

JAHRESBERICHT 2001

über die nukleare Sicherheit
und den Strahlenschutz
in den schweizerischen Kernanlagen



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

JAHRESBERICHT 2001



Titelbild

HSK beaufsichtigt
die schweizerischen
Kernanlagen.

Illustration von Rolf Imbach,
Solothurn

HSK-AN-4200
KSA-AN-2170

INHALT

Vorwort	4
Übersicht	8
Organisation	11
1. Kernkraftwerk Beznau	12
1.1 Betriebsdaten und Betriebsergebnisse	12
1.2 Anlagensicherheit	12
1.3 Strahlenschutz	15
1.4 Personal und Organisation	18
1.5 Gesamteindruck aus der Sicht der HSK	18
2. Kernkraftwerk Mühleberg	20
2.1 Betriebsdaten und Betriebsergebnisse	20
2.2 Anlagensicherheit	20
2.3 Strahlenschutz	22
2.4 Personal und Organisation	25
2.5 Gesamteindruck aus der Sicht der HSK	26
3. Kernkraftwerk Gösgen	27
3.1 Betriebsdaten und Betriebsergebnisse	27
3.2 Anlagensicherheit	28
3.3 Strahlenschutz	30
3.4 Personal und Organisation	32
3.5 Gesamteindruck aus der Sicht der HSK	33
4. Kernkraftwerk Leibstadt	34
4.1 Betriebsdaten und Betriebsergebnisse	34
4.2 Anlagensicherheit	34
4.3 Strahlenschutz	37
4.4 Personal und Organisation	39
4.5 Gesamteindruck aus der Sicht der HSK	41
5. Anlagenübergreifende Themen zu den schweizerischen Kernanlagen	42
5.1 Probabilistische Sicherheitsanalyse (PSA) und Accident Management (AM)	42
5.2 Alterungsüberwachungsprogramme	44
5.3 Radioaktive Abfälle	44
5.4 Notfallbereitschaft	45
5.5 Die Inspektionstätigkeit der HSK	48
5.6 Die Sicherheit der Schweizer Kernkraftwerke bei einem Flugzeugabsturz	51
6. Zentrales Zwischenlager Würenlingen	53
6.1 Zwischenlagerteile	53
6.2 Konditionierungsanlage	54
6.3 Verbrennungs- und Schmelzanlage	54
6.4 Abfälle aus der Wiederaufarbeitung	55
6.5 Beschaffung von Transport- und Lagerbehältern	56

7. Paul Scherrer Institut (PSI)	57
7.1 Die Kernanlagen des PSI	57
7.2 Forschungsreaktor PROTEUS	57
7.3 Rückbau der Forschungsreaktoren SAPHIR und DIORIT	58
7.4 Hotlabor	58
7.5 Behandlung radioaktiver Abfälle	58
7.6 Lagerung radioaktiver Abfälle	59
7.7 Besondere Vorkommnisse	61
7.8 Strahlenschutz	61
7.9 Personal und Organisation	61
7.10 Gesamteindruck	62
<hr/>	
8. Weitere Kernanlagen	63
8.1 Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL)	63
8.2 Universität Basel	63
8.3 Versuchatomkraftwerk Lucens	63
<hr/>	
9. Transport von radioaktiven Stoffen	64
9.1 Genehmigungen nach Gefahrgutgesetzgebung	64
9.2 Bewilligungen nach Strahlenschutzgesetzgebung	64
9.3 Bewilligungen nach Atomgesetzgebung	64
9.4 Transport abgebrannter Brennelemente und verglaster hochaktiver Abfälle	65
9.5 Inspektionen und Audits	65
9.6 Ausbildung und Information	66
<hr/>	
10. Geologische Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle	67
10.1 SMA-Lager Wellenberg	67
10.2 Lager für hochaktive Abfälle, vorbereitende Handlungen	68
<hr/>	
11. Lehrreiche Vorkommnisse in ausländischen Kernanlagen	71
11.1 Informationsquellen für Vorkommnisse in ausländischen Kernanlagen	71
11.2 Betrieb eines Druckwasserreaktors mit Mängeln bei der Sicherheitsspezifikation	71
11.3 Verlust der elektrischen Eigenbedarfsversorgung mit Brand in einem Druckwasserreaktor	73
11.4 Fehlerhaft programmierter Überlastschutz bei elektrischen Komponenten in einem Druckwasserreaktor	74
11.5 Entwendung radioaktiv kontaminierter Gegenstände	75
<hr/>	
12. Regulatorische Sicherheitsforschung	76
Forschungsprojekte	76
<hr/>	
13. Internationales	79
<hr/>	
Anhang A	81
<hr/>	
Anhang B	109
<hr/>	
Verzeichnis der Abkürzungen	117

VORWORT



Vorwort W. Jeschki

Der Jahresbericht 2001 über die Sicherheit und den Strahlenschutz der schweizerischen Kernanlagen zeigt, dass ein sicherer Betrieb – sicher für die Bevölkerung und die Umwelt, das Personal und die Anlagen – wiederum gewährleistet wurde. Weitere Vorhaben, die Sicherheit zu erhöhen, wurden verwirklicht: Zu nennen sind hier u.a. der Ersatz der Leit- und Regel-

technik im Kernkraftwerk Beznau 2 durch ein modernes, digitales System, die Erdbenenertüchtigung von Backsteinmauern im Elektrogebäude vom Kernkraftwerk Gösgen und die Modernisierung von Rückschlagventilen in den Speisewasserleitungen des Kernkraftwerkes Leibstadt.

Neben diesen für den sicheren Betrieb positiven Aspekten gab es aber auch solche, die am bisherigen Sicherheitsprimat Zweifel aufkommen lassen. Dazu gehören Vorkommnisse, zu denen höchstwahrscheinlich Sparanstrengungen in einem sich öffnenden Elektrizitätsmarkt beigetragen haben. Im Vorwort zum Jahresbericht 1999 habe ich geschrieben: *«Sehr beunruhigt haben mich auch der Unfall im japanischen Tokai Mura und die Vorfälle bei der Herstellung von MOX-Brennelementen in der englischen Fabrik Sellafield. In zwei Ländern mit anerkannt hohem industriellem Standard haben vor allem die Menschen Fehler gemacht; Vorschriften wurden unerlaubt geändert, verlangte Prüfungen wurden nicht durchgeführt, Personal mit ungenügender Ausbildung wurde in verantwortungsvoller Stelle eingesetzt. Sind wir in der Schweiz vor solchen Vorfällen geschützt? Sicher nicht! Die Führung der Kernkraftwerke und wir von der HSK müssen ständig wachsam sein, um Anfänge von Nachlässigkeit beim Betrieb frühzeitig zu erkennen und zu unterbinden.»* Die Vorkommnisse im Kernkraftwerk Leibstadt – die Fälschung von Checklisten – haben leider gezeigt, dass meine Einschätzung zutraf. Der Betreiber hat richtig reagiert und Sofortmassnahmen eingeleitet,

die HSK hat eine vertiefte Ursachenabklärung verlangt. Meiner Meinung nach müssen sich die Betreiber grundsätzlich fragen, ob Sparanstrengungen, die das Personal verunsichern und demotivieren können, nicht nur aus Sicherheitsgründen, sondern auch aus rein kommerziellen Gründen, unsinnig sind. Dies hat in Deutschland der Fall des Kernkraftwerkes Philippsburg gezeigt, wo ebenfalls gespart wurde und die Anlage dann rund drei Monate wegen nicht exakter Einhaltung von Betriebsvorschriften ausser Betrieb genommen wurde.

Erschüttert wurde das Vertrauen vieler in die Sicherheit der Kernkraftwerke allgemein und auch in der Schweiz durch die Terroranschläge vom 11. September 2001 in Amerika. Muss mit einem solchen Anschlag auch in der Schweiz gerechnet werden und, wenn ja, wie verhalten sich die Kernkraftwerke bei einem gezielten Flugzeugabsturz auf das Reaktorgebäude? Die technischen Fragen dazu sind in Bearbeitung: Die Betreiber und die HSK sind daran, einen Bericht zu verfassen über die Folgen eines gezielten Flugzeugabsturzes auf ein Schweizer Kernkraftwerk. Nicht rein technisch zu beantworten ist die Frage nach der terroristischen Bedrohungslage in der Schweiz. Der Bundesrat hat versichert, dass es keine Anzeichen gäbe, die auf eine erhöhte Bedrohungslage schliessen lassen.

Durch die Folgen der Sparanstrengungen und die Terroranschläge in Amerika stehen die Kernkraftwerke wieder vermehrt im Interesse der Öffentlichkeit. In der Schweiz wird derzeit der Entwurf zu einem neuen Kernenergiegesetz (KEG) im Parlament beraten, der auch als Gegenvorschlag zu den beiden Atominitiativen gedacht ist. Über KEG und Atominitiativen wird das Volk im Jahre 2003 abstimmen. Welche Rolle hat die HSK in diesem politischen Umfeld wahrzunehmen? Als ausführendes Organ (Exekutive) hat sie die gesetzlichen Vorschriften zu vollziehen. Dort, wo diese Vorschriften technische Sachverhalte nicht oder nicht genügend tief regeln, muss sie mit eigenen Richtlinien Vorgaben machen. Wichtig dabei ist, dass die HSK ihre Aufsichtspraxis, ihre Arbeitsweise, ihre Entscheide transparent macht und verständ-

lich publiziert. Im Jahre 2001 hat die HSK weitere Richtlinien erarbeitet, die veröffentlicht und auch über das Internet (www.hsk.psi.ch) zugänglich sind. Sie hat in ihren Medienmitteilungen Sachverhalte mit ergänzenden Unterlagen erläutert, um die Vorfälle und ihr Vorgehen verständlich zu machen. Sie hat für sich ein Qualitätsmanagement-System erarbeitet und im November die Zertifizierung dafür erhalten. Im Managementhandbuch sind alle Prozesse (Arbeitsabläufe) der HSK übersichtlich und nachvollziehbar dargestellt. Alle diese Massnahmen ermöglichen es den interessierten Kreisen, sich über das Vorgehen der HSK und damit auch über den Sicherheitsstand der Schweizer Kernkraftwerke zu informieren und der HSK Anre-

gungen, Kritik oder Anerkennung zu geben, damit sie ihre Arbeitsweise weiter verbessern kann.

Meinem Nachfolger, Dr. Ulrich Schmocker, der mich in den letzten beiden Jahren als mein Stellvertreter stark unterstützt hat, wünsche ich Erfüllung und viel Erfolg bei seiner anspruchsvollen und verantwortungsreichen Arbeit.



W. Jeschki

VORWORT



Herausforderung als Chance

Am 1. Januar 2002 habe ich die Leitung der HSK übernommen. Wie ich diese neue und anspruchsvolle Aufgabe wahrnehmen will, möchte ich nachfolgend darlegen.

Eine grosse Herausforderung für die gesamte HSK sind die Folgen der schrecklichen Ereignisse des 11. September 2001. Sie hinterlassen Spuren in Politik, Wirtschaft und Gesellschaft. Für viele von uns ist das Vertrauen in Werte, in Vorgesetzte, in Fachleute und in die Zukunft erschüttert. Viele sind verunsichert und haben Angst. Auch die Kernenergie wurde als Folge davon wieder stärker in Frage gestellt. Die HSK erhielt viele Anfragen von Medien, Parlament und von Privaten. Die zentrale Frage war dabei: Wie sicher sind unsere Kernanlagen gegen terroristische Anschläge? Eine Frage, die nicht ohne genaue Analysen beantwortet werden kann, weil die Antwort von Randbedingungen abhängig ist. Bei Flugzeugangriffen sind z.B. die Masse des Flugzeuges, dessen Geschwindigkeit, die Kerosinmenge und der genaue Aufprallort von entscheidender Bedeutung. Das Problem ist offenkundig: Auf eine scheinbar einfache Frage gibt es keine einfache Antwort. Wie sollen wir als Behörde damit umgehen? Ich möchte hier darlegen, wie ich mit dieser und anderen Herausforderungen umzugehen gedenke.

Bei den meisten Fragestellern kommt Angst zum Ausdruck. Diese Angst nehme ich ernst. Ich bin mir bewusst, dass ich als Fachexperte das Thema Kernenergie vor allem als technische Herausforderung ansehe. Ich werde versuchen, meinem Gesprächspartner meinen Standpunkt und meine Gedanken darzulegen. Ich werde ihm aufzeigen, dass ich mich gerade aus Sorge um unsere Zukunft heraus mit allen Mitteln dafür einsetze, dass die schweizerischen Kernanlagen sicher betrieben werden. Abstriche an der Sicherheit werde ich nicht zulassen. Wo die Sicherheit nicht tangiert ist, ak-

zeptiere ich in der Entscheidungsfindung aber auch andere, auch wirtschaftliche Überlegungen. Ich werde meinem Gegenüber so transparent wie möglich darlegen, wie wir in der HSK arbeiten; ihm erklären, dass wir unsere zentrale Aufgabe – nämlich darauf zu achten, dass der Betrieb von Kernanlagen in der Schweiz sicher ist – ungeachtet der politischen und wirtschaftlichen Randbedingungen wahrnehmen. Letztendlich ist es eine Frage des Vertrauens meines Gesprächspartners in mich als Experte und Direktor der HSK. Ich bin bestrebt, weiteres Vertrauen zu gewinnen, damit die Bevölkerung spürt, dass die HSK ihre Aufgabe auch zum Wohle aller Bürgerinnen und Bürger mit grosser Verantwortung erfüllt.

Neben dem Vertrauen der Bevölkerung in die HSK ist mir das Vertrauen meiner Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in mich und meinen Führungsstil ein zentrales Anliegen. Ohne motiviertes, engagiertes und zuverlässiges Personal kann die HSK ihre verantwortungsvollen Aufgaben nicht wahrnehmen. Aus diesem Grunde werde ich dieser Aufgabe einen grossen Raum geben. Ich bevorzuge einen transparenten, nachvollziehbaren und Verständnis erweckenden Führungsstil, der auf Kooperation, Teambildung, gegenseitiger Unterstützung und Wertschätzung des anderen aufbaut. Ich bin überzeugt, dass nur auf diese Weise die HSK bei den künftigen Herausforderungen bestehen kann.

Die mögliche Einbettung der HSK in die Schweizerische Agentur für technische Sicherheit (SATS) ist für die Mitarbeiter/innen eine grosse Herausforderung. Den Weg zur SATS können wir nur gemeinsam gehen, und deshalb ist es mir ein Anliegen, dass die HSK-Mitarbeiter/innen diesen Weg mitgestalten und so ihre eigene Zukunft mitbestimmen können. Ich bin überzeugt, dass wir auf diesem Weg gemeinsam noch stärker werden und dadurch auch gegenüber unseren Beaufichtigten stark und klar auftreten können.


Wir haben bereits entschieden, dass wir uns auf dem Weg in die SATS als Zwischenziel als FLAG-Amt positionieren wollen. FLAG steht für «Führen mit Leistungsauftrag und Globalbudget». Auch die HSK muss sich der verän-

dernten Wirtschaftssituation stellen und die positiven Seiten eines modernen Managements für sich selber nutzen. Wir wollen inskünftig noch vermehrt unsere Arbeiten projektorientiert durchführen und unsere Aufgabe nach dem etablierten und im letzten November zertifizierten Managementsystem effizient erfüllen. Wir wollen uns auch immer wieder fragen, ob wir unter Berücksichtigung der beschränkten Ressourcen und mit dem Ziel einer hohen Sicherheit der Kernanlagen das Richtige mit den richtigen Mitteln tun. Diese Frage ist nicht einfach zu lösen, aber sehr wichtig. Wir werden unser Regelwerk wie bisher hinterfragen, ob es vollständig ist und ob es die richtigen Vorgaben enthält, die einen sicheren Betrieb und eine hohe Anlagensicherheit gewährleisten. Wir müssen den Mut haben, Verbesserungen durchzuführen. So werden wir auch bei unseren Beaufichtigten die Achtung erhalten, die eine optimale Aufsichtstätigkeit möglich macht.

So hoffe ich, dass die Vision, die ich mir und meinen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern zu Beginn meiner Amtszeit mit auf den Weg gegeben habe, auch Realität wird:

- Wir sind eine kompetente, starke, nach einem zertifizierten Managementsystem arbeitende Aufsichtsbehörde.
- Wir erbringen unsere Leistungen effektiv und effizient.
- Wir führen kooperativ, transparent und verlässlich.
- Wir sind ein aufgeschlossener Sozialpartner.
- Wir sind unseren Kunden (Öffentlichkeit, andere Ämter, Kommissionen, kritische Gruppen) und den Beaufichtigten, den Betreibern gegenüber ein verlässlicher Partner und sind offen für eine konstruktive Diskussion.
- Wir sind eine Organisation, die als Team arbeitet und ständig bestrebt ist, sich zu verbessern.

In diesem Sinne möchte ich allen danken, die im vergangenen Jahr ihren Beitrag zum sicheren Betrieb der Kernanlagen geleistet haben.



U. Schmocker

ÜBERSICHT

Allgemeines zur Aufgabe der HSK

Die HSK begutachtet und beaufsichtigt die schweizerischen Kernanlagen. Sie beurteilt den Strahlenschutz und die nukleare Sicherheit dieser Anlagen. Mit Hilfe von Inspektionen, Prüfungen und Analysen sowie der Berichterstattung der Betreiber verschafft sich die HSK einen umfassenden Überblick über den sicherheitstechnischen Zustand, das korrekte Einhalten der Vorschriften und die Betriebsführung. Die HSK beaufsichtigt auch die Transporte radioaktiver Stoffe und die Vorbereitungen zur geologischen Tiefenlagerung der radioaktiven Abfälle.

