erarbeitet hat. Sie weist auf offene Fragen hin, die beantwortet werden müssten, falls die Option Kristallin weiter verfolgt wird. Die HSK kommt zum Schluss, dass die Sicherheit eines geologischen Tiefenlagers für hochaktive Abfälle gewährleistet ist, wenn ein genügend grosser Gesteinskörper mit den in der Sicherheitsanalyse Kristallin-I beschriebenen Eigenschaften gefunden wird. Sie ist aber der Ansicht, dass sich seit dem Projekt Gewähr 1985 die Aussichten kaum verbessert haben, einen solchen Gesteinskörper mit der erforderlichen Zuverlässigkeit zu finden und dessen Eigenschaften schlüssig nachzuweisen.

9.2.5 Felslaboratorien

In den Felslaboratorien Mont Terri (JU) und Grimsel (BE) wurden die wissenschaftlich-technischen Untersuchungen weitergeführt. Die Daten, die in den beiden Felslaboratorien gewonnen werden, unterstützen die standortgebundenen Projekte zur geologischen Tiefenlagerung in der Schweiz.

Im Felslabor Mont Terri werden die geologischen, hydraulischen, hydrochemischen und felsmechanischen Eigenschaften des Opalinustons untersucht, die für die Beurteilung der Sicherheit und der bautechnischen Machbarkeit eines geologischen Tiefenlagers nötig sind. Das Projekt umfasst 12 Partnerorganisationen aus 6 Ländern, darunter seit 2003 auch die HSK. In Zusammenarbeit mit der Ingenieurgeologie der ETH Zürich hat die HSK ein Experiment gestartet, mit dem die Kluftbildung in der Auflockerungszone näher untersucht wird.

Das Forschungsprogramm der Phase 9 wurde wie geplant am 30. Juni 2004 zum Abschluss gebracht. Am Steering-Meeting vom 11. Mai 2004 bereinigten die Partnerorganisationen das 10. Forschungsprogramm 2004-2005. Der Ausbau des Felslabors ging mit dem Ausbruch der Galerie-04 weiter, wozu der Regierungsrat des Kantons Jura am 29. Juni 2004 die Bewilligung für den Teilausbau und für die Durchführung der Versuche erteilte. Das Felslabor Mont Terri findet nach wie vor auch ein grosses öffentliches Interesse. Am 6. September 2004 besuchte die nationalrätliche Kommission für Umwelt, Raumplanung und Energie (UREK-N) das Felslabor und liess sich über die Projekte informieren.

Die Experimente im Felslabor Grimsel betreffen unter anderem das in-situ-Verhalten von technischen Barrieren und das Migrationsverhalten von Radionukliden unter endlagerähnlichen Bedingungen. Mit der Unterzeichnung eines «Umbrella Agreements» durch die Partnerorganisationen konnte die breite internationale Beteiligung am Felslabor aufrechterhalten werden. An der Tagung vom 26./27. Mai 2004 beteiligten sich 16 Organisationen aus 8 Ländern. Sie nahmen die Forschungsresultate der Projekte zur Kenntnis und fassten einen Beschluss zum weiteren Vorgehen. Im September 2004 feierte die Nagra das 20-jährige Bestehen des Felslabors mit einer internationalen Tagung, an der die Forschungsresultate im Rückblick gewürdigt wurden. An einem Tag der offenen Tür im Felslabor konnte die Bevölkerung Einblick in die Arbeiten nehmen.

Das in Verbindung mit dem Felslabor Grimsel gegründete Trainingszentrum ITC bietet Aus- und Weiterbildung auf dem Gebiet der geologischen Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle. Anfang 2004 wurde ein Kurs in Zusammenarbeit mit der Universität Bern durchgeführt, der die Grundwasser-Modellierung zum Thema hatte.

Die HSK ist die zuständige Behörde für die Erteilung der notwendigen Bewilligungen für Versuche mit radioaktiven Stoffen und für die Aufsicht über solche Versuche. Sie erteilte der Nagra im Jahre 2004 eine entsprechende Bewilligung für das Felslabor Grimsel. Zur Kontrolle der damit verbundenen Auflagen wurden zwei Inspektionen durchgeführt, die Übereinstimmung mit den Vorgaben zeigten. Die kantonalen Aufsichtsbehörden wurden über die Bewilligung und die Durchführung solcher Versuche informiert.

Anhang

Tabell 1a	Hauptdaten der schweizerischen Kernkraftwerke	88
Tabelle 1b	Betriebsdaten der schweizerischen Kernkraftwerke 2004	88
Tabelle 2	Bestand an lizenziertem Personal und Gesamtbelegschaft in den Kernkraftwerken Ende 2004	89
Tabelle 3	Klassierte Vorkommnisse 2004	89
Tabelle 4	Internationale Störfall-Bewertungsskala für Kernanlagen (INES)	90
Tabelle 5	Kollektivdosen in den schweizerischen KKW im Berichtsjahr	92
Tabelle 6a	Zusammenstellung der Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umgebung im Jahr 2004 und der daraus berechneten Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung	93
Tabelle 6b	Zusammenstellung der Abgaben des Paul Scherrer Instituts im Jahr 2004 und der daraus berechneten Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung	94
Tabelle 6c	Fussnoten	95
Tabelle 7	Abgaben der schweizerischen Kernkraftwerke in den letzten fünf Jahren im Vergleich mit den Abgabelimiten	96
Tabelle 8	Radioaktive Abfälle in den Kernkraftwerken und im PSI	97
Tabelle 9	Radioaktive Abfälle im Zentralen Zwischenlager der ZWILAG	97
Tabelle 10	Liste der schweizerischen Richtlinien	98
Figur 1	Zeitverfügbarkeit und Arbeitsausnutzung, 1995–2004	101
Figur 2	Meldepflichtige, klassierte Vorkommnisse, 1995–2004	102
Figur 3	Ungeplante Reaktorschnellabschaltungen (Scrams), 1995–2004	103
Figur 4	Ursachen der klassierten Vorkommnisse der Kernkraftwerke pro Jahr, 1995–2004	104
Figur 5	Ursachen ungeplanter Reaktorschnellabschaltungen pro Jahr, 1995–2004	104
Figur 6	Brennstabschäden (Anzahl Stäbe), 1994–2004	105
Figur 7	Jahreskollektivdosen (Personen-Sv/Jahr) der Kernanlagen, 1972–2004	106
Figur 8	Berechnete Dosen für die meistbetroffenen Personen (Erwachsene) in der Umgebung der schweizerischen KKW	107
Figur 9a	Funktionsschema eines Kernkraftwerks mit Druckwasserreaktor	108
Figur 9b	Funktionsschema eines Kernkraftwerks mit Siedewasserreaktor	108
	Verzeichnis der Abkürzungen	109

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
Generatordaten [MVA]	2·228	2·228	2·214	1140	1318
Kühlung	Fluss-wasser	Fluss-wasser	Fluss-wasser	Kühlturm	Kühlturm
Kommerzielle Inbetriebnahme	1969	1971	1972	1979	1984

Tabelle 1b

Betriebsdaten der schweizerischen Kernkraftwerke 2004

	KKB 1	KKB 2	KKM	KKG	KKL
Thermisch erzeugte Energie [GWh]	8691	9643	8915	24821	27085
Abgegebene elektrische Nettoenergie [GWh]	2800	3099	2906	7953	8692
Abgegebene thermische Energie [GWh]	154,1	8,8	1,98	164,9	–
Zeitverfügbarkeit[1] [%]	88,3	97,3	94,3	94,5	86,9
Nichtverfügbarkeit durch Jahresrevision [%]	11,5	2,7	5,5	5,5	12,3
Arbeitsausnutzung[2] [%]	87,5	96,7	92,8	94,4	85,2
Anzahl ungeplanter Schnellabschaltungen (Scrams)	2	0	1	0	1
Andere ungeplante Abschaltungen	0	0	0	1	1
Störungsbedingte Leistungsreduktionen (>10% P_N)	1	0	2	0	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 lizenziertem Personal und Gesamtbelegschaft in den Kernkraftwerken Ende 2004.
(in Klammern Werte von 2003)