Die HSK erstellt Richtlinien, die für die Betreiber wegleitenden Charakter haben. In Zusammenarbeit mit anderen Bundesstellen werden weitere Regelwerke erarbeitet, die sich auf die Nutzung der Kernenergie, die Kernanlagen, die nukleare Sicherheit und den Strahlenschutz beziehen. Periodisch werden die bestehenden Regelwerke auf ihre Aktualität und Konformität überprüft und wenn notwendig überarbeitet.

Die HSK verfasst zuhanden des Bundesrates, der für Kernanlagen die Bewilligungsbehörde ist, Gutachten zu Gesuchen der Anlagenbetreiber. Solche Gutachten dienen ihm als Entscheidungsgrundlage. Die HSK unterhält eine eigene Notfallorganisation, die im Falle von Störfällen in den schweizerischen Kernanlagen zum Tragen kommt. Sie ist Bestandteil einer landesweiten Notfallorganisation.

Die HSK informiert über die Belange der nuklearen Sicherheit und des Strahlenschutzes sowie über ihre eigene Tätigkeit. Sie nimmt diese Aufgabe sowohl im Normalbetrieb als auch bei Vorkommnissen in schweizerischen Kernanlagen wahr. Sie ist bestrebt, die Öffentlichkeit sachlich, rasch und offen zu informieren. In den meisten Fällen werden die Information respektive Medienmitteilungen über die Medien, übers Internet und bei öffentlichen Veranstaltungen herausgegeben.

Inhalt des vorliegenden Jahresberichts

Die behördliche Aufsicht über die schweizerischen Kernkraftwerke von Beznau, Gösgen,

Leibstadt und Mühleberg, über die Kernanlagen des Paul Scherrer Instituts (PSI) und über das Zentrale Zwischenlager bildete in diesem Jahr wiederum das Schwergewicht der Aufsichtstätigkeit der HSK.

Im vorliegenden Jahresbericht werden in den Kapiteln 1 bis 4 Erläuterungen und Beurteilungen der HSK über die vier schweizerischen Kernkraftwerke dargelegt. Im Kapitel 5 kommen allgemeine Themen, welche die vier KKW generell betreffen, zur Sprache; so zum Beispiel probabilistische Sicherheitsanalysen, Notfallbereitschaft in den Anlagen, Inspektionstätigkeit und -systematik, Sicherheit der Kernkraftwerke bei einem Flugzeugabsturz. Dieses letztere Thema beschäftigt auch die HSK nach den Terroranschlägen vom 11. September 2001 in den USA, und sie wird dazu im Herbst 2002 einen Bericht veröffentlichen.

Kapitel 6 ist dem Zentralen Zwischenlager (ZZL) der ZWILAG gewidmet, das im Jahre 2001 seinen Lagerbetrieb aufgenommen hat. In den Kapiteln 7 und 8 berichtet die HSK über ihre Aufsicht über die nuklearen Forschungs- und Behandlungsanlagen des Paul Scherrer Instituts sowie über die Forschungsreaktoren an den Hochschulen. Die Transporte radioaktiver Stoffe, wobei speziell diejenigen abgebrannter Brennelemente und verglaster hochaktiver Abfälle erwähnt seien, werden im Kapitel 9 behandelt. Kapitel 10 legt den heutigen Stand bei den Vorbereitungen zur geologischen Tiefenlagerung der radioaktiven Abfälle dar.

Die Auswertung von Vorkommnissen in Kernkraftwerken hat eine besondere Bedeutung, geht es doch darum, aus der Erfahrung anderer zu lernen und allfällige Defizite in eigenen Anlagen frühzeitig zu erkennen. Im Kapitel 11 werden ein paar wichtige Vorkommnisse, die sich im Berichtsjahr in ausländischen Anlagen zugetragen haben, erläutert und auf ihre Bedeutung für die Sicherheit schweizerischer Kernanlagen hinterfragt. In Kapitel 12 werden die von der HSK unterstützten und begleiteten Forschungsvorhaben diskutiert. Kapitel 13 beschreibt die internationalen Aktivitäten der HSK.

Gesamteindruck zu den Kernanlagen

Die HSK legt ihren Gesamteindruck über die Kernkraftwerke Beznau, Mühleberg, Gösgen und Leibstadt jeweils am Schluss der entsprechenden Kapitel 1 bis 4 sowie über das PSI im Kapitel 7 dar. Die HSK stellt fest, dass der Zustand der schweizerischen Kernkraftwerke und der Nuklearanlagen des PSI in Bezug auf die nukleare Sicherheit gut ist. Dem Strahlenschutz wird überall die notwendige Beachtung geschenkt, und die Vorschriften werden eingehalten. In allen KKW und am PSI sind die Jahreskollektivdosen wiederum tief. Dies ist vor allem auf sorgfältige Planung der Arbeiten im Strahlenfeld und auf konsequente Anwendung von Abschirmungen zurückzuführen. Die Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umwelt lagen an allen Standorten weit unterhalb der behördlich festgelegten Grenzwerte.

Zentrales Zwischenlager Würenlingen

Im Juni 2001 hat die HSK der ZWILAG (Betreiberin des Zentralen Zwischenlagers in Würenlingen) die Freigabe zur Einlagerung hochaktiver Abfälle und abgebrannter Brennelemente in die HAA/BE-Lagerhalle erteilt. Gleichzeitig erfolgte auch die Freigabe für den Betrieb der Umladestation, für den Empfangsbereich, die Heisse Zelle und Nebengebäude. Im Oktober folgte die Freigabe für den Betrieb des Lagers für mittelaktive Abfälle. Die Einlagerung eines jeden Transport- und Lagerbehälters (TL-Behälter) bedarf einer separaten Freigabe.

Nach Vorliegen der behördlichen Freigabe erfolgte im Juli 2001 die erste Einlagerung eines TL-Behälters; dieser enthält 97 abgebrannte Brennelemente des KKW Leibstadt. Im November folgte ebenfalls aus dem KKL ein zweiter Behälter mit abgebrannten Brennelementen. Im Dezember schliesslich wurde zum ersten Mal ein TL-Behälter mit 28 Glaskokillen (verglaste hochaktive Abfälle) aus der Wiederaufarbeitung bei COGEMA zur ZWILAG geliefert und eingelagert. Alle drei Transporte und Einlagerungen wurden von der HSK intensiv inspiziert. Die Transporte und die Einlagerungen verliefen planmässig und unter Einhaltung der Strahlenschutzvorschriften.

ZWILAG hat in der ersten Jahreshälfte die Bauarbeiten für das Lagergebäude für schwach- und mittelaktive Abfälle aufgenommen. Dieses

Lagergebäude wird ZWILAG erst in einigen Jahren benötigen.

Im Berichtsjahr hat ZWILAG weitere Verbesserungen an der Verbrennungs- und Schmelzanlage vorgenommen. Dazu gehören unter anderem Anpassungen bei der Sauerstoffzufuhr in die Ofenkammer und bei der Beschickung der Brennkammer mit Abfallfässern. Die Anpassungsarbeiten werden im Jahr 2002 weitergeführt. ZWILAG rechnet damit, im Herbst 2002 einen Testbetrieb mit inaktiven Stoffen durchführen zu können. Vor einem Betrieb mit aktiven Abfallstoffen ist die entsprechende Freigabe der HSK erforderlich.

Im Kapitel 6 dieses Jahresberichts wird ausführlicher über das Zentrale Zwischenlager berichtet.

Transporte radioaktiver Stoffe

Im Jahr 2001 erfolgten aus den schweizerischen Kernkraftwerken zwei Transporte mit abgebrannten Brennelementen in die französische Wiederaufarbeitungsanlage von La Hague. Die Transporte in die britische Wiederaufarbeitungsanlage nach Sellafield wurden im Frühjahr 2001 nach einem mehr als einjährigen Stopp wieder aufgenommen. In der Folge konnte das KKW Mühleberg bis Ende Jahr neun Transporte mit abgebrannten Brennelementen nach Sellafield abwickeln.

Wie oben bereits ausgeführt erfolgten im Berichtsjahr erstmals Transporte mit abgebrannten Brennelementen sowie verglasten hochaktiven Abfällen zum Zentralen Zwischenlager in Würenlingen.

Generell werden Transporte radioaktiver Stoffe in der Schweiz und im Verkehr mit dem Ausland gemäss den international gültigen Regelwerken über den Transport gefährlicher Güter (ADR/RID) abgewickelt. Bei allen Verkehrsmitteln kommen die Empfehlungen der Internationalen Atomenergie Agentur (IAEA) für die sichere Beförderung radioaktiver Stoffe zur Anwendung. Internationale Transporte abgebrannter Brennelemente aus schweizerischen KKW und Transporte in die Schweiz benötigen eine Bewilligung des Bundesamts für Energie. Die HSK ihrerseits ist zuständig für das Ausstellen von Genehmigungszeugnissen gemäss Gefahrgutgesetzgebung.

Ausführlicher über die Transporte berichtet die HSK im Kapitel 9 des vorliegenden Jahresberichts.

Vorbereitungen zur geologischen Tiefenlagerung

Hinsichtlich des geologischen Tiefenlagers für schwach- und mittelaktive Abfälle am Wellenberg wurden zwischen dem Departement UVEK und der Nidwaldner Regierung im März 2000 die Bedingungen für die Weiterführung des Projekts und ein Zeitplan vereinbart. Im Januar 2001 reichte die Genossenschaft für Nukleare Entsorgung Wellenberg (GNW) das Konzessionsgesuch für einen Sondierstollen ein. Der Regierungsrat des Kantons Nidwalden erteilte die Konzession am 25. September 2001. Dieser Beschluss unterliegt noch einer kantonalen Volksabstimmung. Der Regierungsrat setzte im Juni 2001 die Arbeitsgruppe Volkswirtschaft ein, deren Auftrag es ist, eine Wertschöpfungsstudie für die Region Nidwalden und Engelberg zu erarbeiten.

Die Arbeiten zum Entsorgungsnachweis für hochaktive und langlebige mittelaktive Abfälle wurden hinsichtlich der Option Opalinuston weitergeführt. Die Auswertung der Resultate aus der Tiefbohrung im zürcherischen Benken und der im Jahre 1997 im Zürcher Weinland durchgeführten reflexionsseismischen Messkampagne sowie deren Dokumentation wurden im Berichtsjahr abgeschlossen. Die beiden entsprechenden technischen Berichte wurden Vertretern der lokalen und kantonalen Behörden von Zürich, Thurgau und dem angrenzenden süddeutschen Gebiet anlässlich zweier Informationsveranstaltungen im September und Oktober 2001 präsentiert.

Im Kapitel 10 des Jahresberichts wird näher auf den Stand des Projekts Wellenberg und des Programms für hochaktive Abfälle eingegangen.

Regelwerke und Beurteilungskriterien

Die Richtlinien der HSK geben jene Kriterien an, nach denen die HSK die Tätigkeiten und Vorhaben der Betreiber von Kernanlagen beurteilt. Sie legen dar, woran sich die Betreiber zu halten haben und was die HSK von ihnen erwartet. Zweck der Richtlinien ist, Rechtssicherheit zu schaffen. Einige der HSK-Richtlinien werden zurzeit überarbeitet, um sie den aktuellen Gegebenheiten und Anforderungen anzupassen.

Regulatorische Sicherheitsforschung

Die HSK ist verpflichtet, das Sicherheitsniveau der schweizerischen Kernanlagen am Stand

von Wissenschaft und Technik zu messen. Um diese Aufgabe kompetent erfüllen zu können, ist die regulatorische Sicherheitsforschung auf dem Gebiet der Kernenergie für die HSK eine wichtige Aufgabe. Neue Forschungserkenntnisse tragen dazu bei, den Stand von Wissenschaft und Technik weiterzuentwickeln.

Die HSK unterstützt deshalb eine Reihe von Forschungsvorhaben mit den Schwerpunkten: Materialforschung, Störfall- und Unfallforschung, Human Factors sowie Notfall- und Strahlenschutz. Im Kapitel 12 werden einzelne Forschungsprojekte kurz besprochen. Der ausführlichere Forschungsbericht wird auf Internet unter www.hsk.psi.ch aufgeschaltet.

Internationales

Der internationale Informations- und Erfahrungsaustausch ist ein wichtiges Element zur Gewährleistung des notwendigen Wissens, der Ausgewogenheit der Regelungsdichte und des Einbringens eigener Vorstellungen und Erfahrungen in internationale Organisationen und Arbeitsgruppen.

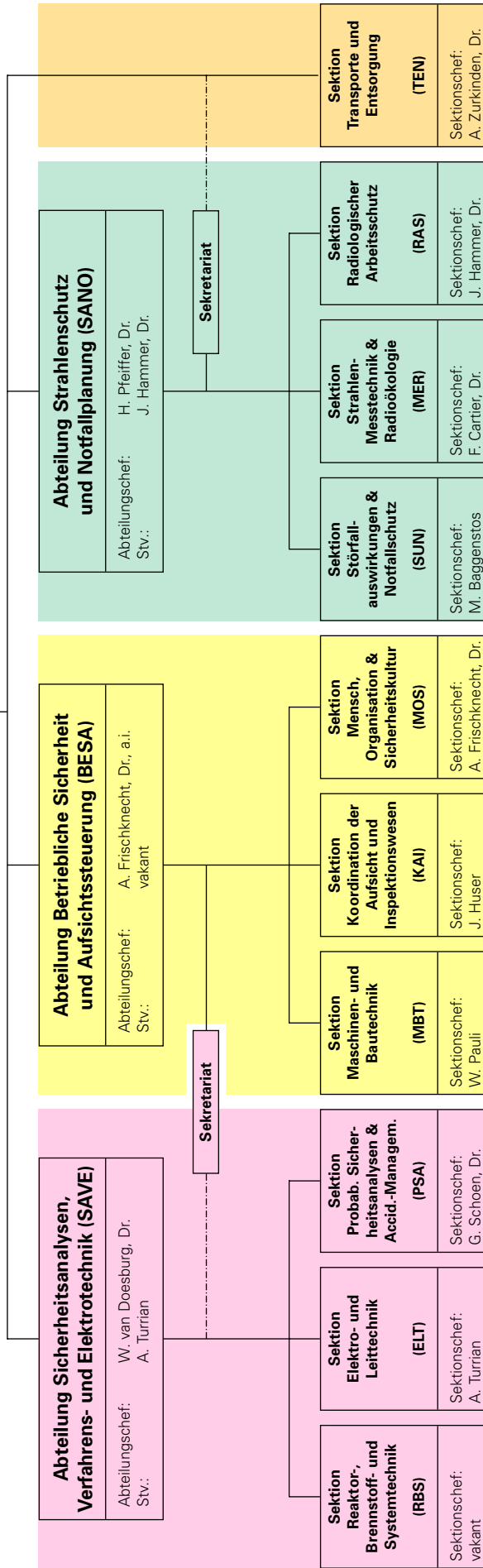
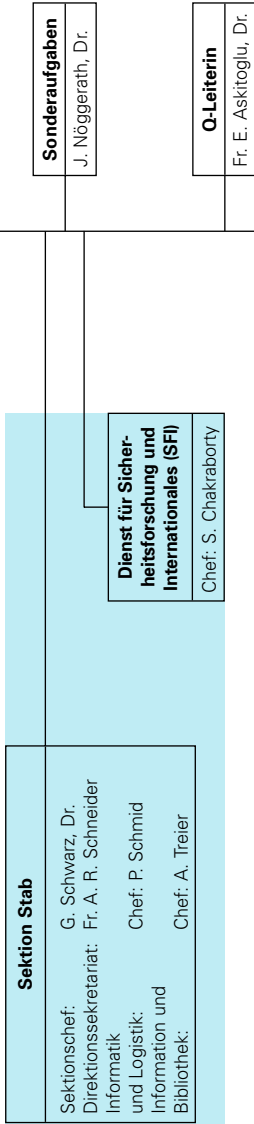
Im Rahmen bilateraler Vereinbarungen auf dem Gebiet der nuklearen Sicherheit finden jährlich Expertentreffen auf Behördenstufe statt. Zu erwähnen sind die Französisch-Schweizerische Kommission zur nuklearen Sicherheit sowie die Deutsch-Schweizerische Kommission für die Sicherheit grenznaher kerntechnischer Anlagen. Erstmals trafen sich österreichische und schweizerische Behördenvertreter im Oktober 2001 in Wien im Rahmen des erst vor kurzem in Kraft getretenen Schweiz-Österreichischen Abkommens über den frühzeitigen Austausch von Informationen aus dem Bereich der nuklearen Sicherheit und des Strahlenschutzes. Einen intensiven Gedanken- und Erfahrungsaustausch pflegt die HSK auch mit der amerikanischen Nuklearaufsichtsbehörde US-NRC.

Im Bereich technischer Zusammenarbeit mit osteuropäischen Ländern ist die von der HSK ergriffene Initiative zur Schaffung eines Zentrums für nukleare Sicherheit in Mittel- und Osteuropa (CENS – Centre for Nuclear Safety in Eastern Europe) zu erwähnen sowie das schweizerisch-russische Projekt SWISRUS, das Anfang 2002 abgeschlossen wird. In Kapitel 13 sind die internationalen Aktivitäten der HSK ausführlicher beschrieben.

Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK)

Sekretariat KSA
Chef: B. Hollenstein

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



1. KERNKRAFTWERK BEZNAU

1.1 Betriebsdaten und Betriebsergebnisse

Das Kernkraftwerk Beznau (KKB) der Nordostschweizerischen Kraftwerke (NOK) umfasst zwei weitgehend identische 2-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 A1 und B3 im Anhang zusammengestellt; Figur B1 zeigt das Funktionsschema einer Druckwasserreaktoranlage. Die Blöcke KKB 1 und KKB 2 erreichten im Jahr 2001 eine Arbeitsausnutzung¹ von 96,8% bzw. 80,4% und eine Zeitverfügbarkeit² von 97,1% bzw. 81,4%, wobei der unproduktive Anteil im Block 1 im Wesentlichen auf den Brennelementwechsel und im Block 2 auf den Revisionsstillstand zurückzuführen ist. Die Zeitverfügbarkeiten und die Arbeitsausnutzungen der letzten zehn Jahre sind in Figur A1 dargestellt.