Funktion	KKB 1+2	KKM	KKG	KKL
Reaktoroperateur	30 (28)	18 (17)	20 (22)	19 (15)
Schichtchef und Stellvertreter	24 (27)	8 (11)	21 (19)	17 (17)
Pikettingenieur	14 (11)	7 (8)	13 (12)	12 (13)
Strahlenschutzfachkraft	5 (5)	4 (4)	6 (7)	10 (10)
Strahlenschutztechniker	5 (5)	6 (6)	4 (3)	5 (5)
Gesamtbelegschaft (Personen)	499 (497)	302 (305)	395 (394)	416 (413)

Tabelle 3

Klassierte Vorkommnisse 2004

Datum	Anlage	Vorkommnis	Einstufung INES
25.5.2004	KKB1	Reaktorschnellabschaltung nach Ausfall einer Speisewasserpumpe	0
28.5.2004	KKL	Nichteinhalten des zulässigen Temperaturanstieges des Reaktorkühlmittels	1
28.5.2004	KKL	Offene Drywellisolationsklappen beim Anfahren	1
22.6.2004	PSI	Verletzung von Transport- und Gefahrgutvorschriften bei einem Transport von radioaktiven Stoffen von der ETH zum PSI	2
10.7.2004	KKB1	Reaktorschnellabschaltung nach einer Fehlfunktion eines Speisewasser-Regelventils	0
28.7.2004	KKG	Verzögerter Start eines Notstromdiesels	0
31.7.2004	KKL	Hüllrohrschaden an einem Brennstab mit Auswaschung von Brennstoff	0
30.8.2004	KKM	Reaktorschnellabschaltung bei der Inbetriebnahme der neuen Vordruckregler der Turbine	0
1.10.2004	KKL	Reaktorschnellabschaltung nach Ausfall der Eigenbedarfs-Versorgung	0

Tabelle 4

Internationale Störfall-Bewertungsskala für Kernanlagen (INES)

Die Internationale Skala für den Schweregrad von Störfällen in Kernanlagen (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 Bewertungsmassstab (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 aus administrativen Gründen 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	▮ 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). **Bemerkung:** Akute Gesundheitsschäden möglich. Späte Gesundheitsschäden über grosse Gebiete, wahrscheinlich über die Landesgrenze hinaus. Langfristige Beeinträchtigung der Umwelt.	Tschernobyl, UdSSR, 1986
6	Ernsthafter Unfall	▮ Freisetzung von Spaltprodukten in die Umgebung (1000 bis 10 000 TBq Iod-131-Äquivalent). **Bemerkung:** Voller Einsatz lokaler Notfallschutzmassnahmen höchstwahrscheinlich notwendig, um Gesundheitsschäden in der Bevölkerung zu begrenzen.	
5	Unfall mit Gefährdung der Umgebung	▮ Freisetzung von Spaltprodukten in die Umgebung (100 bis 1000 TBq Iod-131-Äquivalent). **Bemerkung:** Teilweiser Einsatz von Notfallschutzmassnahmen in einigen Fällen notwendig, um die Wahrscheinlichkeit von Gesundheitsschäden zu verringern. ▮ 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	▮ Freisetzung von radioaktiven Stoffen, die für die meistexponierte Person ausserhalb der Anlage eine Dosis von wenigen Millisievert ergibt. **Bemerkung:** Notfallschutzmassnahmen im Allgemeinen nicht notwendig, ausser möglicherweise lokale Lebensmittelkontrollen. ▮ 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 Störfall-Bewertungsskala für Kernanlagen (INES)

Stufe	Bezeichnung	Kriterien	Beispiele
3	Ernsthafter Zwischenfall	▮ 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	▮ 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 Sicherheitskultur[1]. ▮ 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	▮ 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 sicherheitssignifikante Vorkommnisse	▮ Hierher gehören Vorkommnisse ohne Überschreitung von betrieblichen Grenzwerten und Bedingungen, welche mit geeigneten Verfahren beherrscht werden. **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.	

[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		KKL		KKM		KKG	
Aktionen	2004	2003	2004	2003	2004	2003	2004	2003	2004	2003
BE-Wechsel		73	68							
Revisionsstillstand	443			267	1522	605	634	695	721	450
Zwischenabstellung								65		
Leistungsbetrieb	53	58	53	58	269	267	458	368	113	107
Total	496	131	121	325	1791	872	1092	1128	834	557

Tabelle 6a

Zusammenstellung der Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umgebung im Jahr 2004 und der daraus berechneten Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung (Fussnoten am Ende der Tabelle)

Anlage	Medium	Art der Abgaben[4]	Abgabelimiten[1]	Tatsächliche Abgaben[2,4]			Berechnete Jahresdosis[3]	
				Äquivalentabgaben (Vergleich mit den Limiten)				
			Bq/Jahr	Bq/Jahr	Prozent der Limite	Bq/Jahr	Erwachsener mSv/Jahr	Kleinkind mSv/Jahr
KKB 1 + KKB 2	Abwasser (4066 m^3)	Nuklidgemisch (ohne Tritium)	$4 \cdot 10^{11}$	$4{,}0 \cdot 10^{8}$	0,1%	$1{,}2 \cdot 10^{10}$	<0,001	<0,001
		Tritium	$7 \cdot 10^{13}$	$1{,}1 \cdot 10^{13}$	16%	$1{,}1 \cdot 10^{13}$	<0,001	<0,001
	Abluft	Edelgase	$1 \cdot 10^{15}$	$4{,}0 \cdot 10^{12}$	0,4%	$3{,}6 \cdot 10^{12}$	<0,001	<0,001
		Aerosole	$6 \cdot 10^{9}$	–	<0,1%	$9{,}5 \cdot 10^{5}$	<0,001	<0,001
		Iod: ^{131}I	$4 \cdot 10^{9}$	$5{,}5 \cdot 10^{6}$	0,1%	$5{,}5 \cdot 10^{6}$	<0,001	<0,001
		Kohlenstoff (CO_2): ^{14}C	–	–	–	$4{,}0 \cdot 10^{10}$	0,0012	0,0020
	Gesamtdosis						0,0013	0,0021
KKM	Abwasser (4729 m^3)	Nuklidgemisch (ohne Tritium)	$4 \cdot 10^{11}$	$6{,}1 \cdot 10^{8}$	0,2%	$5{,}4 \cdot 10^{9}$	<0,001	<0,001
		Tritium	$2 \cdot 10^{13}$	$1{,}5 \cdot 10^{11}$	0,8%	$1{,}5 \cdot 10^{11}$	<0,001	<0,001
	Abluft	Edelgase	$2 \cdot 10^{15}$	$2{,}1 \cdot 10^{12}$	0,1%	$1{,}0 \cdot 10^{12}$	<0,001	<0,001
		Aerosole	$2 \cdot 10^{10}$	–	<0,1%	$5{,}5 \cdot 10^{6}$	0,0044	0,0038
		Iod: ^{131}I	$2 \cdot 10^{10}$	$5{,}5 \cdot 10^{7}$	0,3%	$5{,}5 \cdot 10^{7}$	<0,001	<0,001
		Kohlenstoff (CO_2): ^{14}C	–	–	–	$2 \cdot 10^{11}$	<0,001	0,0012
	Gesamtdosis						0,0052	0,0050
KKG	Abwasser (7138 m^3)	Nuklidgemisch (ohne Tritium)	$2 \cdot 10^{11}$	–	<0,1%	$4{,}8 \cdot 10^{6}$	<0,001	<0,001
		Tritium	$7 \cdot 10^{13}$	$1{,}4 \cdot 10^{13}$	20%	$1{,}4 \cdot 10^{13}$	<0,001	<0,001
	Abluft	Edelgase	$1 \cdot 10^{15}$	$<9{,}6 \cdot 10^{12}$	<1,0%	$<8{,}4 \cdot 10^{12}$	<0,001	<0,001
		Aerosole	$1 \cdot 10^{10}$	–	<0,1%	$2{,}5 \cdot 10^{5}$	<0,001	<0,001
		Iod: ^{131}I	$7 \cdot 10^{9}$	–	<0,1%	–	<0,001	<0,001
		Kohlenstoff (CO_2): ^{14}C	–	–	–	$8{,}4 \cdot 10^{10}$	<0,001	<0,001
	Gesamtdosis						<0,001	0,0011
KKL	Abwasser (15524 m^3)	Nuklidgemisch (ohne Tritium)	$4 \cdot 10^{11}$	–	<0,1%	$1{,}9 \cdot 10^{8}$	<0,001	<0,001
		Tritium	$2 \cdot 10^{13}$	$1{,}9 \cdot 10^{12}$	10%	$1{,}9 \cdot 10^{12}$	<0,001	<0,001
	Abluft	Edelgase	$2 \cdot 10^{15}$	–	<0,1%	$3{,}0 \cdot 10^{12}$	<0,001	<0,001
		Aerosole	$2 \cdot 10^{10}$	$3{,}9 \cdot 10^{7}$	0,2%	$3{,}9 \cdot 10^{7}$	<0,001	<0,001
		Iod: ^{131}I	$2 \cdot 10^{10}$	$9{,}9 \cdot 10^{8}$	5%	$9{,}9 \cdot 10^{8}$	<0,001	0,001
		Kohlenstoff (CO_2): ^{14}C	–	–	–	$4{,}5 \cdot 10^{11}$	0,0024	0,0041
	Gesamtdosis						0,0026	0,0049