Im Rahmen der Optimierung der Stillstandsarbeiten konnte im Block 1 (wie im Vorjahr im Block 2) die Stillstandsdauer kurz gehalten werden. Sie dauerte knapp 11 Tage und diente vorwiegend dem Brennelementwechsel. Grössere Instandhaltungsarbeiten wurden nicht durchgeführt. Im Block 2 dauerte der Revisionsstillstand zur Durchführung des Brennelementwechsels, der Instandhaltungsarbeiten und wegen des Ersatzes des Reaktorschutz- und Regelsystems 68 Tage.

Die Wärmeauskopplung für das regionale Fernwärmenetz (REFUNA) belief sich im Jahr 2001 auf insgesamt 150,5 GWh_{th} für beide Anlagen.

Im *Block 1* erfolgte im Berichtsjahr keine ungeplante Reaktorschnellabschaltung. Für eine Reparatur am pneumatischen Stellantrieb des Regelventils in der Kaltfahrleitung musste die Reaktorleistung für etwa 5 Stunden auf 20% reduziert werden.

Im *Block 2* erfolgten im Berichtsjahr zwei ungeplante Reaktorschnellabschaltungen (s. Kapitel 1.2.1). Das Anfahren nach dem Revisionsstillstand war geprägt durch umfassende Versuche. Der Nachweis der Funktion des

neuen Reaktorschutz- und Regelsystems musste anhand diverser Transienten wie rasche Laständerungen, Lastabwurf (plötzliche Trennung vom Hochspannungsnetz) und Turbinenausfall mit anschliessender Reaktorschnellabschaltung erbracht werden. Alle Tests verliefen erfolgreich.

1.2 Anlagensicherheit

1.2.1 Besondere 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 B2) zugeordnet:

- An einem Notstanddieselmotor wurde anlässlich des monatlichen Probelaufes ein Startversagen festgestellt. Ursache für das Fehlverhalten war eine Verschmutzung des Druckluftsteuerventils. Das Ventil wurde ersetzt. Art und Quelle der Verschmutzung wurden eruiert und Massnahmen zur Vermeidung eingeleitet.
- Anlässlich eines monatlichen Probelaufes lief die Sicherheitseinspeisepumpe C auch nach mehrmaligem Wiederholen des Startbefehls nicht an. Der Motorschalter der Pumpe wurde gegen ein Reserve-Aggregat ausgetauscht. Der Probelauf konnte daraufhin ordnungsgemäss durchgeführt werden. Als Störungsursache wurde ein verschmutzter Federkontakt im Steuerkreis des Schalters ermittelt.

Im *Block 2* wurden drei Vorkommnisse der Klasse B gemäss R-15 und der Stufe 0 der internationalen Bewertungsskala INES zugeordnet:

- Anlässlich der periodischen Dichtheitsprüfungen der Sicherheitsgebäude-Durchdringungen wurden an drei Prozessrohren mit geringem Durchmesser Verbiegungen festgestellt. Eine genauere Betrachtung der Schäden und ein anschliessend durchgeführter Versuch haben gezeigt, dass die Verbiegungen von den Dicht-

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.

heitstests herrührten, die seit dem Jahre 2000 mit einem höheren Prüfdruck durchgeführt werden. Die HSK hat den Schaden inspiziert und die geplanten Gegenmassnahmen freigegeben.

- Beim Entfernen einer temporären Messeinrichtung an der Steuerung der Speisewasserventile wurde versehentlich die Stromversorgung kurzgeschlossen. Dies führte auslegungsgemäss zum Schliessen der Speisewasserregelventile und damit zu einem Unterbruch der Bespeisung der Dampferzeuger, was auslegungsgemäss eine automatische Reaktorschnellabschaltung zur Folge hatte. Die Ursache ist auf einen Vorgehensfehler beim Entfernen des Messsystems zurückzuführen. Der Betreiber hat die notwendigen

Massnahmen ergriffen, um ähnliche Vorfälle zu verhindern.

- Beim nachfolgenden Hochfahren der Anlage kam es zu einer automatischen Abschaltung einer der beiden Turbogruppen. Ursache war eine Fehlfunktion des Niveaureglers eines Vorwärmers, was zu einer ungenügenden Entwässerung des Vorwärmers führte. Die Turbinenabschaltung hatte eine automatische Lastreduktion des Reaktors auf 50% Leistung zur Folge. Anschliessend wurde durch eine Fehlbedienung eine zu grosse Menge Borsäure in den Primärkreis eingespeist. Der Reaktor wurde daraufhin vorsorglich manuell abgeschaltet.

Auslösende Ursache für den Turbinentrip war zu viel Wasser im Vorwärmer. Der Austausch

**Luftaufnahme
des Geländes des
KKW Beznau.**

Foto: KKB



von Teilen der Entwässerungsregelung brach- te zunächst keinen Erfolg, denn beim Wiederanfahren ereignete sich erneut eine Turbinenabschaltung. In der Folge wurde die gesamte Regeleinrichtung demontiert und eingehend untersucht. Dabei wurde ein Fremdkörper (kleines Drahtstück) entdeckt und entfernt. Anschliessend funktionierte die Entwässerungsregelung wieder einwandfrei.

Die ersten drei Vorkommnisse lassen sich auf technische Mängel zurückführen. Bei den zwei letztbeschriebenen Vorkommnissen waren auch menschliche Faktoren mitbeteiligt.

Die klassierten Vorkommnisse der letzten zehn Jahre sind in den Figuren A3a und A3b dargestellt.

Probelauf der Sicherheits-einspeisepumpe im Notstandsgebäude.

Foto: KKB

1.2.2 Arbeiten während der Stillstände zum Brennelementwechsel

Block 1 wurde wie geplant am 23. Juni 2001 vom Netz getrennt. Die Abstellung dauerte knapp elf Tage und diente primär dem Brenn-

elementwechsel. Die übrigen Arbeiten konzentrierten sich hauptsächlich auf die System- und Komponententests beim Abfahren sowie beim Wiederanfahren der Anlage. Es wurden weder grössere Instandhaltungsarbeiten noch Anlagenänderungen durchgeführt.

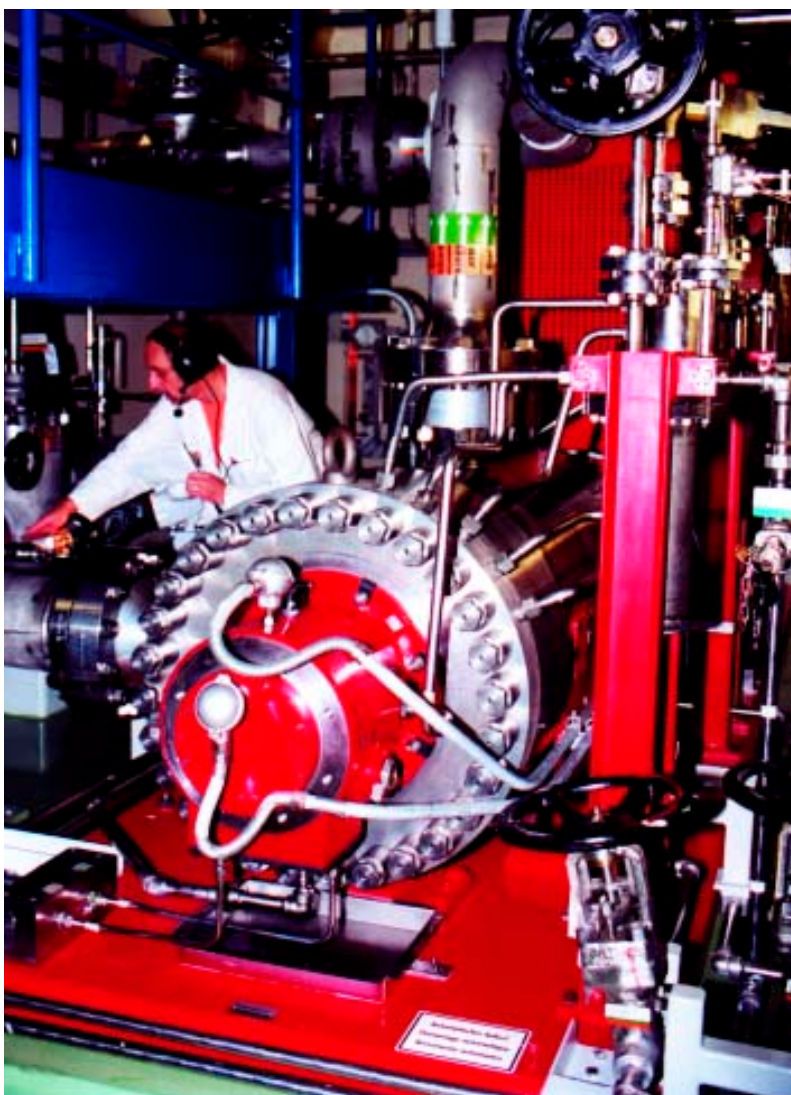
Im November 2000 wurde eine Beschädigung des Pumpeninnenblockes einer Not-speisewasserpumpe festgestellt. Während des Stillstandes 2001 wurde nun der damals eingebaute Reserve-Pumpeninnenblock durch den revidierten Originalblock ersetzt. Der anschliessende 12-Stunden-Probelauf verlief erfolgreich.

Eine längere Abstellung mit umfangreichen Revisionsarbeiten ist für Mitte 2002 vorgesehen. Bei der angewendeten Instandhaltungspraxis beträgt die Periode für den Brennelementwechsel ein Jahr, die Periode für einen Gross- teil der Instandhaltung zwei Jahre. Die HSK hatte dieses Vorgehen eingehend geprüft und freigegeben.

Im *Revisionsstillstand des Blocks 2* vom 13. Juli 2001 bis zum 18. September 2001 wurden Routinetätigkeiten wie Brennelementwechsel, Kontrollarbeiten an elektrischen und mechanischen Komponenten und Systemen, zerstörungsfreie Werkstoffprüfungen, wiederkehrende Funktionsprüfungen sowie Instandhaltungs- und Änderungsarbeiten durchgeführt. Schwerpunkt des Revisionsstillstandes bildete – wie letztes Jahr im Block 1 – der Ersatz des Reaktorschutz- und Regelsystems inklusive der zugehörigen gesicherten Stromversorgung. Zudem sind folgende Arbeiten erwähnenswert: Ersatz der Sprühventile am Druckhalter, Ersatz von Magnetventilen an Lüftungsclappen, Ertüchtigungen im Bereich Brandschutz, Ersatz des Motors der Reaktorhauptpumpe A, präventiver Austausch der Restwärmepumpe B, Austausch der Sicherheitseinspeisepumpe C, Austausch eines Blocktrafos und die Wirbelstromprüfung der Berohrung der 1999 eingebauten Dampferzeuger.

Bei den Wiederholungsprüfungen sind besonders die visuelle Inspektion am Reaktor- druckbehälterdeckel, die Dichtheitsprüfungen an den Containment-Isolationsarmaturen und die Inspektion der Stahldruckschale des Containments hervorzuheben. Erwähnenswerte Veränderungen oder Mängel, die die sichere Funktion von Komponenten und Systemen gefährden könnten, wurden nicht festgestellt.

Die Stillstandsarbeiten in beiden Blöcken wurden unter Einhaltung einer gewohnt hohen



Qualität und unter Beachtung der Strahlenschutzvorgaben geplant und durchgeführt.

1.2.3 Anlagenänderungen

Im *Block 1* wurde im Berichtsjahr folgende Anlagenänderung durchgeführt:

- Seit Abschluss der Inbetriebsetzung des neuen Reaktorschutz- und Regelsystems im Jahre 2000 wurden Anpassungen am Anwenderprogramm vorgenommen. Während des Revisionsstillstandes 2001 wurden nun die geänderte Software in die Verarbeitungsrechner geladen und die betroffenen Funktionen überprüft.

Im *Block 2* wurden verschiedene Anlagenänderungen durchgeführt:

- Die wichtigste Anlagenänderung betrifft den Ersatz des Reaktorschutz- und Regelsystems durch ein modernes rechnerbasiertes System mit gleicher Funktion. Für die gewählte zukunftsgerichtete Technik lagen bereits Erfahrungen aus *Block 1* vor, bei dem das gleiche System seit einem Jahr störungsfrei im Einsatz steht. Das Reaktorschutzsystem ist vierfach redundant aufgebaut. Die redundanten Ausrüstungen sind in getrennten Räumen untergebracht.
- Die gesicherte Stromversorgung dient hauptsächlich zur Speisung des Reaktorschutz- und Regelsystems sowie zur Speisung der Instrumentierung. Bereits im Jahre 1999 sind in der Anlage *KKB 2* zwei der für die Versorgung der vier sicheren Schienen eingesetzten, rotierenden Umformergruppen durch statische Umformer ersetzt und in Betrieb genommen worden. Während der Revisionsabstellung 2001 wurden die rotierenden Umformergruppen der Stränge 1 und 3 ebenfalls durch statische Umformer ersetzt und in Betrieb genommen.
- Die Druckhaltersprühventile wurden durch neue Komponenten ersetzt. Anstelle der bisherigen pneumatischen Regelventile wurden neu mediumhilfsgesteuerte Magnetregelventile eingesetzt. Die beidseitig der Sprühventile vorhandenen Isolationsarmaturen sowie die Bypassleitungen sind, bedingt durch die Konstruktion der neuen Sprühventile, nicht mehr erforderlich.
- Im Rahmen des Alterungsüberwachungsprogramms wurden drei Magnetventile zu pneumatisch betätigten Drehklappen der Containment-Spülzuluft und -abluft und der Containment-Druckentlastung durch einen andern Ventiltyp ersetzt, da vom bisher eingebauten

Typ keine qualifizierte Ausführung mehr erhältlich ist. Die neuen Magnetventile weisen bessere Eigenschaften insbesondere in Bezug auf Temperaturfestigkeit und Strahlungsbeständigkeit auf als die bisherigen. Die HSK hatte aufgrund der Qualifikationsnachweise die generelle Produktfreigabe für den Einsatz der neuen Ventilreihe im *KKB* erteilt.

- Zur schnelleren und besseren Lokalisierung eines allfälligen Brandalarms wurde – wie letztes Jahr im *Block 1* – ein neues Brandmeldeleitsystem mit lokalen Arbeitsstationen und einem Informationsdisplay im Kommandoraum installiert. Zudem wurden die Lüftungssteuerung in den Halonzonen erweitert und alle bisherigen, pneumatisch gesteuerten Lüftungsklappen durch solche mit elektrischer Betätigung ersetzt.

1.2.4 Brennstoff und Steuerstäbe

Bei beiden Blöcken gab es im Berichtszeitraum keine Brennelement-Defekte.

Zur Abklärung der Schadensursache an 4 defekten Uran-Plutonium-Mischoxid-(MOX)-Brennelementen der britischen Firma BNFL (siehe Jahresbericht 2000), die im Sommer 2000 entladen worden waren, wurden die defekten resp. defektverdächtigen Brennstäbe zu BNFL transportiert.

Während des Brennelementwechsels von *Block 1* wurden 16 neue Uranoxid-Brennelemente und 8 neue MOX-Brennelemente, die in einer Anlage der belgischen Firma Belgonucléaire gefertigt wurden, dem Reaktorkern zugeladen. Der Reaktorkern von *Block 1* enthält somit im Betriebszyklus 2001/02 insgesamt 29 MOX-Elemente, darunter 5 aus der BNFL-Produktion, die bisher während vier Jahren schadenfrei betrieben wurden.

Während des Revisionsstillstands in *Block 2* wurden 20 Brennelemente durch neue Uranoxid-Elemente ersetzt. Der Reaktorkern enthält somit im Betriebszyklus 2001/02 insgesamt 16 MOX-Brennelemente, darunter 4 aus der BNFL-Produktion, die seit Mai 1998 schadenfrei im Einsatz sind.

1.3 Strahlenschutz

1.3.1 Schutz des Personals

Im Kalenderjahr 2001 (Daten für 2000 in Klammern) wurden im *KKB* folgende Kollektivdosen ermittelt:

KKB 1		
Aktionen	Kollektivdosis Personen-Sv	
Brennelementwechsel (2000: Revisionsstillstand)	0,08	(0,58)
Leistungsbetrieb	0,07	(0,06)
gesamte Jahreskollektivdosis	0,15	(0,64)

KKB 2		
Aktionen	Kollektivdosis Personen-Sv	
Revisionsstillstand (2000: BE-Wechsel)	0,69	(0,07)
Leistungsbetrieb	0,07	(0,06)
gesamte Jahreskollektivdosis	0,76	(1,13)

KKB 1 + 2		
Aktionen	Kollektivdosis Personen-Sv	
Revisionsstillstand bzw. BE-Wechsel	0,77	(0,65)
Leistungsbetrieb	0,14	(0,12)
gesamte Jahreskollektivdosis	0,91	(0,77)

Die Kollektivdosis ist angesichts des Umfangs der durchgeführten Arbeiten tief. Die höchste im KKB akkumulierte Individualdosis beträgt 14,2 mSv (10,4 mSv) und liegt damit unter dem Dosisgrenzwert der Strahlenschutzverordnung für beruflich strahlenexponierte Personen von 20 mSv pro Jahr. Nähere Angaben sind aus den Tabellen A5 bis A10 und den Figuren A5 bis A8 ersichtlich. Während der gesamten Berichtsperiode ist keine Personenkontamination aufgetreten, die nicht mit den üblichen Mitteln (Händewaschen, Duschen) entfernt werden konnte. Die Inkorporationsüberwachung mittels Quickcounter ergab keinen Hinweis auf Inkorporationen.

In Block 1 blieb die Dosisleistung an den Primärkomponenten während des Brennstoffwechsels auf tiefem Niveau stabil. Im Block 2 lagen die Dosisleistungen an den Primärkomponenten im Vergleich zu Block 1 auf einem unerwartet hohen Niveau. Nickel von der Oberfläche der im Jahr 1999 neu eingebauten Dampferzeuger führte im Zusammenhang mit einer geringfügigen Änderung der Primär-

wasserchemie zur vermehrten Ablagerung von Co-58 im Reaktorkern. Beim Abfahren zum Revisionsstillstand wurde dieses Kobaltisotop mobilisiert und im Primärkreislauf verteilt, was zu erhöhten Strahlenpegeln führte. Die Auswirkungen der erhöhten Ortsdosisleistungen auf die Strahlenexposition des Personals konnten durch gezielte strahlenschutztechnische Massnahmen begrenzt werden. Zur Reduktion der Strahlendosis wurden während des Revisionsstillstandes in beiden Blöcken die bewährten, temporären Abschirmungen am RDB-Deckel aufgebaut. In Block 2 wurden die temporären Standardabschirmungen aus Bleiblechen (insgesamt etwa 80 t) angebracht.

In beiden Blöcken der Anlage Beznau traten an den allgemein zugänglichen Orten keine unzulässigen Kontaminationen auf, wie laufend durchgeführte Kontaminationskontrollen der Luft und der Oberflächen bestätigten. Während des Revisionsstillstandes im Block 2 wurden mehrere Projekte durchgeführt, deren Dosisplanung eine nach HSK-Richtlinie R-15 meldepflichtige Kollektivdosis von mehr als 50 Personen-mSv ergab. Die HSK hat die von KKB dazu durchgeführte strahlenschutztechnische Planung vor Beginn der Arbeiten eingesehen und mit der laufend nachgeführten arbeitsbezogenen Dosimetrie verglichen. Entstandene Abweichungen konnten von KKB erklärt werden.

Die Arbeiten im Zusammenhang mit dem Ersatz des Reaktorschutz- und Regelsystems im Block 2 wurden strahlenschutztechnisch detailliert vorbereitet, optimiert und unter Berücksichtigung des ALARA-Prinzips und der Erfahrungen vom Vorjahr im Block 1 durchgeführt und abgeschlossen. Die akkumulierte Dosis für diesen Einsatz betrug 149 Personen-mSv. Bei den Gerüstbau-Arbeiten wurden 50 Personen-mSv akkumuliert.

Die HSK überzeugte sich anlässlich zahlreicher Inspektionen davon, dass in beiden Blöcken des KKB ein moderner und effektiver Strahlenschutz betrieben wird, der Routinearbeiten, unerwartete Strahlenfelder wie auch sehr anspruchsvolle Arbeiten im Rahmen von sicherheitstechnisch vorgeschriebenen Wiederholungsprüfungen gut bewältigt.

1.3.2 Abgaben an die Umwelt und Direktstrahlung

Die Grenzwerte für die Abgaben radioaktiver Stoffe aus dem KKB, die Jahresabgaben 2001 sowie die daraus auf der Grundlage der HSK-Richtlinie R-41 rechnerisch ermittelten Dosis-

werte für Einzelpersonen in der Umgebung sind in Tabelle A4a dargestellt. Die radioaktiven Abgaben über die Abluft in Form von Aerosolen, Jod und Edelgasen lagen deutlich unterhalb der in der Betriebsbewilligung festgelegten Grenzwerte. Beim Abwasser gilt dies auch für die radioaktiven Abgaben ohne Tritium. Die für Druckwasserreaktoren typischen Tritium-Abgaben des KKB betragen etwa 16% des Jahresgrenzwertes. Tabelle A4b zeigt den Verlauf der Abgaben von Edelgasen und Jod über die Abluft resp. für Tritium und übrige radioaktive Stoffe über das Abwasser während der letzten fünf Jahre. Abgabewerte unter 1% der Abgabegrenzwerte werden nicht ausgewiesen.

Aus den tatsächlich über die Abluft und das Abwasser abgegebenen radiologischen Stoffen wird unter ungünstigen Annahmen die Jahresdosis für Einzelpersonen der Bevölkerung in der Umgebung des KKB berechnet. Sie liegt mit etwa 0,0013 mSv für Erwachsene und 0,0021 mSv für Kleinkinder deutlich unterhalb des Dosisrichtwerts von 0,2 mSv/Jahr gemäss HSK-Richtlinie R-11. Artikel 5 und 6 der Strahlenschutzverordnung besagen, dass Tätigkeiten, die für die betroffenen Personen zu einer effektiven Dosis von weniger als 0,01 mSv pro Jahr führen, in jedem Fall als gerechtfertigt und optimiert gelten. Das bedeutet, dass keine weiteren Anstrengungen zur Verminderung der radioaktiven Abgaben und der daraus resultierenden Dosis für die Bevölkerung notwendig sind.

Die Dosisleistungs-Messsonden des von der HSK betriebenen Messnetzes (MADUK) in der Umgebung des Werkes ergaben keine durch den Betrieb der Anlage erhöhten Werte (siehe Figur A10). Die Thermolumineszenz-Dosimeter (TLD), die an mehreren Stellen am Zaun des Kraftwerksareals die Dosis messen, zeigten keine signifikante 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 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 nach Artikel 102 Absatz 3 der Strahlenschutzverordnung wurden eingehalten.

1.3.3 Strahlenschutzinstrumentierung

Die Messgeräte zur Überwachung der Aktivitäts- und Strahlenpegel in der Anlage sowie der



radioaktiven Abgaben an die Umwelt, die Personenmonitore und die Personendosimetriesysteme wurden von der HSK stichprobenweise inspiziert. Die HSK hat sich anhand der entsprechenden Prüfprotokolle und Dokumente des Betreibers und durch eigene Kontrollen in der Anlage davon überzeugt, dass die regelmässigen Überprüfungen der Messgeräte durch das Kraftwerkspersonal vorschriftsgemäss durchgeführt wurden und dass die Messgeräte einwandfrei funktionierten.

Anfang 2001 hat die HSK die gemäss Verordnung über die Personendosimetrie (Dosismetrieverordnung) geforderte Triage-Inkorporationsüberwachung im KKB freigegeben. Die Freigabe erfolgte aufgrund der vom KKB eingereichten Unterlagen und einer vom Paul Scherrer Institut (PSI) im Auftrag der HSK durchgeführten Studie über die Eigenschaften und Kalibrierung des betreffenden Thorax- und Schilddrüsenmonitors.

Im Berichtsjahr überprüfte die HSK anlässlich einer Inspektion die Funktionstüchtigkeit und die geplanten Änderungen und Ertüchtigungen des so genannten «Post Accident Sampling System (PASS)», welches der Probenahme bei sehr hohen Aktivitätskonzentrationen, die bei Stör- und Unfällen im Primärsystem und in der Primärcontainmentatmosphäre und im Containmentsumpf auftreten können, dient.

Zusätzlich zu den HSK-Inspektionen werden bestimmte Messsysteme jedes Jahr im Rahmen von Vergleichsmessungen, an denen weitere nationale Labors bzw. Messtellen teilnehmen, überprüft:

Vertreter der US-NRC auf Besuch bei der HSK und im KKB. V.l.n.r. (vorne): Mike Cullingford (NRC), Sam Collins (NRC) und Walter Nef (Direktor des KKB).
Foto: KKB

- Die vierteljährlichen Kontrollmessungen der HSK und die halbjährlich durchgeführten Vergleichsmessungen der SUEr von Aerosol- und Jodfiltern sowie von Abwasserproben zeigten eine gute Übereinstimmung der Ergebnisse der HSK mit den Werten des Kernkraftwerks Beznau.
- An der von der Eidgenössischen Kommission für Strahlenschutz und Überwachung der Radioaktivität (KSR) organisierten, jährlich stattfindenden Vergleichsmessung für Personendosimetriestellen hat die Dosimetriestelle des KKB auch im Berichtsjahr wieder teilgenommen und den Nachweis der am Referenzpunkt erforderlichen Messgenauigkeit von $\pm 10\%$ erbracht.

1.4 Personal und Organisation

1.4.1 Organisation und Betriebsführung

Im Rahmen der Gründung der Axpo Holding hat KKB einige organisatorische Anpassungen vorgenommen. So wurde insbesondere das Ressort Informatik der Abteilung Dienste in die Axpo Informatik AG ausgegliedert. Die für KKB notwendigen Dienstleistungen stehen dem Werk aber weiterhin vor Ort zur Verfügung.

Die Werksbelegschaft umfasste Ende 2001 475 Personen (2000: 451).

Die Zusammenarbeit mit KKL in technischen Bereichen und im Programm zur Förderung der Sicherheitskultur wurde weitergeführt.

Die nukleare Sicherheit hat bei KKB auch während der weiter voranschreitenden Elektrizitätsmarktöffnung oberste Priorität. Insbesondere beabsichtigt KKB für die Zukunft, dass weitere Peer Reviews durch internationale Expertenteams durchgeführt werden. In diesem Jahr wurde im Block 1 – im Zusammenhang mit der Optimierung der Betriebsführung – erstmals ein Stillstand von nur elf Tagen Dauer durchgeführt. Obschon dies eine anspruchsvolle Herausforderung an das Personal darstellte, waren die Ergebnisse dieses Stillstandes gut.

Bei den betrieblichen Optimierungsansätzen sind zwei Beispiele hervorzuheben: Bei der Instandhaltung werden neue, zustandsorientierte Methoden für die Zukunft evaluiert. Weiterhin hat KKB im Berichtszeitraum intensiv an einem Pilotprojekt für risikoinformierte wiederkehrende Prüfungen an Rohrleitungen der Sicherheitsklasse 1 gearbeitet.

1.4.2 Personal und Ausbildung

Sechs Schichtchefs bestanden im Berichtsjahr ihre Lizenzprüfung unter Aufsicht der HSK. Das Vorgehen ist in R-27 geregelt. Vier der Schichtchefs haben diese Prüfung im Rahmen ihrer Ausbildung zum Pickettingenieur absolviert. Vier Teilnehmer am Technikerlehrgang der Reaktorschule des PSI haben die Schlussprüfung bestanden und sich damit über genügende theoretische Kenntnisse für die weitere Ausbildung zum Reaktoroperator und gegebenenfalls zum Schichtchef ausgewiesen. Die Anzahl lizenziierter Personen ist in Tabelle A2 zusammengestellt. Die Anerkennung des Strahlenschutzpersonals erfolgt durch die HSK entsprechend der Strahlenschutz-Ausbildungsverordnung (SR 814.501.261) und der HSK-Richtlinie R-37.

Die Aus- und Weiterbildung des Schichtpersonals erfolgte gemäss Jahresprogramm. Dazu wurden auch der KKB-Kompaktssimulator und der Fullscope-Simulator in den USA eingesetzt. Schwerpunkte des Simulatortrainings waren der Gebrauch der beiden computergestützten Systeme für die Abarbeitung der Alarmmeldungen (AWARE) und der Notfallvorschriften (COMPRO) sowie die Notfallschulung unter Einbezug der Pickettingenieure. Im Rahmen des achtjährigen Zyklus der theoretischen Wiederholungsschulung an der Reaktorschule des PSI vertiefte das lizenzierte Schichtpersonal seine Kenntnisse im Bereich Elektrotechnik.

Eine grosse Anzahl Kurse diente Angehörigen aller Abteilungen zur Vertiefung ihres Fachwissens, der Persönlichkeitsbildung und der Schulung von praktischen Fähigkeiten sowie der Aus- und Weiterbildung im Strahlenschutz. Speziell erwähnt sei die Schulung im Bereich Thermohydraulik am Druckwasserreaktor-Glasmodell in Biblis.

1.5 Gesamteindruck aus der Sicht der HSK

Der Zustand der Anlage Beznau in Bezug auf die nukleare Sicherheit und den Strahlenschutz sowie die Betriebsführung sind gut. Die aufgetretenen Vorkommnisse hatten geringe Bedeutung für die nukleare Sicherheit. Auch im vergangenen Jahr wurden bedeutende Verbesserungen und Erneuerungen an sicherheitsrelevanten Komponenten und Einrichtungen vorgenommen. Mit dem Ersatz des bisherigen Reaktorschutz- und Regelsystems im Block 2

durch ein digitales System verfügt KKB nun in beiden Blöcken über ein modernes, rechnerbasiertes Reaktorschutz- und Regelsystem sowie über eine neue gesicherte Stromversorgung, welche das neue System mit der benötigten Energie und dem erforderlichen Redundanzgrad versorgt.

Im Rahmen ihrer Aufsichtstätigkeit führte die HSK während des Berichtsjahres rund 85 Inspektionen durch. Schwerpunkte waren dabei der Betrieb, der Strahlenschutz, die umfangreichen Wartungs- und Erneuerungsarbeiten im Block 2 sowie die zahlreichen Tests während der Inbetriebsetzungsphase des neuen Reaktorschutz- und Regelsystems. Die Ergebnisse der Inspektionen wurden dem Betreiber mitgeteilt und erkannte Verbesserungsmassnahmen durch ihn umgesetzt.

Die HSK konnte anlässlich ihrer Inspektionen feststellen, dass die Mitarbeiter des KKB die Revision sorgfältig vorbereitet haben und

auch auf die veränderte radiologische Situation im Block 2 rasch mit adäquaten Mitteln und Massnahmen reagierten. Dank der Sensibilisierung des Personals sowie der verstärkten Präsenz des Strahlenschutzpersonals in der Anlage konnten die Auswirkungen der erhöhten Strahlenpegel gut beherrscht werden. Zusammenfassend kommt die HSK zum Schluss, dass im KKB ein guter, zweckmässiger und effektiver Strahlenschutz betrieben wird.

Trotz des unerwarteten Anstiegs der Ortsdosisleistung während des Revisionsstillstandes im Block 2 und umfangreicher Arbeiten im Zusammenhang mit dem Ersatz des Reaktorschutz- und Regelsystems im gleichen Block resultierte eine tiefe Kollektivdosis des Eigen- und Fremdpersonals. Die Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umgebung lagen deutlich unterhalb der behördlich festgelegten Grenzwerte. Damit ergab sich eine unbedeutende Strahlendosis für die Bevölkerung.

Messungen an einem Generator.

Foto: KKB



2. KERNKRAFTWERK MÜHLEBERG

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 A1 und B3 des Anhangs dargestellt; Figur B2 zeigt das Funktionsschema einer Siedewasserreaktoranlage.

Das Kernkraftwerk Mühleberg erreichte im Jahr 2001 eine Arbeitsausnutzung von 88,7% und eine Zeitverfügbarkeit von 93,6%. Die Revisionsarbeiten mit dem Brennstoffwechsel dauerten 22 Tage und bestimmten wesentlich die Nichtverfügbarkeit der Anlage.

Für die Heizung der Wohnsiedlung «Steinriesel» wurden 1,9 GWh thermische Energie geliefert. Neben der geplanten Durchführung von wiederkehrenden Prüfungen erfolgte eine ungeplante Reaktorschnellabschaltung, hervorgerufen durch automatische Abschaltungen der Speisewasserpumpen.

2.2 Anlagensicherheit

2.2.1 Besondere Vorkommnisse

Entsprechend der 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 (Anhang Tabelle B2).

Bei dem Vorkommnis handelte es sich um eine störungsbedingte Reaktorabschaltung. Das Vorkommnis begann mit einer automatischen Abschaltung der Speisewasserpumpe B, deren Ursache in einem Ansprechen des Überspannungsschutzes am Frequenzrichter zur Anspeisung des Pumpenmotors lag. Der Ansprechwert des Überspannungsschutzes war zu niedrig eingestellt. Die Abschaltung der Speisewasserpumpe B bewirkte auslegungsgemäss eine automatische Umschaltung auf die Reservespeisewasserpumpe C mit der zu-

gehörigen Lastreduktion auf etwa 93%. Nach kurzer Zeit wurde jedoch auch die Speisewasserpumpe C über das Schutzanregungskriterium «Kühllufttemperatur hoch» automatisch abgeschaltet. Die Ursache der Schutzabschaltung der Speisewasserpumpe C lag in einer gelösten Steckverbindung im Temperaturüberwachungskreis. Durch den Ausfall der Speisewasserpumpe begann das Wasserniveau im RDB zu sinken. Dies führte zu einer automatischen Reaktorabschaltung. Um der Wiederholung eines solchen Vorkommnisses vorzubeugen, wurden sowohl die Kontrolle des Auslösewertes für den Schutz der Pumpenmotoren als auch die Kontrolle von Steckverbindungen in das jährliche Prüfprogramm der Speisewasserpumpen aufgenommen.

Die klassierten Vorkommnisse der letzten zehn Jahre sind in den Figuren A3a und A3b dargestellt.