Tabelle 6b (Fortsetzung)

Zusammenstellung der Abgaben des Paul Scherrer Instituts im Jahr 2004 und der daraus berechneten Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung

	Hochkamin (PSI Ost)	Saphir, Proteus (PSI Ost)	Forschungslabor (PSI Ost)	Betriebsgebäude für radioaktive Abfälle Ost	Bundeszwischenlager	Zentrale Fortluftanlage (PSI West)	Injektor II (PSI West)	C-Labor (PSI West)	Abwasser PSI (2692 m^3)	Gesamtanlage des PSI[2,4]	
										Gesamtsumme	Äquivalentabgaben
Abgaben im Abwasser[2,4] [Bq]											
Nuklidgemisch ohne Tritium	–	–	–	–	–	–	–	–	$7{,}5 \cdot 10^{7}$	$7{,}5 \cdot 10^{7}$	$8{,}0 \cdot 10^{7}$
Tritium	–	–	–	–	–	–	–	–	$6{,}6 \cdot 10^{10}$	$6{,}6 \cdot 10^{10}$	–
Abgaben über die Abluft[2,4] [Bq]											
Edelgase und andere Gase	$2{,}3 \cdot 10^{12}$	–	–	–	–	$9{,}2 \cdot 10^{13}$	$8{,}9 \cdot 10^{10}$	–	–	$9{,}4 \cdot 10^{13}$	$2{,}0 \cdot 10^{14}$
β/γ-Aerosole (ohne Iod, Halbwertszeit >8 Std.)	$1{,}4 \cdot 10^{6}$	–	–	–	–	$1{,}2 \cdot 10^{10}$	$3{,}8 \cdot 10^{6}$	$7{,}1 \cdot 10^{3}$	–	$1{,}2 \cdot 10^{10}$	–
α-Aerosole	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Iod	$4{,}7 \cdot 10^{8}$	–	$1{,}7 \cdot 10^{4}$	–	–	$7{,}1 \cdot 10^{7}$	–	–	–	$5{,}4 \cdot 10^{8}$	$4{,}7 \cdot 10^{8}$
Tritium (tritiiertes Wasser, HTO)	$1{,}8 \cdot 10^{10}$	$1{,}7 \cdot 10^{9}$	–	$6{,}3 \cdot 10^{9}$	$2{,}3 \cdot 10^{9}$	$8{,}6 \cdot 10^{11}$	–	–	–	$8{,}8 \cdot 10^{11}$	–
Kohlenstoff (CO_2): ^{14}C	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Jahresdosis[3] [mSv/Jahr] für:											
Erwachsene	<0,00015	<0,00015	<0,00015	<0,00015	<0,00015	0,0030	<0,00015	<0,00015	<0,00015	<0,004	
Kleinkinder	0,0003	<0,00015	<0,00015	<0,00015	<0,00015	0,0031	<0,00015	<0,00015	<0,00015	<0,004	
Anteil am quellenbezogenen Dosisrichtwert[1]	0,2%	<0,1%	<0,1%	<0,1%	<0,1%	2,1%	<0,1%	<0,1%	<0,1%	<3%	

Tabelle 6c (Fussnoten)

1 **Abgabelimiten** gemäss Bewilligung der jeweiligen Kernanlage. Die Abgabelimiten wurden für die Kernkraftwerke so festgelegt, dass die Jahresdosis für Personen in der Umgebung (vgl. Fussnote 3) unter 0,2 mSv/Jahr bleibt. Für das Paul Scherrer Institut (PSI) sind die Abgaben gemäss Bewilligung 6/2000 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 PSI. Die Messgenauigkeit beträgt ca. ± 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.

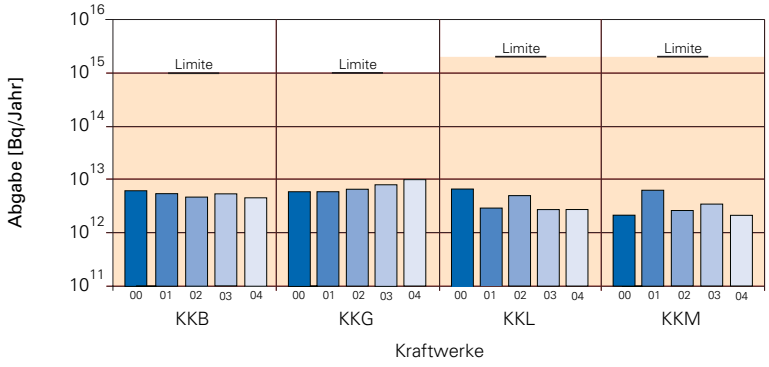
4 Bei der **Art der Abgaben** resp. den **Tatsächlichen Abgaben** ist Folgendes zu präzisieren:
Abwasser: Die Radioaktivität ist beim Vergleich mit den Abgabelimiten in Bq/Jahr normiert auf einen Referenz-LE-Wert von 200 Bq/kg angegeben. Die LE-Werte für die einzelnen Nuklide sind dem Anhang 3 der Strahlenschutzverordnung (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/m^3 angegeben. Die CA-Werte für die Edelgasnuklide sind dem Anhang 3 der Strahlenschutzverordnung (StSV) entnommen. Ein CA-Wert von 2·105 Bq/m^3 entspricht einem Referenz-Nuklid mit einem Immersions-Dosisfaktor von $4.4 \cdot 10^{-7}$ (Sv/Jahr)/ (Bq/m^3). Die unnormierte Summe der Edelgasabgaben ist in einer weiteren Spalte angegeben.
Beim KKG wird für die Bilanzierung der Edelgase eine ß-total-Messung durchgeführt; für die Äquivalent-Umrechnung wurde in diesem Fall ein Gemisch von 80% ^{133}Xe, 10% ^{135}Xe und 10% ^{88}Kr angenommen.
Gase: Beim PSI handelt es sich dabei vorwiegend um die Nuklide ^{11}C, ^{13}N, ^{15}O und ^{41}Ar. 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/m^3 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 Tage 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 demgegenüber vernachlässigbar und liegt in der Grössenordnung der anderen schweizerischen Kernkraftwerke.
Iod: Bei den Kernkraftwerken ist die Abgabe von ^{131}I 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 ^{131}Iod-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 ^{131}I 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 ^{133}I berücksichtigt.
Kohlenstoff ^{14}C: In den Tabellen ist der als Kohlendioxid vorliegende Anteil des ^{14}C, der für die Dosis relevant ist, angegeben. Die für ^{14}C angegebenen Werte basieren beim KKG und KKL auf aktuellen Messungen, beim KKB und KKM auf Literaturangaben und in früheren Jahren durchgeführten Messungen.