2.2.2 Arbeiten während des Stillstands zum Brennelementwechsel

Am 12. August 2001 wurde die Anlage zum Revisionsstillstand 2001 abgestellt. Der Revisionsstillstand dauerte 24 Tage. Während dieser Zeit wurden die notwendigen Tätigkeiten wie Brennelementwechsel, Inspektionen, zerstörungsfreie Werkstoffprüfungen, Wiederholungsprüfungen, Funktionsprüfungen an Komponenten und Systemen durchgeführt. Die Anlage wurde am 4. September wieder angefahren. Als sicherheitsrelevante Arbeiten sind die Folgenden hervorzuheben:

Prüfungen am Reaktordruckbehälter (RDB) und seiner Einbauten: An einer Reihe von horizontalen Anschlussstutzen des RDB wurden wiederkehrende zerstörungsfreie Prüfungen vorgenommen. Das diesjährige Prüfprogramm betraf auch bestimmte Instrumentierungsdurchführungen am RDB-Boden. Alle diese Prüfungen zeigten den guten Zustand der RDB-Anschlüsse. Am Kernmantel wurden die bekannten Rissbereiche der Horizontalnähte Nr. 4 und 11 mit Ultraschall- und Wirbelstromsonden geprüft. Das Risswachstum lag wiederum im Mittel der vergangenen Jahre. Die Mitte der 90er-Jahre erstellte Sicherheitsanalyse der HSK

bleibt mit den im Jahr 2001 ermittelten Risslängen weiterhin gültig. Der Kernmantel erfüllt auch im Betriebszyklus 2001/02 seine betrieblichen und sicherheitstechnischen Aufgaben. Die Prüfungen ausgewählter Längsnähte des Kernmantels, eines Zugankers und anderer Kerneinbauten zeigten einen einwandfreien Zustand dieser Bauteile. Mit einem speziellen Verfahren, dem so genannten NMCA-Verfahren, werden sowohl Edelmetalle (Pt und Rh) in einer chemischer Komplexform als auch eine geringe Menge an Wasserstoff in den Reaktorkreislauf eingespeist. Die daraus resultierende katalytische Reaktion soll die Reaktoreinbauten vor Spannungsrisskorrosion schützen. Der bisherige Erfolg der einjährigen NMCA-Wasserchemiefahrweise muss eher als gering bewertet werden. Jedoch kann eine definitive Bewertung des Verfahrens und seines Erfolges bei der Risswachstumsbegrenzung bzw. Rissprävention erst nach einigen Betriebszyklen vorgenommen werden.

Prüfungen an Rohrleitungen: Die Werkstoffprüfungen der Umwälz-, Kernsprüh- und Frischdampfleitungen ergaben keine unzulässigen Anzeigen. Die Prüfung der Wandstärken bei Speisewasser- und Frischdampfleitung verlief ebenfalls ohne Befunde.

Dichtheitstest bei Speisewasserrückschlagventilen: Nach verschiedenen aufwändigen Änderungs- und Instandhaltungsarbeiten wurden die spezifizierten Dichtheitswerte der gedämpften Speisewasserventile erreicht.

Prüfungen an elektrischen Ausrüstungen: Die Entladetests der Batterien bestimmter Stränge sowie verschiedene Prüfungen am Reaktorschutzsystem verliefen ohne Beanstandung. Ebenso ergaben 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 und Komponenten gezeigt.

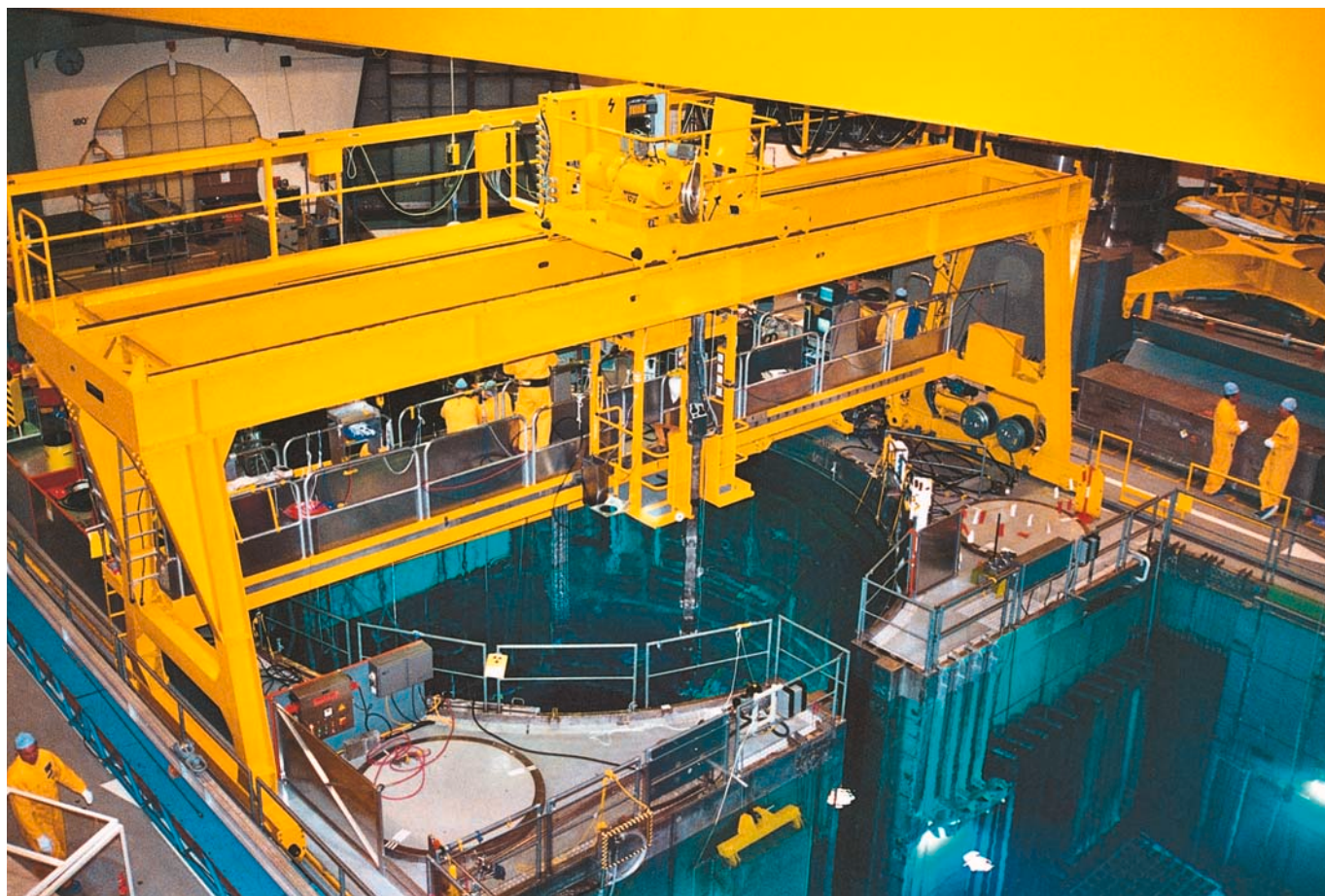
Die Stillstandsarbeiten wurden unter Einhaltung einer gewohnt hohen Qualität und unter Beachtung der Strahlenschutzvorgaben geplant und durchgeführt.

2.2.3 Anlagenänderungen

Nach den umfangreichen Instandhaltungsarbeiten im Jahr 2000 standen für 2001 wenige Änderungen bei den mechanischen und elektrischen Ausrüstungen an. Folgende sind erwähnenswert:

Arbeiten am geöffneten Reaktor während des Revisionsstillstands.

Foto: KKM



Austausch der Gleitringdichtungen bei der Reaktorwärmepumpe B: Aufgrund der positiven Erfahrungen mit den neuen Gleitringdichtungen bei der Reaktorwärmepumpe A, welche im Jahr 2000 ersetzt worden waren, ist nun auch die Dichtungspackung bei der Reaktorwärmepumpe B gewechselt worden. Ein Hauptgrund für diese Instandhaltungsarbeit sind die verlängerten Standzeiten der neuen Dichtungen und der damit erhöhte Widerstand gegen Leckagen.

Entfernung von Testeinrichtungen für Vakuumbrecher zwischen Drywell und Torus: Für die Gängigkeitsprüfung der vier Vakuumbrecherklappen zwischen Drywell und Torus war eine vom Torussteg aus steuerbare pneumatische Testvorrichtung eingebaut. Die Erfahrung hat jedoch gezeigt, dass diese Testvorrichtung während des Betriebs nicht notwendig ist. Deshalb wurden die Testvorrichtungen und die zugehörigen Steuerluftleitungen entfernt. Die vier schlecht prüfbar Torusdurchführungen wurden definitiv verschlossen. Die Funktionstests der Vakuumbrecherklappen werden nun während des Stillstandes manuell vorgenommen.

Neue Drehzahlsteuerung der Speisewasserpumpenmotoren: Im Zusammenhang mit einer höheren Verfügbarkeit wurde der bisher einfach vorhandene Rechner zur Drehzahlsteuerung bei den Speisewasserpumpenmotoren A und B jeweils durch zwei redundante Rechner einer neuen Generation ersetzt. Dadurch wird eine geringere Störfallanfälligkeit der Speisewasserpumpensteuerung erreicht, welche auch sicherheitstechnisch von Vorteil ist.

Ersatz und Umplatzierung von Messumformern: Erwähnenswert ist auch der Ersatz der Messumformer der temperaturkompensierten Messung des Reaktorwasserniveaus im RDB durch qualifizierte Geräte. Durch die Umplatzierung dieser Umformer vom Reaktorgebäude ins Betriebsgebäude können zudem die vorgeschriebenen Instandhaltungsarbeiten und Prüfungen mit weniger Personendosis durchgeführt werden.

Neues Prozess-Visualisierungs-System: Innerhalb der letzten Jahre wurde im KKM ein Prozess-Visualisierungs-System (PVS) auf der Basis eines neuen Prozessrechners installiert. Das PVS dient als Ersatz des ursprünglichen Emergency Response Information System (ERIS). Die Hauptaufgabe des PVS ist die systematische, übersichtliche und daher schnell erfassbare Bildschirmdarstellung der Prozess- und Reaktorkennwerte für den Normalbetrieb.

Diese Darstellungen erfolgen im Hauptkommandoraum und in den Notfallräumen. Bei einem Störfall erfüllt das System zudem die behördliche Forderung nach einem Safety Parameter Display System (SPDS). Neu wurde dabei gegenüber dem ERIS die übersichtliche optische Sammel-Alarmierung bei der Verletzung von Schutzzielefunktionen nach dem Stand der Technik ergänzt. Das Projekt erstreckte sich über mehrere Projektphasen und konnte im Jahr 2000 dem Betrieb übergeben werden. Im Jahr 2001 wurden noch verschiedene Verbesserungen, wie z.B. weitere Bildsätze und Anzeigeverbesserungen, vorgenommen.

2.2.4 Brennelemente und Steuerstäbe

Geringe Aktivitätskonzentrationen im Reaktorwasser und im Abgas aus den Turbinenkondensatoren ließen den Schluss zu, dass bis zum Brennelementwechsel 2001 keine Brennstab-Hüllrohrdefekte aufgetreten sind. Erhöhte Edelgasaktivitäten, die gegen Jahresende im Abgas gemessen wurden, deuten auf einen Brennstoffschaden im laufenden 29. Zyklus (2001/02) hin. Für diesen Zyklus wurden von den 240 Brennelementen des Kerns 40 durch neue Brennelemente mit einer 10×10-Brennstabanordnung ersetzt.

Um das Betriebsverhalten der Brennelemente bei höherem Abbrand und den Einfluss der Edelmetallzugabe (NMCA) zum Reaktorwasser auf die Brennelemente zu prüfen, wurden während des Revisionsstillstands zwölf Brennelemente mit unterschiedlichen Einsatzzeiten mit einer Unterwasservideokamera inspiziert; an sechs dieser Brennelemente wurden zudem Dimensionsmessungen vorgenommen. Alle inspizierten Brennelemente befinden sich in einem guten Zustand. Während des Revisionsstillstands wurden keine Steuerstäbe ersetzt.

2.3 Strahlenschutz

2.3.1 Schutz des Personals

Im Kalenderjahr 2001 (Daten für 2000 in Klammern) wurden im KKM folgende Kollektivdosen ermittelt:

Aktionen	Kollektivdosis Personen-Sv	
Revisionsstillstand	0,54	(0,36)
Leistungsbetrieb	0,38	(0,43)
gesamte Jahreskollektivdosis	0,92	(0,79)

Die Jahreskollektivdosis hat im Berichtsjahr wieder einen tiefen Wert erreicht, wobei die höchste im KKM akkumulierte Individualdosis 9,8 mSv (9,5 mSv) betrug und unter dem Dosisgrenzwert der Strahlenschutzverordnung für beruflich strahlenexponierte Personen von 20 mSv pro Jahr lag. Nähere Angaben sind aus den Tabellen A5 bis A10 und den Figuren A5 bis A8 ersichtlich.

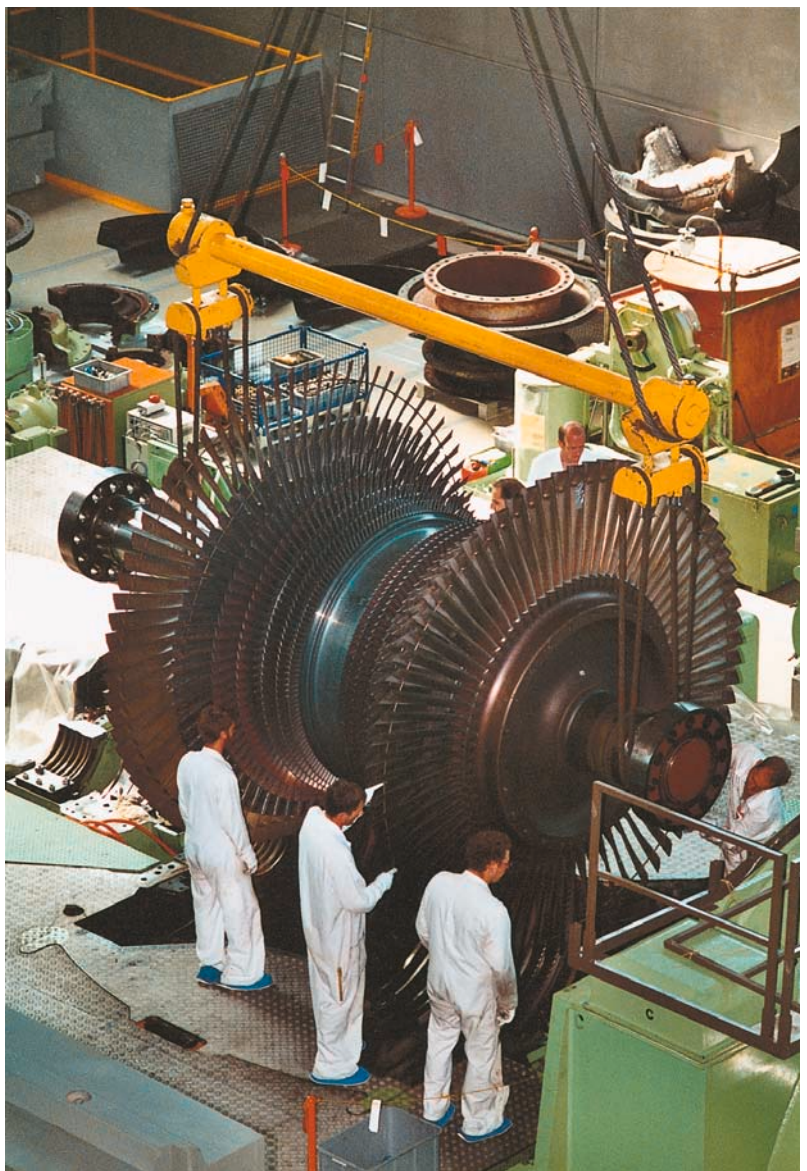
Während der gesamten Berichtsperiode ist keine Personenkontamination aufgetreten, die nicht mit den üblichen Mitteln (Händewaschen, Duschen) entfernt werden konnte. Die Inkorporationsüberwachung mittels Triagemessung ergab keinen Hinweis auf Inkorporationen.

Die mittlere Dosisleistung an den Umwälzleitungen ist im Vergleich zum Vorjahr deutlich gesunken und betrug im Stillstand des Berichtsjahres 1,82 mSv/h gegenüber 4,61 mSv/h im Jahr 2000. Dies wird auf eine durch Einspeisung von Edelmetallen und Wasserstoff geänderte Wasserchemie zurückgeführt. Dadurch wird der dosismindernde Effekt, der durch die in den vergangenen Jahren im Reaktorkern ausgetauschten kobalthaltigen Komponenten eingeleitet wurde, verstärkt. Eine Veränderung der Dosisleistung in diesem Ausmass wurde nicht erwartet, und deshalb muss der gesamte Primärkreislauf auch in Zukunft u.a. bezüglich Aktivitätsverlagerungen genau beobachtet werden. Tiefe Dosisleistungen im Drywell wirken sich bei den Revisionsarbeiten auf die Strahlenexposition des Personals günstig aus. Zur weiteren Reduktion der Strahlenexposition des Personals wurden in diesem Bereich die bewährten, temporären Standardabschirmungen aus Bleiblechen (insgesamt etwa 75 t) aufgebaut.

In der Anlage traten im Jahr 2001 keine unzulässigen Kontaminationen auf, wie laufend durchgeführte Kontrollmessungen der Raumluft und an Oberflächen bestätigten. Insbesondere profitiert das KKM davon, dass seit vielen Jahren keine Brennstabschäden aufgetreten sind. Dieser Umstand führt zu tiefen Kontaminationswerten im Frischdampf- und im Speisewassersystem, was sich günstig auf Arbeiten im Maschinenhaus auswirkt.

Die Revisionsarbeiten wurden wie gewohnt strahlenschutztechnisch sorgfältig geplant und vorbereitet. Sämtliche Arbeiten wurden mit einer laufend nachgeführten arbeitsbezogenen Dosimetrie begleitet.

Während der Berichtsperiode sind keine nach der HSK-Richtlinie R-15 meldepflichtigen radiologischen Vorkommnisse verzeichnet wor-



Rotor einer Niederdruckturbine.

Foto: KKM

den. Die HSK überzeugte sich anlässlich mehrerer Inspektionen davon, dass im KKM ein moderner und effektiver Strahlenschutz praktiziert wird.

2.3.2 Abgaben an die Umwelt und Direktstrahlung

Die Grenzwerte für die Abgaben radioaktiver Stoffe aus dem KKM, die Jahresabgaben 2001 sowie die daraus auf der Grundlage der HSK-Richtlinie R-41 rechnerisch ermittelten Dosiswerte für Einzelpersonen in der Umgebung sind in Tabelle A4a dargestellt. Die radioaktiven Abgaben über die Abluft in Form von Aerosolen, Jod und Edelgasen lagen deutlich unterhalb der in der Betriebsbewilligung festgelegten Grenzwerte. Die gleiche Aussage gilt auch beim Abwasser für Tritium und für die übrigen radioaktiven Abgaben. Tabelle A4b zeigt den Verlauf der Abgaben von Edelgasen und Jod

über die Abluft resp. für Tritium und übrige radioaktive Stoffe über das Abwasser während der letzten fünf Jahre. Abgabewerte unter 1% des Abgabegrenzwertes werden nicht ausgewiesen.

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 KKM berechnet. Sie liegt, unter Berücksichtigung der Ablagerungen radioaktiver Aerosole am Boden aus dem Jahre 1986, bei etwa 0,0063 mSv für Erwachsene und 0,0058 mSv für Kleinkinder und damit deutlich unterhalb des Dosisrichtwerts von 0,2 mSv/Jahr gemäss HSK-Richtlinie R-11. Der Anteil an den errechneten Dosen aufgrund der Abgaben im Jahr 2001 liegt für Erwachsene und für Kleinkinder bei 0,001 mSv. Artikel 5 und 6 der Strahlenschutzverordnung besagen, dass Tätigkeiten, die für die betroffenen Personen zu einer effektiven Dosis von weniger als 0,01 mSv pro Jahr führen, in jedem Fall als gerechtfertigt und optimiert gelten. Das bedeutet, dass keine weiteren Anstrengungen zur Verminderung der radioaktiven Abgaben und der daraus resultierenden Dosis für die Bevölkerung notwendig sind.

Obwohl die gemessenen flüssigen Gesamtabgaben an die Aare nur wenig höher waren, ergab sich bei den durch die EAWAG durchgeführten Messungen in Aaresedimenten bei Hagneck bei drei Monatsproben insbesondere für Kobalt-60 eine signifikant höhere Aktivitätskonzentration als im Vorjahr. Die Aktivitätskonzentration lag aber deutlich unterhalb der Freigrenze nach Anhang 3 der Strah-

lenschutzverordnung. Diese Erhöhung ist auf verschiedene Faktoren zurückzuführen, die zurzeit untersucht werden. So hat sich, wie im folgenden Abschnitt 2.3.3 beschrieben, die Verteilung von partikulär gebundener zu im Wasser gelöster Aktivität infolge der Wasserstoffeinspeisung geändert. Radiologisch stellt eine Aktivitätskonzentration im Sediment in der gemessenen Höhe keine Gefährdung für Mensch und Umwelt dar.

Die Dosisleistungs-Messsonden des von der HSK betriebenen Messnetzes (MADUK) in der Umgebung des KKM ergaben keine durch den Betrieb der Anlage erhöhten Werte (siehe Figur A10). Im Nahbereich eines Siedewasserreaktors ist die Ortsdosisleistung durch Direkt- und Streustrahlung aus dem Maschinenhaus erhöht. Beim KKM trägt auch das Abfalllager zu einer erhöhten Ortsdosis bei. Seit dem Jahre 2000 wird zum zusätzlichen Schutz der Reaktoreinbauten vor Korrosion Wasserstoff ins Speisewasser eingespeist (vgl. Kapitel 2.2.3). Dies bewirkt als Nebeneffekt eine grössere Flüchtigkeit des Stickstoffs, der mit dem Dampf aus dem Reaktor in die Turbine getragen wird. Dadurch ergibt sich durch die zusätzlichen Zerfälle des kurzlebigen Nuklids Stickstoff-16 eine Erhöhung der Dosisleistung im Maschinenhaus und am Zaun. In einer Messkampagne der HSK während des Stillstands und zu Beginn des Brennstoffzyklus 2001/02 wurden am Zaun Dosisleistungen zwischen 0,085 μ Sv/h (natürlicher Untergrund) und 0,52 μ Sv/h gemessen. Die höchste Dosisleistung trat jedoch nur während weniger Stunden auf. Im Wochenmittel ergaben sich Nettowerte von maximal 0,063 mSv pro Woche. Diese Werte liegen damit unterhalb des in der HSK-Richtlinie R-11 festgelegten Dosisrichtwerts von 0,1 mSv pro Woche. Die vom KKM ausgewerteten Thermolumineszenz-Dosimeter (TLD), die an mehreren Stellen am Zaun die Dosis messen, weisen für das Berichtsjahr einen Jahreshöchstwert von 2,4 mSv (inkl. natürlichem Untergrund von etwa 0,75 mSv) auf. Die 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 nach Art. 102 Absatz 3 der Strahlenschutzverordnung wurden somit auch im Berichtsjahr eingehalten.

2.3.3 Strahlenschutzinstrumentierung

Die Messgeräte zur Überwachung der Aktivitäts- und Strahlenpegel in der Anlage sowie der

Hochdruckturbine im geöffneten Zustand.

Foto: KKM



radioaktiven Abgaben an die Umwelt, die Personenmonitore und die Personendosimetriesysteme wurden von der HSK stichprobenweise inspiziert. Die HSK hat sich anhand der entsprechenden Prüfprotokolle und Dokumente des Betreibers und durch eigene Kontrollen in der Anlage davon überzeugt, dass die regelmässigen Überprüfungen der Messgeräte durch das Kraftwerkspersonal vorschriftsgemäss durchgeführt wurden und dass die Messgeräte einwandfrei funktionieren.

Anfang 2001 hat die HSK die gemäss Verordnung über die Personendosimetrie (Dosimetrieverordnung) geforderte Triage-Inkorporationsüberwachung im KKM freigegeben. Die Freigabe erfolgte aufgrund der vom KKM eingereichten Unterlagen und einer vom Paul Scherrer Institut (PSI) im Auftrag der HSK durchgeführten Studie betreffend Eigenschaften und Kalibrierung des betreffenden Thorax- und Schilddrüsenmonitors.

Zusätzlich zu den Triagemessungen hat KKM Ende 2000 einen Antrag auf Anerkennung als Inkorporationsmessstelle (Ganzkörper- und Schilddrüsen-Messplatz) eingereicht. Die notwendige Inspektion eines Experten des Institut de radiophysique appliquée (IRA, Lausanne) und der HSK fand im Dezember des Berichtsjahres statt. KKM konnte dabei die Einhaltung der Anforderungen der Dosimetrieverordnung zeigen, sodass einer Anerkennung nichts im Wege steht.

Zusätzlich zu den HSK-Inspektionen werden bestimmte Messsysteme jedes Jahr im Rahmen von Vergleichsmessungen, an denen weitere nationale Labors bzw. Messstellen teilnehmen, überprüft:

- Die vierteljährlichen Kontrollmessungen der HSK von Aerosol- und Jodfiltern sowie von Abgasproben zeigten eine zufriedenstellende Übereinstimmung der Ergebnisse der HSK mit den Werten des Kernkraftwerks Mühleberg. Bei den Monatsmischproben des Abwassers ergaben sich – insbesondere beim Kobalt-60 – grössere Abweichungen, welche mit dem KKM näher untersucht wurden. Dabei ergab sich, dass aufgrund der im Vergleich zu früher unterschiedlichen Wasserchemie (Wasserstoffeinspeisung, siehe Kapitel 2.2.2) und allenfalls wegen der durchgeführten Aufarbeitung von Altharzen ein höherer partikulär gebundener Anteil von Kobalt-60 im Abwasser vorhanden ist. Die Unterschiede bei der Messung sind dann als Folge von Sedimentationseffekten im Mess-

gefäss und der unterschiedlichen verwendeten Messgeometrie zu erklären. Gegenmassnahmen (Verfestigung der Probe vor der Messung mit einer Industriegelatine) wurden eingeleitet und zeigten den gewünschten Erfolg, sodass im vierten Quartal die Messwerte zwischen KKM und HSK wiederum sehr gut übereinstimmten.

- An der von der Eidgenössischen Kommission für Strahlenschutz und Überwachung der Radioaktivität (KSR) organisierten, jährlich stattfindenden Vergleichsmessung für Personendosimetriestellen hat die Dosimetriestelle des KKM auch im Berichtsjahr wieder teilgenommen und den Nachweis der am Referenzpunkt erforderlichen Messgenauigkeit von $\pm 10\%$ erbracht.

2.4 Personal und Organisation

2.4.1 Organisation und Betriebsführung

Bei der BKW und im KKM kam es im Berichtsjahr zu einigen Organisationsanpassungen. KKM hat das Ressort Nuklearmaschinenteknik der bisherigen Abteilung Nukleartechnik in die Abteilung Maschinenteknik integriert. Die bisherige Abteilung Nukleartechnik wurde entsprechend ihren Aufgaben in Abteilung Überwachung umbenannt. Es wurde zudem eine neue Stabsstelle zur Bearbeitung der PSÜ geschaffen und dem Direktor unterstellt. Damit entspricht die Organisationsstruktur des KKM im Wesentlichen jener der übrigen schweizerischen Kernkraftwerke. Infolge der Restrukturierung der BKW wurde die Abteilung Kernbrennstoffe in das KKM integriert. Diese Massnahme erlaubt einen direkteren Kontakt zwischen den Betreibern der Anlage und den Spezialisten für die Kernausslegung.

Im Berichtsjahr wurde eine grössere Anzahl erfahrener Personen im Hinblick auf die Pensionierung durch ihre Nachfolger abgelöst. Um rechtzeitig einem möglichen Verlust an Fachkompetenz und Know-how zu begegnen, strebt KKM Überlappungszeiten für die Einarbeitung künftiger Stelleninhaber an, wodurch mittelfristig ein Anstieg des Personalbestandes zu verzeichnen ist. Die Werksbelegschaft ist deshalb bis Ende 2001 auf 294 Personen angestiegen (2000: 284).

KKM hat die Empfehlungen aus der OSART-Mission des Jahres 2000 sorgfältig analysiert, die entsprechenden Lehren daraus gezogen und im Berichtsjahr eine Reihe von Massnah-

men eingeleitet. Die HSK hat die Behandlung wichtiger OSART-Aspekte in ihrer eigenen Aufsichtsplanung berücksichtigt. KKM hat inzwischen die Empfehlungen der IAEA-OSART nahezu vollständig durch entsprechende Massnahmen umgesetzt. Eine Nachprüfung durch das OSART-Team ist für Juni 2002 geplant.

Dem sicheren Betrieb des KKM wird auch bei voranschreitender Elektrizitätsmarktöffnung oberste Priorität beigemessen. Die erfolgte Straffung und Optimierung des Revisionsstillstandes hat keinen Einfluss auf Periode und Intensität der bestehenden Instandhaltungsprogramme. Nach fast 30-jähriger Betriebserfahrung des KKM werden gewisse Prüfintervalle kritisch hinterfragt und sind gegebenenfalls anzupassen. Auch wird der verstärkte Einsatz von bewährten Verfahren zur zustandsorientierten Instandhaltung evaluiert.

2.4.2 Personal und Ausbildung

Im Berichtsjahr wurden im KKM unter Aufsicht der HSK drei Pikettingenieure und zwei Schichtchefs lizenziert. Das Vorgehen ist in R-27 geregelt. Ein Mitarbeiter des KKM, welcher für eine Kaderposition vorgesehen ist, absolvierte erfolgreich die Lizenzprüfung als Reaktoroperateur der Stufe B. In Tabelle A2 ist der Bestand an lizenzpflichtigem Personal dargestellt. Die Anerkennung des Strahlenschutzpersonals erfolgt durch die HSK entsprechend der Strahlenschutz-Ausbildungsverordnung (SR 814.501.261) und der HSK-Richtlinie R-37.

Die Aus- und Weiterbildung des Schichtpersonals erfolgte gemäss Jahresprogramm in verschiedenen Ausbildungsveranstaltungen und am Simulator des KKM, der neu auch die Generatorkühlung simulieren kann. Während der neun Tage des Wiederholungstrainings am Simulator für das lizenzierte Schichtpersonal wurden auch die Pikettingenieure einbezogen. Für die Reaktoroperateure der Stufe B fanden erstmals spezielle Trainings statt, die das selbständige Arbeiten fördern. Im Rahmen des achtjährigen Zyklus der theoretischen Wiederholungsschulung an der Reaktorschule des PSI vertiefte das lizenzierte Schichtpersonal seine Kenntnisse auf dem Gebiet der Chemie. Dabei wurden insbesondere die für KKM aktuellen Themen Wasserstoff- und Edelmetalleinspeisung behandelt.

In einer grossen Anzahl von Kursen aktualisierten Angehörige aller Abteilungen ihr Fachwissen, erweiterten ihre praktischen Fähigkeiten, bildeten sich im Strahlenschutz weiter und schulten ihre Persönlichkeit. Besonders erwähnt sei die methodisch-didaktische Schulung von Referenten.

2.5 Gesamteindruck aus der Sicht der HSK

Der Zustand der Anlage Mühleberg in Bezug auf die nukleare Sicherheit und den Strahlenschutz sowie die Betriebsführung ist gut. Es ist im Jahr 2001 ein zu klassierendes meldepflichtiges Vorkommnis aufgetreten, welches nur geringe sicherheitstechnische Bedeutung hatte.

Die Kontrollen am Kernmantel und an einem Zuganker haben gezeigt, dass durch die vorhandenen Risse keine Einschränkung der betrieblichen Sicherheit besteht.

Im Rahmen ihrer Aufsicht hat die HSK während des Berichtsjahres rund 65 Inspektionen durchgeführt, wovon etwa die Hälfte während des Revisionsstillstandes stattgefunden hat. Schwerpunkte der Inspektionen waren der Bereich Betrieb, der Strahlenschutz, die Wiederholungsprüfungen und die Edelmetall- und Wasserstoffeinspeisung. Die Ergebnisse der Inspektionen wurden dem Betreiber mitgeteilt und erkannte Verbesserungsmassnahmen von ihm umgesetzt.

Die Empfehlungen der IAEA-OSART-Mission wurden nahezu vollständig umgesetzt. Eine Nachprüfung findet im Juni 2002 statt.

Auf dem Gebiet des Strahlenschutzes zeigten die dosisreduzierenden Massnahmen weitere Erfolge. Gemessen am Arbeitsumfang konnte die Kollektivdosis (Eigen- und Fremdpersonal) im KKM wieder tief gehalten werden. Zusammenfassend kommt die HSK zum Schluss, dass im KKM ein guter, zweckmässiger und effektiver Strahlenschutz betrieben wird.

Die Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umgebung lagen deutlich unterhalb der behördlich festgelegten Grenzwerte. Damit ergab sich eine unbedeutende Strahlendosis für die Bevölkerung.

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 A1 und B3 des Anhangs zusammengestellt; Figur B1 zeigt das Funktionsschema einer Druckwasserreaktoranlage.

Das KKG erreichte im Betriebsjahr 2001 eine Arbeitsausnutzung von 93,3% und eine Zeitverfügbarkeit von 93,7%. Der geplante Revisionsstillstand dauerte 22 Tage und ist damit Hauptursache der Nichtverfügbarkeit der Anlage. Im Berichtsjahr lieferte die Anlage 177 GWh Prozesswärme für die Versorgung der nahe gelegenen Kartonfabrik.

Die Zeitverfügbarkeiten und die Arbeitsausnutzungen der letzten zehn Jahre sind in Figur A1 dargestellt.

Der Anlagebetrieb wurde durch drei ungeplante Lastreduktionen beeinträchtigt. Im Maschinenhaus trat an einer Entwässerungsleitung der Frischdampfleitung eine Dampfleckage auf. Für die Befundaufnahme und die Reparatur wurde die Anlage abgefahren, die Betriebsunterbrechung dauerte etwa 26 Stunden.

Aufgrund erhöhter Algenbildung an den Einlaufrechen des Kühlturmkreislaufes ergab sich eine Abschaltung einer Kühlwasserpumpe. Es erfolgte erwartungsgemäss eine automatische Lastabsenkung. Nach der Ursachenabklärung und deren Behebung konnte die Anlage nach 1,5 Stunden wieder mit Volllast betrieben werden.

Infolge einer Störung in der Steuerung der Schaltanlage der ATEL öffnete der Blockschalter. Dadurch wurde die Stromableitung an das Verbundnetz unterbrochen und das KKG auf Inselbetrieb (Eigenbedarf) umgeschaltet. Alle für diesen Fall vorgesehenen Massnahmen wur-

Auf Inspektion im KKG.
Vorne links mit brauner Jacke: der neue HSK-Direktor U. Schmocker.
Vorne rechts mit hellem Hemd: der auf Ende 2001 in Pension getretene HSK-Direktor W. Jeschki.

Foto: KKG



den automatisch eingeleitet und funktionierten erwartungs- und auslegungsgemäss. Die Anlage konnte nach drei Stunden wieder hochgefahren und ans Netz rückgekoppelt werden.

Im Berichtszeitraum erfolgte keine ungeplante Reaktorschnellabschaltung. Dies ist bereits das elfte Jahr in Folge ohne Reaktorschnellabschaltung und bedeutet im weltweiten Vergleich ein herausragendes Ergebnis.

3.2 Anlagensicherheit

3.2.1 Besondere Vorkommnisse

Aufgrund der Richtlinie R-15, Berichterstattung über den Betrieb von Kernkraftwerken, wurden vier Vorkommnisse der Klasse B bzw. der Stufe 0 gemäss der internationalen Bewertungsskala INES zugeordnet (siehe Anhang Tabelle B2).