Tabelle 7

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

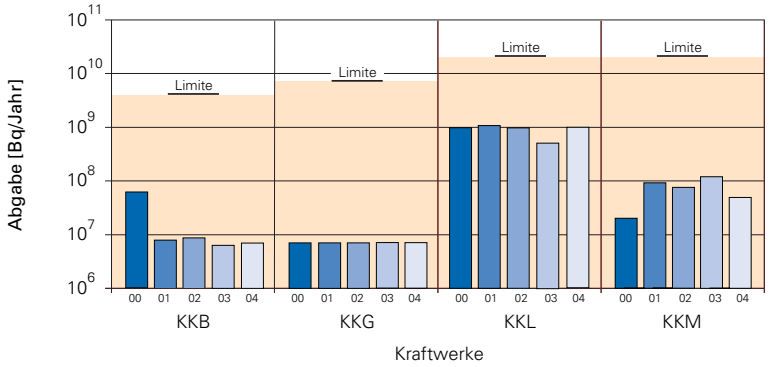
Abluft

Edelgase



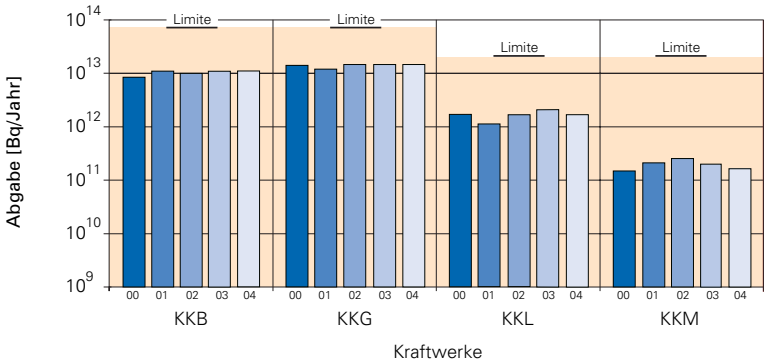
Abluft

Jod



Abwasser

Tritium im Abwasser



Abwasser

übrige flüssige Abgaben

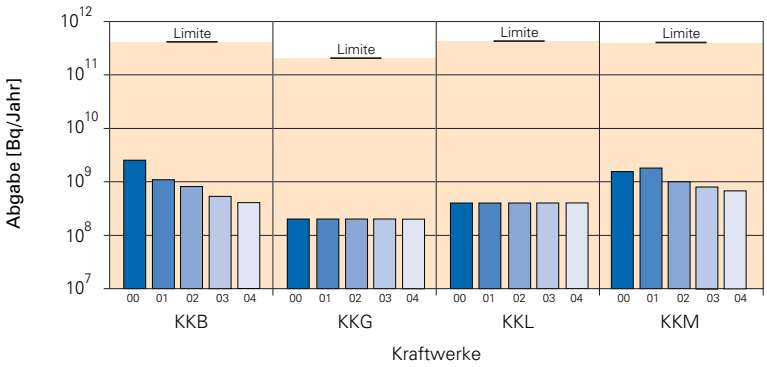


Tabelle 8

Radioaktive Abfälle in den Kernkraftwerken und im PSI per 31.12.2004
(inklusive Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung). Volumina gerundet in m^3

	unkonditioniert[1]			konditioniert[2]		
	Anfall[3]	Auslagerung[4]	Bestand[5]	Produktion[6]	Auslagerung	Bestand[7]
PSI	68	–	527	150	13[8]	1083
KKB	19	49	113	6	–	1065
KKM	20	37	73	29	–	1000
KKG	13	12	21	12	–	356
KKL	38	36	18	29	–	1429
Total	158	134	752	226	13	4933

1 Unkonditionierte Abfälle umfassen Instandhaltungsabfälle und Prozessabfälle.

2 Bei der Konditionierung brennbarer und pressbarer Abfälle findet eine Volumenreduktion statt.

3 Bruttovolumen im Berichtsjahr (abgeleitet aus der Anzahl Rohabfallfässer, ausser für KKM: Nettovolumen des Rohabfalls).

4 Bruttovolumen der im Berichtsjahr zur ZWILAG transferierten verbrennbaren und schmelzbaren Gebinde zwecks Konditionierung in der dortigen Verbrennungs- und Schmelzanlage (für KKM: Nettovolumen des Rohabfalls).

5 Bruttovolumen in den Kernanlagen (abgeleitet aus der Anzahl Rohabfallfässer, ausser für KKM: Nettovolumen des Rohabfalls).

6 Bruttovolumen im Berichtsjahr (für KKB und KKM wurden die exakten Gebindevolumina berücksichtigt).

7 Bruttovolumen in den Lagern der Kernanlagen (für KKB und KKM wurden die exakten Gebindevolumina berücksichtigt).

8 Transfer konditionierter Abfälle zur Lagerung bei der ZWILAG.

Tabelle 9

Radioaktive Abfälle in den Anlagen der ZWILAG per 31.12.2004

	unkonditioniert			konditioniert		
	Anfall	Annahme	Bestand	Produktion	Auslagerung	Bestand
Geb. V+ K[1] [m^3]	4[2]	134	196[3]	2	1	1

Lagergebäude (konditionierte Abfälle)	Einlagerung	Bestand
MAA-Lager [m^3]	12	41
HAA-Lager – Anzahl Behälter mit Brennelementen	5	13
HAA-Lager – Anzahl Behälter mit Glaskokillen	1	5
HAA-Lager – Anzahl Behälter mit Lucens-Abfällen	–	6

1 einschliesslich Hochregallager und Empfangsgebäude.

2 eigene Sekundärabfälle aus allen Betriebsbereichen der ZWILAG.

3 hierin enthalten sind 38 Gebinde (8 m^3) mit leicht angereichertem uranhaltigem Material aus dem Versuchsatomkraftwerk Lucens.

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
E-04/d	Steuerstellen und Notfallräume von Kernkraftwerken: Anforderungen betreffend Ausführung und Ausrüstung für Accident Management	Dezember 1989
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	Dezember 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	November 1993

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-23/d	Revisionen, Prüfungen, Ersatz, Reparaturen und Änderungen an elektrischen Ausrüstungen in Kernanlagen	Januar 2003
R-25/d	Berichterstattung des Paul Scherrer Instituts sowie der Kernanlagen des Bundes und der Kantone	Juni 1998
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 in den schweizerischen Kernkraftwerken	Januar 2004
R-45/e	Planning and Execution of Emergency Exercises in Swiss Nuclear Power Plants	Oktober 2004
R-45/f	Planification et exécution d'exercices d'urgence dans le domaine des installations nucléaires suisses	Januar 2004

Tabelle 10 (Fortsetzung)

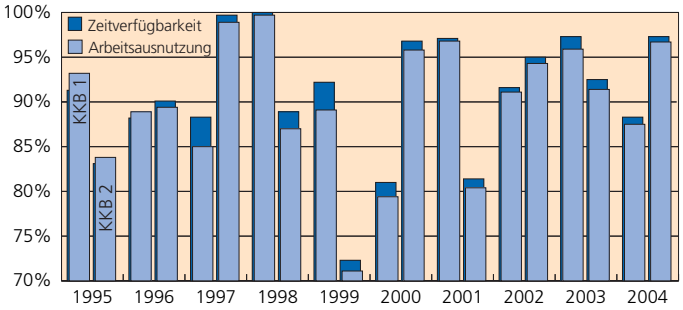
Liste der schweizerischen Richtlinien
Hinweis: Alle Richtlinien sind zusätzlich auch auf dem Internet der HSK abrufbar.

Richtlinie	Titel der Richtlinie	Datum der gültigen Ausgabe
R-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	Alterungsüberwachungsprogramm Maschinen und Bau	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	Mai 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	Dezember 1986
R-103/d	Anlageinterne Massnahmen gegen die Folgen schwerer Unfälle	November 1989