- Anlässlich einer periodischen Funktionsprüfung startete ein Notstromdieselmotor nicht. Als Ursache konnte eine defekte Elektronikarte ermittelt werden. Nach deren Austausch konnte die Prüfung erfolgreich durchgeführt werden.
- Bei einer periodischen Funktionsprüfung eines Notstanddieselmotors öffnete nach dem korrekten Anlaufen des Diesels der Netzschalter nicht. Eine Störung am Leistungsschalter war die Ursache. Nach dem Austausch des Schalters konnte die Prüfung erfolgreich wiederholt werden.
- Bei der periodischen Funktionsprüfung der Umschaltautomatik zur Spannungsversorgung einer Notstandschiene blieb diese aufgrund eines defekten Schaltschützes für kurze Zeit spannungslos. Nach dem Austausch des Schützes konnte die Prüfung erfolgreich durchgeführt werden.
- Nach der Funktionsprüfung eines Notstanddieselmotors ist aufgrund eines Bedienungs- und Schaltungsfehlers die Rückschaltung auf die normale Stromeinspeiseversorgung nicht gelungen. Dies hatte zur Folge, dass die Notstandstromschiene für kurze Zeit spannungslos blieb. Nach der Ursachenabklärung wurde die Prüfung erfolgreich wiederholt.

Die Vorkommnisse lassen sich auf technische Mängel zurückführen. Das letztbeschriebene Vorkommnis war auch durch menschliche Fehlhandlung bedingt.

Die klassierten Vorkommnisse der letzten zehn Jahre sind in den Figuren A3a und A3b dargestellt.

3.2.2 Arbeiten während des Stillstands zum Brennelementwechsel

Im Stillstand vom 7. bis 29. Juli 2001 wurden die geplanten Tätigkeiten wie Brennelementwechsel, Instandhaltungs- und Änderungsarbeiten, Wiederholungs- und Funktionsprüfungen, zerstörungsfreie Werkstoffprüfungen und Inspektionen ausgeführt. Einige wichtige Arbeiten seien explizit genannt:

- Beim Abfahren der Anlage wurde die neue Prozessrechneranlage im Parallelbetrieb mit der bisherigen Prozessrechneranlage einer umfassenden, erfolgreich verlaufenen Prüfung unterzogen.
- Durch Tests während des Abfahrens wurde nachgewiesen, dass die Frischdampf- und Druckhaltersicherheitsventile innerhalb der vorgegebenen Druckbereiche öffnen und schliessen. Wo nötig wurden die Einstellwerte der Vorsteuerventile nachgestellt.
- Die Leckratenprüfung der Sicherheitshülle verlief erfolgreich, das Resultat lag bei knapp der Hälfte des zulässigen Wertes.
- Die Kerneinbauten im Reaktordruckbehälter wurden mittels einer ferngesteuerten Kamera einer umfassenden visuellen Prüfung unterzogen; zusätzlich wurde ein Teil der Kernumfassungs- und Kernbehälterschrauben mit Ultraschall untersucht. Die Prüfungen zeigten einen guten Zustand der Kerneinbauten.
- Der 1995 festgestellte Defekt an der Innenplattierung des Reaktordruckbehälters wurde visuell geprüft, wobei sich keine wesentlichen Veränderungen gegenüber den damaligen Prüfergebnissen zeigten.
- An der Hauptkühlmittelpumpe 20 wurden die Dichtungen ausgetauscht und die Pumpenwelle mit Ultraschall geprüft und als in Ordnung befunden.
- An Hauptkühlmittelleitungen, Hauptkühlmittelpumpe 10, Dampferzeuger 30 und Volumenausgleichsleitung fanden umfangreiche Ultraschall- und Oberflächenrissprüfungen statt, die keine sicherheitsrelevante Befunde ergaben.
- Bei einer Schweissnaht im Übergangsbereich von der Volumenausgleichsleitung zur Hauptkühlmittelleitung des Primärkreislaufs ergab sich 1995 bei der Ultraschallprüfung eine Anzeige, die einen Riss nicht ausschliessen lässt. Seit 1997 wird dieser Bereich mit einer elektrischen Potenzialsonde überwacht, deren Überwachungsdaten im Zyklus 2000/01 keinen Hinweis auf ein Risswachstum ergaben. Die früher vorgelegte, unter konservati-

ven Annahmen durchgeführte bruchmechanische Bewertung bleibt gültig.

- Der Strang 1 der elektrischen Anlagen wurde einer grossen Revision unterzogen. Für den zentralen Erdungspunkt fand die periodische Prüfung statt und ergab gute Resultate.
- Die Prüfungen in der Steuerungs- und Leittechnik sowie des Reaktorschutzsystems zeigten nur wenige Befunde, die alle umgehend behoben werden konnten.

Insgesamt zeigten die durchgeführten Inspektionen und Prüfungen gute Resultate; es ergaben sich keine Befunde, die den sicheren Betrieb der Anlage im Betriebszyklus 2001/02 tangieren würden.

Die Stillstandsarbeiten wurden unter Einhaltung einer gewohnt hohen Qualität und unter Beachtung der Strahlenschutzvorgaben geplant und durchgeführt.

3.2.3 Anlagenänderungen

Im Berichtsjahr sind folgende wesentlichen Änderungen durchgeführt worden:

- Das Schwingungsverhalten des Generators wurde durch eine verbesserte Abstimmung des Statorteiles auf dem Fundament verbessert.
- Im Jahr 2000 zeigten die Versuche, dass die Armaturen der Frischdampf-Abblaseregventile relativ grosse Stellkräfte benötigten. Durch Vergrösserung der Druckentlastungsbohrungen in der Kegelpatte und durch die Verwendung von Stellite als Werkstoff für die Führungsbüchsen konnten die erforderlichen Stellkräfte im Berichtsjahr erheblich vermindert werden.
- Der Grenzwert für die Reaktorschutzauslösung zur Umschaltung vom Flutsignal auf das Sumpfsignal wurde erhöht. Damit würde bei einem Kühlmittelverluststörfall die Abfuhr der Nachzerfallwärme zu einem früheren Zeitpunkt als bisher vom Flutbetrieb auf den Sumpfbetrieb umgeschaltet. Mit dieser Massnahme wird die Störfallbeherrschung verbessert.
- Der mehrmonatige Parallelbetrieb der neuen Prozessrechneranlage und der alten Anlage umfasste das Abfahren der Anlage zum Stillstand 2001, den Stillstand selber, das Wiederanfahren, die erste Strangrevision im Oktober und mehrere Monate stabiler Leistungsbetrieb. Gestützt auf die positiven Ergebnisse des Parallelbetriebs wurde Ende Jahr von der HSK die Betriebsfreigabe für die neue Prozessrechneranlage erteilt.

Im Rahmen der periodischen Sicherheitsüberprüfung wurden nachfolgend beschriebene Nachrüstungen umgesetzt:

- Im Notstandleitstand: Drucktaste zur Handauslösung der Reaktorschnellabschaltung, Anzeige von Druck und Wasserniveau im Dampferzeuger 20 sowie analoge Niveaumessung der Deionatbecken. Eine Überwachung der Stellung der Frischdampfsicherheitsventile über Lautsprecher (das Abblasen ist gut hörbar) wurde installiert und während des Abfahrens zum Stillstand getestet.
- Im Hauptkommandoraum wurde die Störfallinstrumentierung durch eine neue Anzeige einer störfallfesten Druckmessung der Dampf-



erzeuger auf der Sekundärseite und durch einen Schreiber zur Aufzeichnung des Wasserniveaus und der Sumpftemperatur im Containment nachgerüstet.

- Im Schaltanlagegebäude begannen die Arbeiten für die Ertüchtigung von nichttragenden Brandschutzmauern gegen Erdbebenlasten. Die HSK hatte in ihrer PSÜ festgestellt, dass es bei einem schweren Erdbeben zum Einstürzen dieser Zwischenwände kommen kann. Hierdurch könnten sicherheitsrelevante elektrische Komponenten zerstört werden. Die erste Nachrüstetappe wurde im November 2001 abgeschlossen. Die vollständige Ertüchtigung wird im Jahr 2002 abgeschlossen.
- Die Nachrüstung der Kommandoraumdecke zur Erhöhung der Erdbebensicherheit befand sich im Berichtsjahr in der Planungsphase, die Umsetzung wird 2002 erfolgen. Die Erdbebensicherheit der Kommandoraumdecke

**Inspektoren
der HSK.**

Foto: KKG

dient sowohl dem Schutz des Betriebspersonals als auch der Bedienpulte vor Beschädigungen.

3.2.4 Brennelemente und Steuerstäbe

Die niedrigen Aktivitäten im Reaktorkühlmittel lassen den Schluss zu, dass im Berichtsjahr keine Brennstab-Hüllrohrschäden aufgetreten sind. Für den 23. Betriebszyklus (2001/02) wurden während des Revisionsstillstandes 36 von insgesamt 177 Brennelementen durch neue ersetzt. Darunter befanden sich 20 Uran-Plutonium-Mischoxid-(MOX)-Brennelemente (Hersteller: Belgonucléaire). Insgesamt sind im 23. Betriebszyklus im Kern 64 MOX-Brennelemente eingesetzt, womit die maximal zulässige Anzahl von MOX-Brennelementen erreicht ist. Die Brennstäbe der nachgeladenen Brennelemente haben Hüllrohre, deren Oberfläche mit einer korrosionshemmenden Schutzschicht versehen sind.

Zur Untersuchung des Brennstabverhaltens bei höherem Abbrand wurden weiterhin 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 Durchmesser- und Wirbelstromprüfung auf Hüllrohrbeschädigungen untersucht. Aufgrund der Messergebnisse wurden 20 Steuerstäbe durch neue oder durch solche ersetzt, die bereits früher eingesetzt waren und gemäss der durchgeführten Prüfung noch funktionstüchtig sind.

3.2.5 Periodische Sicherheitsüberprüfung (PSÜ)

Gegen die im Rahmen der PSÜ von der HSK erlassenen Verfügung betreffend Nachrüstmassnahmen erhob das Kernkraftwerk Gösgen im Januar 2000 beim Eidgenössischen Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) Beschwerde (siehe Jahresbericht 2000). Dieses hatte die Beschwerde behandelt und Ende Mai 2001 abgeschlossen. Alle Forderungen der HSK wurden, teilweise nach Klärung und Präzisierungen, vom Betreiber akzeptiert. Für die Umsetzung von vier bis zuletzt strittigen Punkten konnten sich die Parteien einigen. Bei drei dieser Punkte hat das KKG eigene, den HSK-Forderungen sinnngemässe Vorschläge gemacht; bei einer Forderung

(Füllstandsmessung im Reaktordruckbehälter) wird der Betreiber nochmals eine vertiefte Stellungnahme ausarbeiten. Die HSK hat zusätzlich eine unabhängige Stellungnahme in Auftrag gegeben. Beide Stellungnahmen bilden dann die Grundlage für eine endgültige Entscheidung.

3.3 Strahlenschutz

3.3.1 Schutz des Personals

Im Kalenderjahr 2001 (Daten für 2000 in Klammern) wurden im KKG folgende Kollektivdosen ermittelt:

Aktionen	Kollektivdosis Personen-Sv	
Geplanter Stillstand	0,43	(0,38)
Leistungsbetrieb	0,11	(0,14)
gesamte Jahreskollektivdosis	0,54	(0,52)

Die Jahreskollektivdosis ist, gemessen am Arbeitsumfang, sehr tief. Die höchste während der Berichtsperiode im KKG akkumulierte Individualdosis betrug 12,3 mSv (11,1 mSv) und lag unter dem Dosisgrenzwert der Strahlenschutzverordnung für beruflich strahlenexponierte Personen von 20 mSv pro Jahr. Nähere Angaben sind aus den Tabellen A5 bis A10 und den Figuren A5 bis A8 ersichtlich.

Während der Revision 2001 wurde bei einer Person eine leichte Inkorporation festgestellt. Nach rund 24 Stunden war mit den Personenmonitoren beim betroffenen Mitarbeiter kein Hinweis auf diese Inkorporation mehr gegeben. Die durch diese Inkorporation verursachte Dosis ist gering und beträgt weniger als 0,1 mSv. Die routinemässige Inkorporationsüberwachung ergab ausser in diesem Fall keine weiteren Personenkontaminationen, die mit den üblichen Mitteln (Händewaschen, Duschen) nicht unmittelbar entfernt werden konnten.

Die Dosisleistung an den Komponenten des Primärkreislaufs ist im Vergleich zu den Vorjahren annähernd gleich geblieben. Zur Reduktion der Strahlenexposition von Eigen- und Fremdpersonal wurden während der Revision temporäre Abschirmungen aus Bleiblechen (insgesamt etwa 8t) vorwiegend um Armaturen, Rohrleitungen und Behälter des Primärkreislaufs aufgebaut. An einigen schwer zugänglichen Orten wurden spezielle temporäre Abschirmungen angebracht.

In der Anlage traten keine unzulässigen Kontaminationen auf, wie laufend durchgeführte Kontrollmessungen der Luft und an Oberflächen bestätigten. Die Radioaktivitätskonzentration im Beckenwasser lag auf dem für defektfreien Brennstoff üblichen Niveau.

Während der Berichtsperiode sind keine meldepflichtigen radiologischen Vorkommnisse nach HSK-Richtlinie R-15 verzeichnet worden.

Die HSK überzeugte sich bei Inspektionen davon, dass im KKG ein guter und effektiver Strahlenschutz betrieben wird.

3.3.2 Abgaben an die Umwelt und Direktstrahlung

Die Grenzwerte für die Abgaben radioaktiver Stoffe aus dem KKG, die Jahresabgaben 2001 sowie die daraus auf der Grundlage der HSK-Richtlinie R-41 rechnerisch ermittelten Dosiswerte für Einzelpersonen in der Umgebung sind in Tabelle A4a dargestellt. Die radioaktiven Abgaben über die Abluft in Form von Aerosolen, Jod und Edelgasen lagen deutlich unterhalb der in der Betriebsbewilligung festgelegten Grenzwerte. Beim Abwasser gilt dies auch für die radioaktiven Abgaben ohne Tritium; die für Druckwasserreaktoren typischen Tritium-Abgaben des KKG betragen etwa 17% des Jahresgrenzwertes. Tabelle A4b zeigt den Verlauf der Abgaben von Edelgasen und Jod über die Abluft resp. für Tritium und übrige radioaktive Stoffe über das Abwasser während der letzten fünf Jahre. Abgabewerte unter 1% des Abgabegrenzwertes werden nicht ausgewiesen.

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 etwa 0,0029 mSv für Erwachsene und 0,0048 mSv für Kleinkinder deutlich unterhalb des Dosisrichtwerts von 0,2 mSv/Jahr gemäss HSK-Richtlinie R-11. Artikel 5 und 6 der Strahlenschutzverordnung besagen, dass Tätigkeiten, die für die betroffenen Personen zu einer effektiven Dosis von weniger als 0,01 mSv pro Jahr führen, in jedem Fall als gerechtfertigt und optimiert gelten. Das bedeutet, dass keine weiteren Anstrengungen zur Verminderung der radioaktiven Abgaben und der daraus resultierenden Dosis für die Bevölkerung notwendig sind.

Die Dosisleistungs-Messsonden des von der HSK betriebenen Messnetzes (MADUK) in

der Umgebung des Werkes ergaben keine durch den Betrieb der Anlage erhöhten Werte (siehe Figur A10). Die quartalsweise von der HSK durchgeführten Messungen an der Umzäunung des KKG zeigten keine signifikante Erhöhung über der Untergrundstrahlung. Dies wird auch durch die von KKG ausgewerteten Thermolumineszenz-Dosimeter (TLD) bestätigt, die an mehreren Stellen am Zaun des Kraftwerksareals die Dosis messen. Die 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 nach Artikel 102 Absatz 3 der Strahlenschutzverordnung wurden somit auch im Berichtsjahr eingehalten.

3.3.3 Strahlenschutzinstrumentierung

Die Messgeräte zur Überwachung der Aktivitäts- und Strahlenpegel in der Anlage sowie der radioaktiven Abgaben an die Umwelt und die Personenmonitore wurden von der HSK stichprobenweise inspiziert. Die HSK hat sich anhand der entsprechenden Prüfprotokolle und Dokumente des Betreibers und durch eigene Kontrollen in der Anlage davon überzeugt, dass die regelmässigen Überprüfungen der Messgeräte durch das Kraftwerkspersonal vorschriftsgemäss durchgeführt wurden und dass die Messgeräte einwandfrei funktionieren.

Im April hat KKG – wie von der HSK für alle Werke während mindestens eines Jahres verlangt – eine zusätzliche Probesammelstelle für die systematische Messung der Abgaben von Tritium und Radiokohlenstoff (C-14) über den Kamin in Betrieb genommen. Diese Messstelle dient der Beweissicherung und der Überprüfung der aufgrund der Reaktorleistung für die Dosisleistungsberechnungen angenommenen C-14- und Tritium-Abgaben. Für die Dosisberechnungen wurden bereits für das Berichtsjahr die vorhandenen Messwerte für C-14 verwendet, was zu einem im Vergleich mit den Vorjahren höheren Beitrag des C-14 führt (vgl. auch Kapitel 4, KKL).

Anfang 2001 hat die HSK die gemäss Verordnung über die Personendosimetrie (Dosismetrieverordnung) geforderte Triage-Inkorporationsüberwachung im KKG aufgrund der eingereichten Unterlagen freigegeben. Die Triagemessung erfolgt im KKG mittels der auch für die Kontaminationsüberwachung eingesetzten Ausgangs-Personenmonitore.

Zusätzlich zu den HSK-Inspektionen werden jedes Jahr bestimmte Messsysteme im

Rahmen von Vergleichsmessungen, an denen weitere nationale Labors bzw. Messstellen teilnehmen, überprüft:

- Die vierteljährlichen Kontrollmessungen der HSK und die halbjährlich durchgeführten Vergleichsmessungen der SUEr von Aerosol- und Jodfiltern sowie von Abwasserproben zeigten eine gute Übereinstimmung der Ergebnisse der HSK mit den Werten des Kernkraftwerks Gösgen.
- An der von der Eidgenössischen Kommission für Strahlenschutz und Überwachung der Radioaktivität (KSR) organisierten, jährlich stattfindenden Vergleichsmessung für Personendosimetriestellen hat die Dosimetriestelle des KKG auch im Berichtsjahr wieder teilgenommen und den Nachweis der am Referenzpunkt erforderlichen Messgenauigkeit von $\pm 10\%$ erbracht.