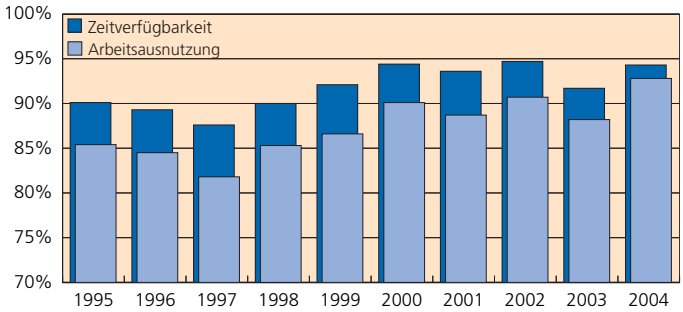
Figur 1

Zeitverfügbarkeit und Arbeitsausnutzung, 1995 – 2004

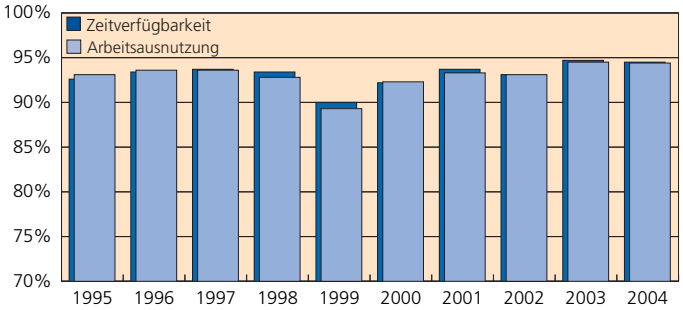
KKB 1, 2



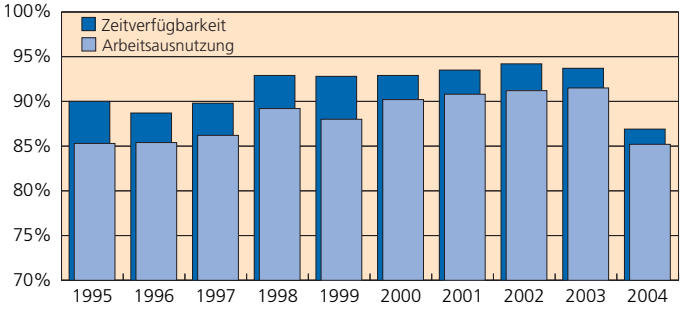
KKM



KKG



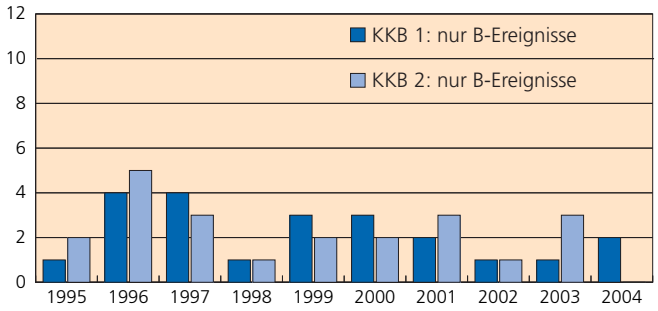
KKL



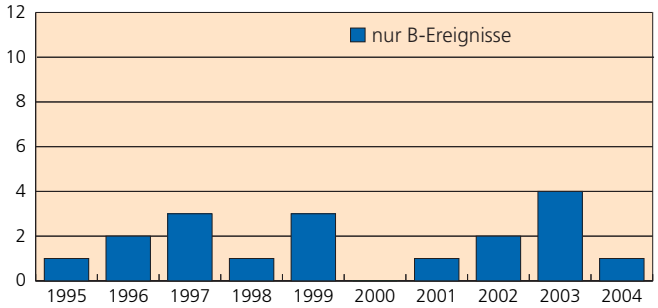
Figur 2

Meldepflichtige, klassierte Vorkommnisse, 1995–2004

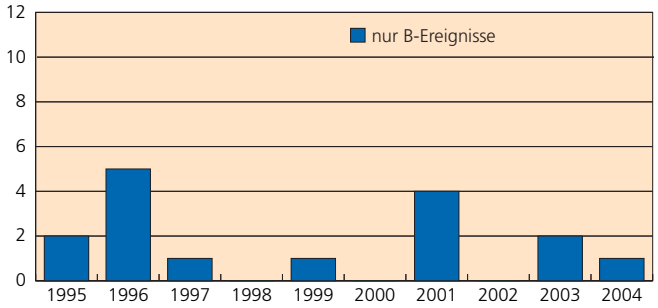
KKB 1, 2



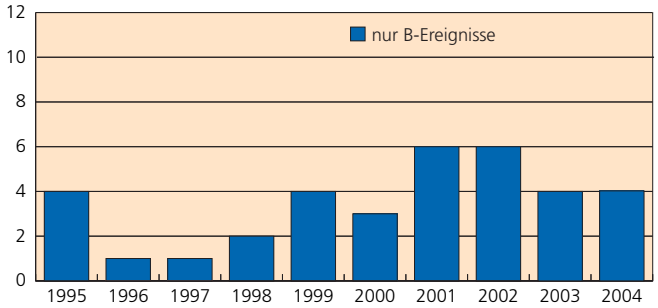
KKM



KKG



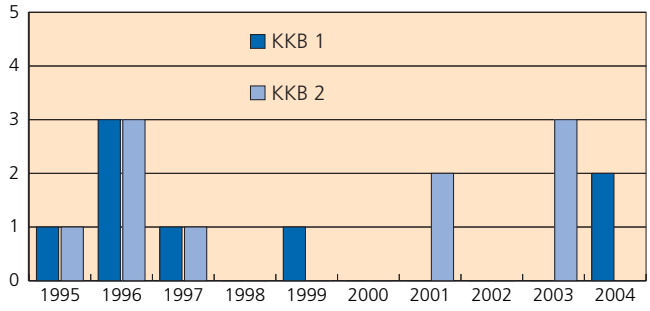
KKL



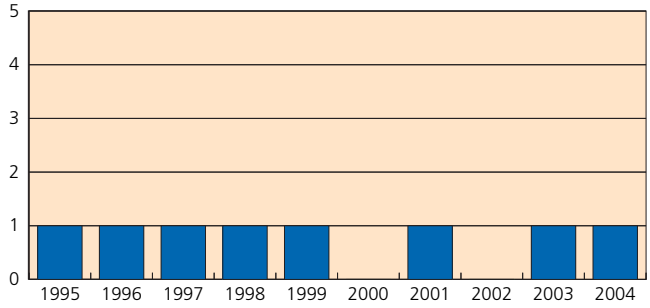
Figur 3

Ungeplante Reaktorschnellabschaltungen (Scrams), 1995–2004

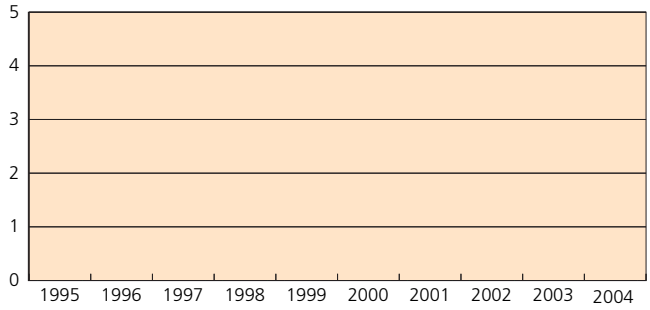
KKB 1, 2



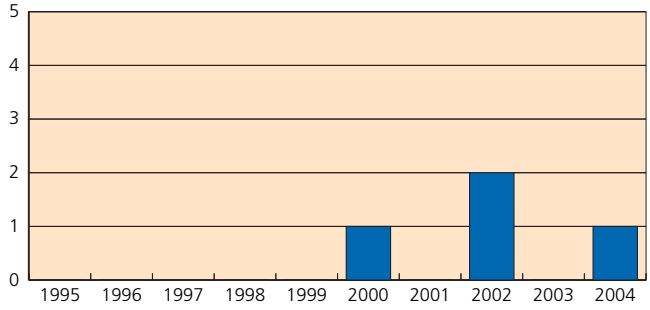
KKM



KKG

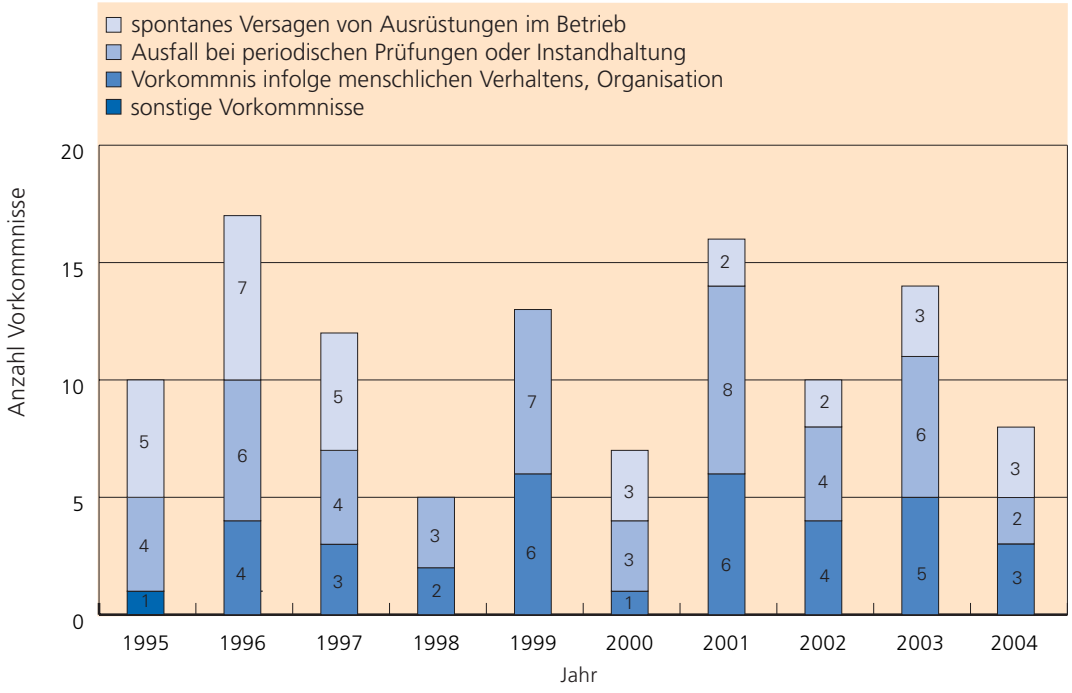


KKL



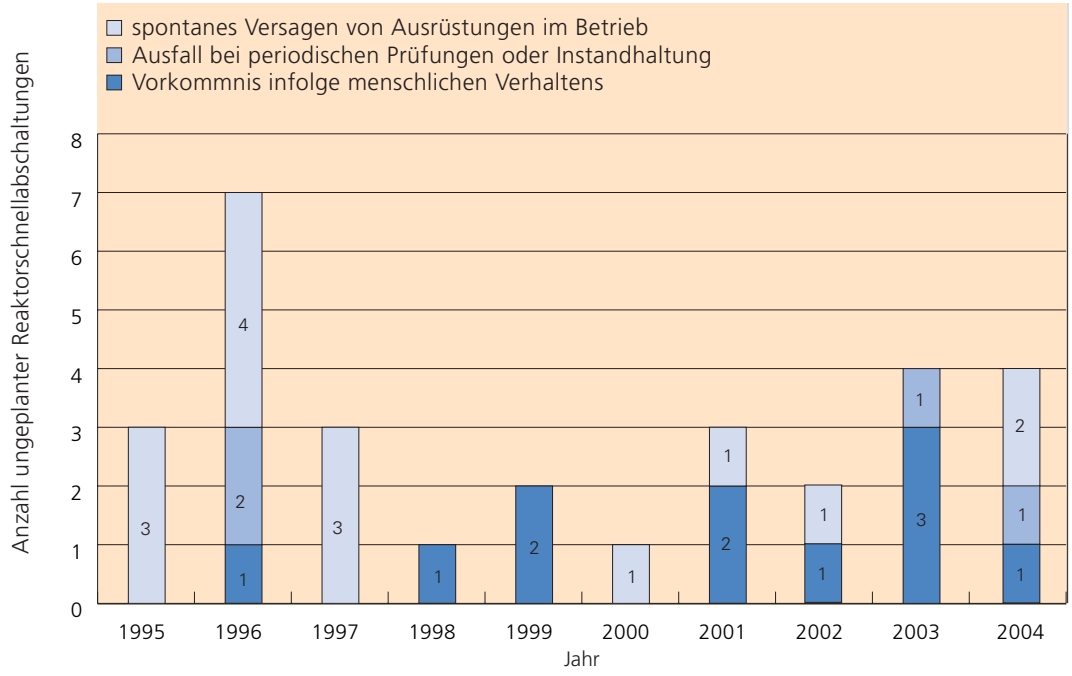
Figur 4

Ursachen der klassierten Vorkommnisse der Kernkraftwerke pro Jahr, 1995 – 2004



Figur 5

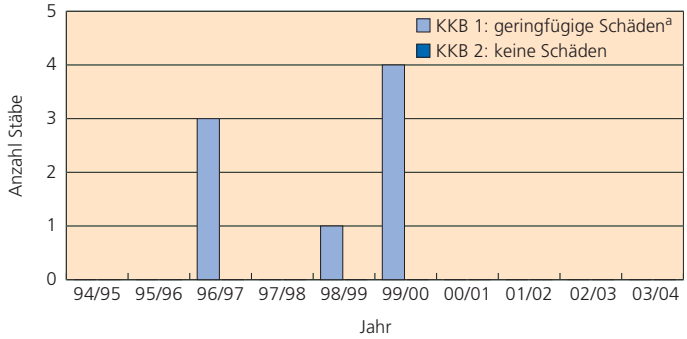
Ursachen ungeplanter Reaktorschnellabschaltungen pro Jahr, 1995 – 2004



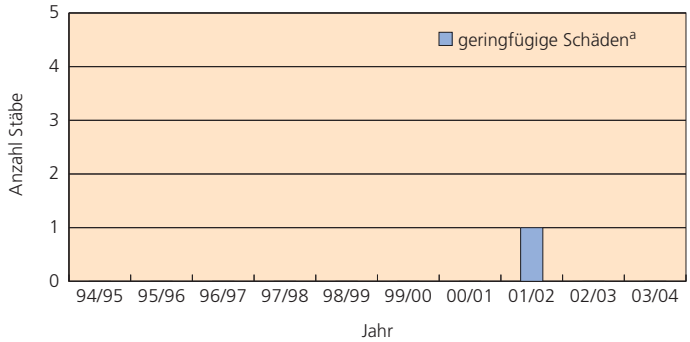
Figur 6

Brennstabschäden (Anzahl Stäbe), 1994 – 2004

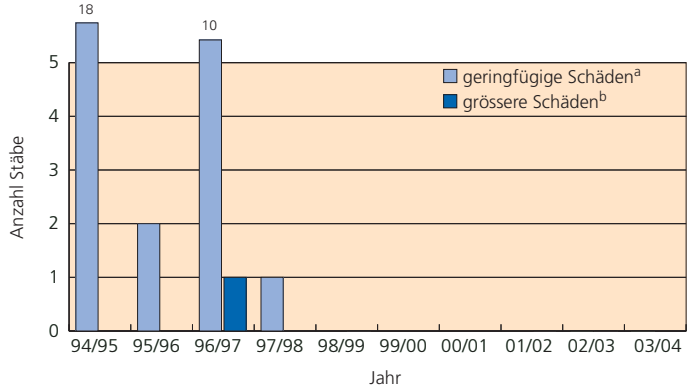
KKB 1, 2



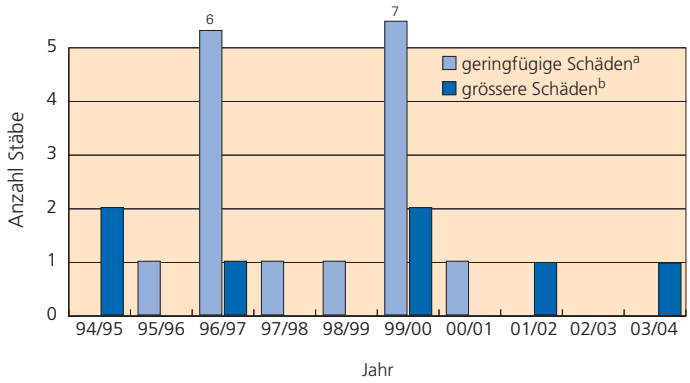
KKM



KKG



KKL

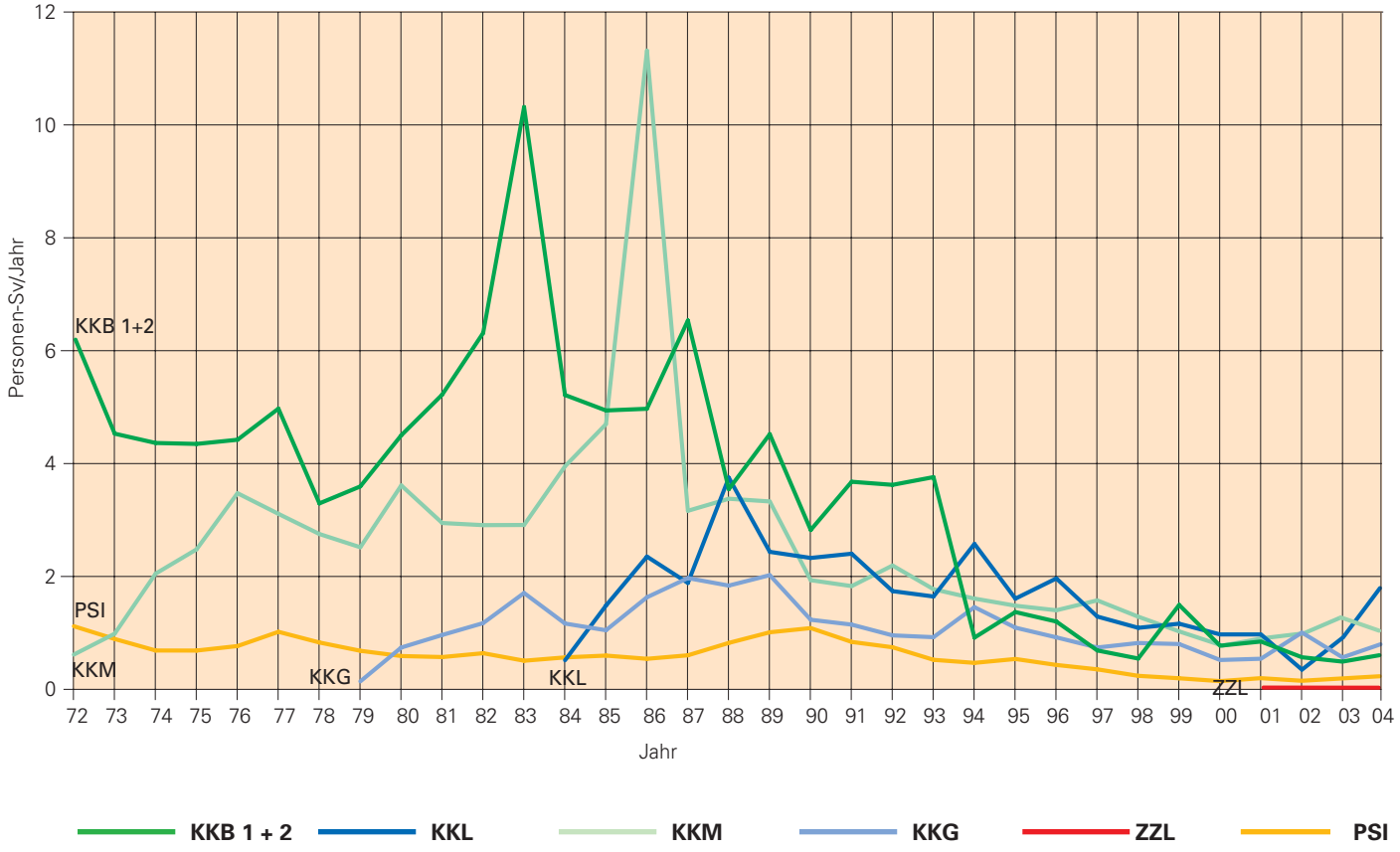


a z.B. Haarrisse im Hüllrohr

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

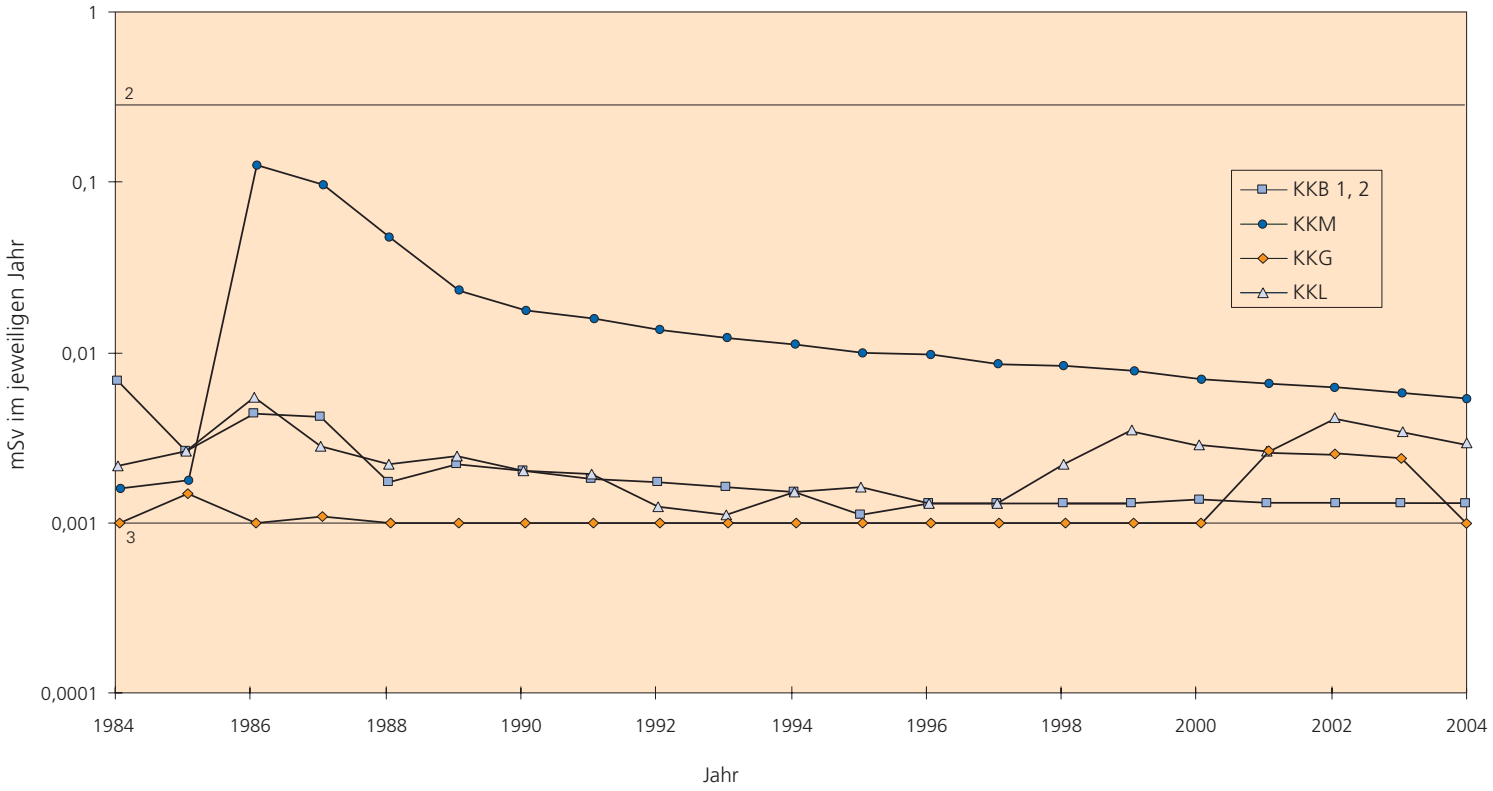
Figur 7

Jahreskollektivdosen (Personen-Sv/Jahr) der Kernanlagen, 1972– 2004



Figur 8

Berechnete Dosen für die meistbetroffenen Personen[1] (Erwachsene) in der Umgebung der schweizerischen KKW



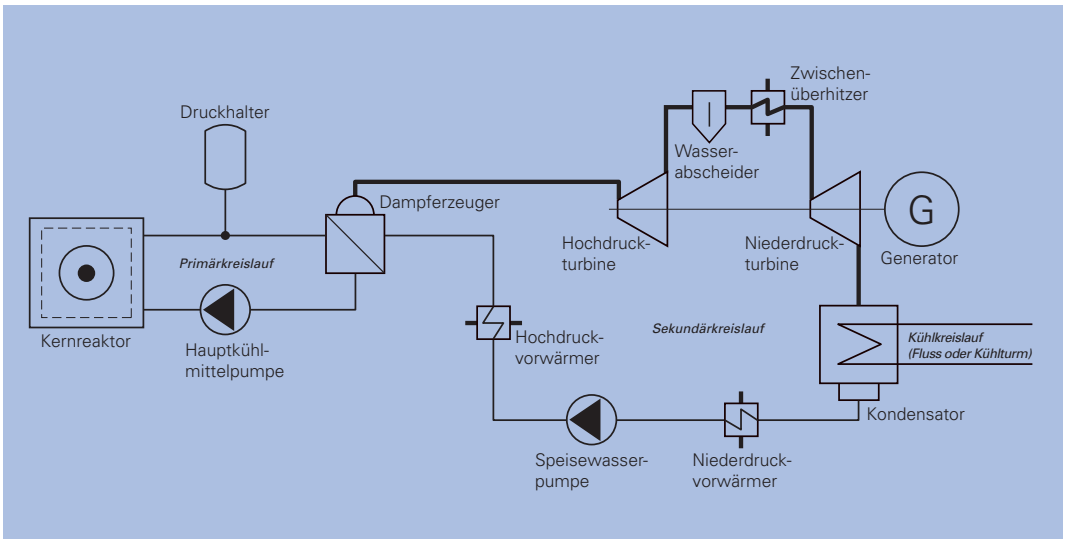
[1] Fiktive Person, die sich dauernd am kritischen Ort aufhält, ihre gesamte Nahrung von diesem Ort bezieht und nur Trinkwasser aus dem Fluss unterhalb des jeweiligen Kernkraftwerkes konsumiert. An diesem Ort ist der Dosisbeitrag durch die Direktstrahlung aus den Kernanlagen vernachlässigbar.

[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.

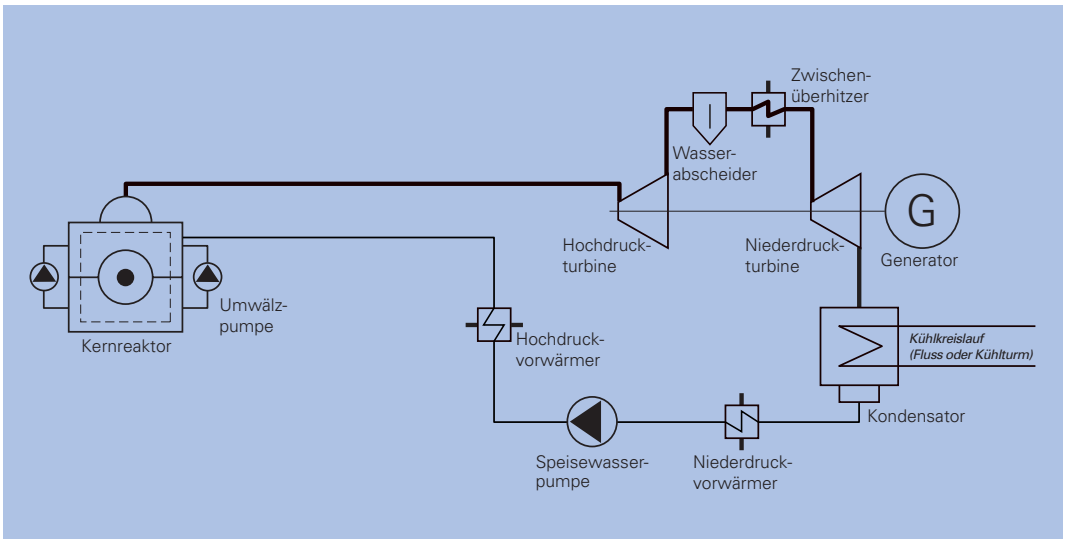
Figur 9a

Funktionsschema eines Kernkraftwerks mit **Druckwasserreaktor**



Figur 9b

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
BAG	Bundesamt für Gesundheit
BFE	Bundesamt für Energie
Bq	Becquerel
BZL	Bundeszwischenlager
BE	Brennelement
CENS	Centre for Nuclear Safety in Central and Eastern Europe
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
DE	Dampferzeuger
DSK	Deutsch-Schweizerische Kommission für die Sicherheit kerntechnischer Anlagen
DWR	Druckwasserreaktor
EK	Erdbebenklasse
EKRA	Expertengruppe Entsorgungskonzepte für Radioaktive Abfälle
EOR	Einsatzorganisation bei erhöhter Radioaktivität
EPFL	Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne
ETH	Eidgenössische Technische Hochschule
GfS	Gesellschaft für Simulatorschulung, Deutschland
GRS	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit, Deutschland
GSKL	Gruppe der schweizerischen Kernkraftwerksleiter
GWh	Gigawattstunde = 10^9 Wattstunden
HAA	Hochradioaktive Abfälle
HRA	Human Reliability Anlaysis
HSK	Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen, Würenlingen
IAEA	International Atomic Energy Agency (Internationale Atomenergieagentur), Wien
IGA	Institut de Génie Atomique
INES	International Nuclear Event Scale (Internationale Störfall-Bewertungsskala)
IRA	Institut de radiophysique appliquée, Lausanne
IRS	Incident Reporting System

KEG	Kernenergiegesetz
KEV	Kernenergieverordnung
KGL	Kontrollierte geologische Langzeitlagerung
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
LAR	Leitender Ausschuss Radioaktivität
LMA	Langlebige mittelradioaktive Abfälle
LOCA	Loss of coolant accident
LWR	Leichtwasserreaktor
MAA	Mittelradioaktive Abfälle
MADUK	Messnetz zur automatischen Dosisleistungsüberwachung in der Umgebung der Kernanlagen
MeV	Mega-Elektronenvolt = 10^6 Elektronenvolt
MGy	Mega-Gray = 10^6 Gray (1 Gray = 100 rad)
MIF	Medizin, Industrie und Forschung
MOX	Mischoxid (Uran-Plutonium-Gemisch)
mSv	Millisievert = 10^{-3} Sievert
µSv	Mikrosievert = 10^{-6} Sievert
MW	Megawatt = 10^6 Watt, Leistungseinheit
MWe	Megawatt elektrische Leistung
MWth	Megawatt thermische Leistung
NADAM	Netz für automatischen Dosis-Alarm und Messung
Nagra	Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle
NAZ	Nationale Alarmzentrale, Zürich
NEA	Nuclear Energy Agency
NERS	Network of Regulators of Countries with Small Nuclear Programmes
NFO	Notfallorganisation
NOK	Nordostschweizerische Kraftwerke AG
NRC	Nuclear Regulatory Commission, USA
NSA	Nuclear Safety Account
NSC	Convention on Nuclear Safety
NTB	Nagra Technischer Bericht
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
OSART	Operational Safety Review Team (IAEA)

Personen-mSv	Personen-Millisievert = 10^{-3} Personen-Sievert
Personen-Sv	Personen-Sievert = Kollektivstrahlendosis
PSA	Probabilistische Sicherheitsanalyse
PSI	Paul Scherrer Institut, Würenlingen und Villigen
PSÜ	Periodische Sicherheitsüberprüfung
QM	Qualitätsmanagement
QS	Qualitätssicherung
RDB	Reaktordruckbehälter
REFUNA	Regionale Fernwärmeversorgung Unteres Aaretal
RID	Regulations concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Rail
SAA	Schwachradioaktive Abfälle
SAMG	Severe Accident Management Guidance
SK	Sicherheitsklasse
SMA	Schwach- und mittelradioaktive Abfälle
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
TBq	Terabecquerel (1 TBq = 10^{12} Bq)
TL-Behälter	Transport- und Lagerbehälter
TLD	Thermolumineszenz-Dosimeter
UVEK	Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation
VAKL	Versuchsatomkraftwerk Lucens
WANO	World Association of Nuclear Operators
WENRA	Western European Nuclear Regulators' Association
Wh	Wattstunde
ZWIBEZ	Zwischenlager für radioaktive Abfälle, KKW Beznau
ZWILAG	Zwischenlager Würenlingen AG
ZZL	Zentrales Zwischenlager Würenlingen

Impressum
HSK Aufsichtsbericht 2004

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
Informationsdienst
CH-5232 Villigen-HSK
oder per E-Mail
Infodienst@hsk.ch

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

Zusätzlich zu diesem Aufsichtsbericht…
…informiert die HSK in drei weiteren jährlichen Berichten aus ihrem Arbeits- und Aufsichtsgebiet.

abrufbar unter
www.hsk.ch

HSK-AN-5440

© HSK, April 2005