KKG hat das Qualitätsmanagement-System weiterentwickelt, sodass das System in den wesentlichen Teilen operativ ist und erste Audits durchgeführt werden konnten. KKG plant, dass das gesamte System im Jahr 2002 operativ ist. Das System wurde entsprechend den Vorgaben von IAEA Safety Series 50-C/SG-Q und ISO-9001 erstellt.

KKG hat an der Umsetzung der OSART-Empfehlungen weitergearbeitet. Die OSART-Nachprüfung wird im Frühjahr 2002 erfolgen.

Die nukleare Sicherheit hat bei KKG auch bei voranschreitender Elektrizitätsmarktöffnung weiterhin oberste Priorität. Die Situation am Elektrizitätsmarkt macht es notwendig, dass KKG Rationalisierungs- resp. Optimierungsmassnahmen ins Auge fasst. KKG hat deshalb ein internes Seminar zu Kostenbewusstsein und -optimierung durchgeführt. KKG beabsichtigt – im Gegensatz zu den anderen schweizerischen KKW – vorläufig keine Änderungen der Revisionspraxis, d.h. auch, dass die jährlichen Revisionsstillstände in etwa gleich bleiben. Die bestehende Instandhaltungsstrategie soll optimiert werden. Dazu werden vermehrt moderne zustandsorientierte Instandhaltungsstrategien evaluiert.

3.4 Personal und Organisation

3.4.1 Organisation und Betriebsführung

Die Organisation des KKG hat im Berichtsjahr keine Änderungen erfahren. Die Werksbelegschaft umfasste Ende Berichtsjahr 376 Personen (2000:377).

Inspektoren der HSK beim Schlussrundgang nach dem Revisionsstillstand.

Foto: KKG



3.4.2 Personal und Ausbildung

Im Berichtsjahr wurden im KKG keine Lizenzprüfungen des Schichtpersonals durchgeführt. Das Vorgehen ist in R-27 geregelt. Ein Hochschulabsolvent absolvierte im Rahmen seiner Ausbildung zum Pikettingenieur den Technikerlehrgang an der Reaktorschule und bestand die Abschlussprüfung. Er wies sich damit über die für die Ausbildung zum Pikettingenieur erforderlichen theoretischen Kenntnisse aus. In Tabelle A2 ist der Bestand an lizenzpflichtigem Personal dargestellt. Die Anerkennung des Strahlenschutzpersonals erfolgt durch die HSK entsprechend der Strahlenschutz-Ausbildungsverordnung (SR 814.501.261) und der HSK-Richtlinie R-37. Aufgrund der abgeschlossenen Ausbildung anerkannte die HSK im Berichtsjahr eine Person als Strahlenschutzfachkraft.

Die Aus- und Weiterbildung des Schichtpersonals erfolgte gemäss Jahresprogramm in verschiedenen Ausbildungsveranstaltungen. Der neue KKG-Simulator wurde im Berichtsjahr erstmals während des ganzen Jahres eingesetzt. Das Simulatortraining wurde weiter ausgebaut. Neu werden Teams von fünf Personen geübt, was den realistischen Einsatz in den ebenfalls simulierten Steuerstellen ausserhalb des Kommandoraums (Diesel, zweite Wasserfassung, Notstandsgebäude) ermöglicht. Pikettingenieure und Notfallstab wurden verstärkt am Simulator geschult. Im Rahmen des achtjährigen Zyklus der theoretischen Wiederholungsschulung an der Reaktorschule des PSI aktualisierte das lizenzierte Schichtpersonal seine Kenntnisse in den Gebieten Thermodynamik und Maschinenteknik. In Zusammenarbeit mit der Firma Siemens durchgeführte Kurse zur nuklearen Betriebspraxis dienten der Verbindung von Theorie (1999 durch die Reaktorschule des PSI geschult) und Praxis.

In einer grossen Zahl von Kursen bauten Angehörige aller Abteilungen ihr Fachwissen

aus, absolvierten Aus- und Weiterbildungen im Strahlenschutz, trainierten ihre praktischen Fähigkeiten und schulten ihre Persönlichkeit. Speziell genannt sei die Schulung des Notfallstabs auf dem Gebiet der Stabsarbeit.

3.5 Gesamteindruck aus der Sicht der HSK

Der Zustand der Anlage Gösgen in Bezug auf die nukleare Sicherheit und den Strahlenschutz sowie die Betriebsführung sind gut. Die vier klassierten Vorkommnisse hatten eine geringe Bedeutung für die nukleare Sicherheit.

Die HSK hat ihre Aufsicht u.a. durch Inspektionen bei Anlagenänderungen, Strangrevisionen, Wiederholungsprüfungen und dem Strahlenschutz während des ganzen Jahres wahrgenommen. Die rund 60 durchgeführten Inspektionen betrafen schwerpunktmässig den Revisionsstillstand und die Brennelement-Transporte. Die Ergebnisse der Inspektionen wurden dem Betreiber mitgeteilt und erkannte Verbesserungsmassnahmen von ihm umgesetzt.

Die aus der PSÜ resultierenden Verbesserungsmassnahmen werden von KKG bearbeitet. Die im Januar 2000 eingereichte Beschwerde des Kernkraftwerks Gösgen gegen die Verfügung der HSK konnte im Berichtsjahr abgeschlossen werden.

Die Jahreskollektivdosis für das Eigen- und Fremdpersonal erreichte einen sehr tiefen Wert. Zusammenfassend kommt die HSK zum Schluss, dass im KKG ein guter, zweckmässiger und effektiver Strahlenschutz betrieben wird. Die Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umgebung lagen weit unterhalb der behördlich festgelegten Grenzwerte. Damit ergab sich eine unbedeutende Strahlendosis für die Bevölkerung.

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 betrug im Jahr 2001 1145 MW. Weitere Daten des Werkes sind in den Tabellen A1 und B3 des Anhangs zu finden; Figur B2 zeigt das Funktionsschema einer Siedewasserreaktoranlage.

Aufgrund der Bewilligung des Bundesrates für die Leistungserhöhung hat das KKL im Juli 2001 den Antrag für die Freigabe der vierten und letzten Stufe der thermischen Leistung auf 3600 MW gestellt. Die HSK hat den Antrag geprüft und im Dezember 2001 freigegeben. Das KKL wird die maximale thermische Leistung von 3600 MW erst nach dem dafür erforderlichen Umbau der Hochdruckturbine im Revisionsstillstand 2002 erreichen.

Die Anlage KKL verzeichnete in ihrem 17. Betriebsjahr eine Arbeitsausnutzung von 90,8% und eine Zeitverfügbarkeit von 93,5%. Der Revisionsstillstand dauerte in diesem Jahr 24 Tage. Die Zeitverfügbarkeiten und die Arbeitsausnutzungen der letzten 10 Jahre sind in Figur A1 dargestellt.

Im Februar wurde die Leistung für einige Stunden auf 15% abgesenkt. Dadurch konnte die Ortsdosisleistung so weit reduziert werden, dass in der Sekundäranlage die erforderlich gewordene Reparatur der Regelventile im Kondensatablauf der Wasserabscheider-Sammelgefässe bei niedriger Strahlenexposition für das Personal durchgeführt werden konnte. Zudem fanden kurzzeitige Leistungsreduktionen für Funktionsprüfungen und Steuerstabmusteranpassungen sowie für Anfahrtests statt.

Im Berichtszeitraum erfolgte keine ungeplante Reaktorschnellabschaltung.

4.2 Anlagensicherheit

4.2.1 Besondere Vorkommnisse

Gemäss HSK-Richtlinie R-15, Berichterstattung über den Betrieb von Kernkraftwerken, wurden

sechs Vorkommnisse der Klasse B zugeordnet. Fünf dieser Vorkommnisse wurden der Stufe 0 und eines der Stufe 1 auf der internationalen Bewertungsskala INES zugeteilt (siehe Anhang Tabelle B2). Diese Vorkommnisse werden im Folgenden in chronologischer Reihenfolge dargestellt:

- Das erste Vorkommnis war eine Ölleckage am Notstand-Diesellaggregat 61, die aufgrund einer defekten Dichtung beim monatlichen Testlauf auftrat. Der Testlauf wurde abgebrochen und die Dichtung ersetzt. Der Testlauf wurde einen Tag nach dem Vorkommnis erfolgreich durchgeführt.
- Beim zweiten Vorkommnis trat eine Störung im Steuerstab-Fahr- und Informations-System auf, was in der Folge zu Stabfehlfahren führte. Das fehlerhafte Fahren von zwei Steuerstäben wurde durch eine defekte Transponderkarte, welche für die Störungssuche verwendet wurde, verursacht. Die Funktion der Reaktorschnellabschaltung war dadurch nicht beeinträchtigt. Die Störung wurde durch den Austausch der defekten Karte behoben und die korrekte Funktion durch Tests verifiziert.
- Das dritte Vorkommnis war ein Fehlöffnen des Generatorschalters am Notstromdiesel 21 bei einem monatlichen Funktionstest. Nach dem Vorkommnis wurde der Notstromdiesel ein zweites Mal zur Fehlersuche gestartet. Der Fehler wiederholte sich nicht. Als Ursache für das fehlerhafte Öffnen des Generatorschalters wurde ein defektes Relais identifiziert.
- Das vierte Vorkommnis waren zwei kurz hintereinander aufgetretene Brandfälle in der kontrollierten Zone bei Schweissarbeiten im Dampftunnel während des Revisionsstillstands. Die bei Schweissarbeiten aufgetretenen Funken entzündeten in einem Fall Lösungsmittel, das aus einem mit Putztüchern gefüllten Abfallsack ausgelaufen war. Dieser Brand erlosch nach kurzer Zeit von selbst. Im zweiten Fall entzündeten die Funken Abdeckplanen. Dieser Brand wurde sofort mit dem Handfeuerlöscher erstickt. Beide kurz hintereinander aufgetretenen Kleinbrände klassiert die HSK als ein Vorkommnis.

– Das fünfte Vorkommnis war ein weiterer Brandfall bei Schweissarbeiten im Maschinenhaus während des Revisionsstillstands. Obwohl das KKL bereits Massnahmen eingeleitet hatte, die brennbaren Abdeckplanen aus den gefährdeten Bereichen zu entfernen, wurde eine weitere Abdeckplane durch Schweissfunken entzündet. Der Kleinbrand wurde sofort gelöscht. Da das KKL nicht konsequent die brennbaren Abdeckplanen aus den gefährdeten Bereichen entfernt hatte, bewertet die HSK diesen Kleinbrand als ein weiteres Vorkommnis. Die HSK informierte sich unverzüglich vor Ort und stellte fest, dass die Brände eng begrenzt und keine sicherheitsrelevanten Einrichtungen betroffen waren. In einem Aufsichtsgespräch erkundigte sie sich nach den Ursachen der Brände und welche betrieblichen und organisatorischen Rückschlüsse daraus zu ziehen sind. Die HSK verlangte zudem die Überprüfung der Vorschriften und des Verhaltens des KKL-Personals im Brandfall.

– Das sechste Vorkommnis war eine Missachtung von Betriebsvorschriften während des Revisionsstillstands. Zwei Operateure führten einen Auftrag bewusst nicht korrekt aus und fälschten Checklisten. Das KKL hat den Vorfall sofort identifiziert und Korrekturmassnahmen eingeleitet. Die HSK hat dieses Vorkommnis auf der internationalen Bewertungsskala mit INES 1 eingestuft, da Vorschriften bewusst verletzt wurden. Für die HSK war nach dem Vorkommnis wichtig zu wissen, ob es sich dabei um einen Einzelfall oder um eine organisatorische Schwachstelle handelt. Erste Untersuchungen der HSK und des KKL liessen darauf schliessen, dass das Personal im Allgemeinen seine sicherheitsgerichteten Aufgaben korrekt wahrnimmt. Das KKL wurde aufgefordert, intensive Prüfungen vorzunehmen, um allfällig notwendige Verbesserungsmassnahmen einleiten zu können. Die Abklärungen sind bis Frühjahr 2002 abzuschliessen.

Die ersten drei Vorkommnisse lassen sich auf technische Mängel zurückführen, die ande-

**Luftaufnahme
des KKW
Leibstadt.
Im Vordergrund
der Rhein.**

Foto: KKL



ren zwei betreffen organisatorische Mängel und das letzte Vorkommnis ist ein menschliches Fehlverhalten.

Die klassierten Vorkommnisse der letzten zehn Jahre sind in den Figuren A3a und A3b dargestellt.

4.2.2 Arbeiten während des Stillstands zum Brennelementwechsel

Im Revisionsstillstand vom 4. bis zum 28. August 2001 wurden die üblichen Arbeiten wie Brennelementwechsel, Instandhaltungsarbeiten, zerstörungsfreie Werkstoffprüfungen, Anlagenänderungen, Inspektionen und Funktionsprüfungen von Systemen und Komponenten ausgeführt.

Eine Hauptaktivität war die automatisierte Ultraschallprüfung von Schweissnähten der Umwälzschleifen. Aufgrund der hohen Ortsdosisleistungen an den Umwälzschleifen hat das Prüfpersonal die Prüftätigkeiten zuvor an einem inaktiven Modell geübt, um die Aufenthaltsdauer für die Prüftätigkeiten im Strahlenfeld zu minimieren. An sechs von den zwölf mit Ultraschall geprüften Schweissnähten wurden Anzeigen festgestellt, die als planare Materialfehler mit Verbindung zur Innenoberfläche interpretiert wurden. Zwei der sechs Befunde waren bereits bei den Prüfungen in der Revision 2000 untersucht worden und wurden erneut überprüft. Es wurde keine Veränderung festgestellt. Die Anzeigen in allen Nähten können auch mit Prüfergebnissen von 1994 und 1997 verglichen werden und zeigen kein Wachstum. Alle planaren Materialfehler haben geringe Tiefenausdehnung. Es gibt keine Hinweise, dass es sich um Risse handelt. Die Freigabe für den Weiterbetrieb der Anlage beruht auf dem mit konservativen Annahmen geführten Nachweis der Zulässigkeit der festgestellten Anzeigen.

Die wiederkehrenden Ultraschallprüfungen am Reaktordruckbehälter wurden programm-gemäss durchgeführt. Diese ergaben keine signifikanten Befunde. Die Steuerstabdurchführungen am Reaktordruckbehälterboden wurden wiederkehrend mit einem automatisierten Verfahren geprüft. An den 15 geprüften Durchführungen wurden keine Befunde festgestellt. Die wiederkehrenden visuellen Prüfungen des Kernmantels und anderer Reaktoreinbauten mit Unterwasserkameras ergaben keine besonderen Feststellungen.

Das Wanddickenmessprogramm mittels Ultraschall zur Schwachstellenanalyse infolge Erosionskorrosion an Rohrleitungen und Kom-

ponenten im Sekundärteil der Anlage wurde fortgesetzt. Besondere Befunde wurden nicht festgestellt.

Die Funktionsprüfungen, die gemäss dem System- und Logik-Funktionstest-Programm durchgeführt wurden, ergaben keine sicherheitstechnisch relevanten Befunde. Dies trifft auch zu für die Funktionsprüfungen der durchgeführten Anlageänderungen.

Bei den weiteren Instandhaltungsarbeiten, Prüfungen und Inspektionen sind keine Mängel festgestellt worden, welche die Anlagensicherheit beeinflussen.

Die Stillstandsarbeiten wurden unter Einhaltung der erforderlichen Qualität und unter Beachtung der Strahlenschutzvorgaben geplant und durchgeführt.

4.2.3 Anlagenänderungen

Die Ursachenabklärung einer im Jahre 2000 stattgefundenen Reaktorschnellabschaltung hat einen Fehler in der Hotwell-Niveauregelung des Kondensators ergeben. Zur Verbesserung der Strömungsverhältnisse im Kondensatsammelbehälter wurden während des Revisionsstillstands 2001 umfangreiche Umbauten durchgeführt. Nach dem Wiederauffahren der Anlage wurde zu Testzwecken ein Turbinentrip ausgelöst, um die Wirksamkeit dieser Umbauten und die Neueinstellungen bei der Stützdampfregelung zu überprüfen. Der Versuch verlief erfolgreich, da der Turbinentrip auslegungsgemäss zu keiner Reaktorschnellabschaltung führte.

Zwei der insgesamt sechs gedämpften Rückschlagventile der Speisewasserleitungen wurden mit neuen Einbauten ausgerüstet. Die Gleitflächen wurden nach einem verbesserten Verfahren oberflächengehärtet und die Führung der Ventilspindel verbessert. Die gemessenen Leckraten der Rückschlagventile lagen nach dem Umbau unter den spezifizierten Leckraten.

Aufgrund der guten Betriebsergebnisse eines 1997 umgerüsteten Filters der Kondensatreinigungsanlage wurde während der Revision ein zweiter Filter umgerüstet. Die Steuerung wurde dem modifizierten Spülverfahren angepasst.

In Fortführung der Ertüchtigung der Notstrom- und Notkühlwassersysteme wurde bei der Notstrom-Dieselanlage der Division 11 die Steuerung, die Überwachung und die Alarmierung ertüchtigt. Bei dieser Anlageänderung handelt es sich um eine umfangreiche Erweiterung der Alarmmeldungen aus der Notstrom- und Notkühlwasseranlage und deren Übertra-

gung in die Haupt- und Notsteuerstelle. Dabei wurden Verbesserungen in der Überwachung, der Start- und Schutzlogik der Notstromanlage, aber auch Korrekturmassnahmen aufgrund von Betriebserfahrungen implementiert. Die vorgenommenen Änderungen dienen insbesondere der Betriebsmannschaft bei der Überwachung des Anlagebetriebs und bei den periodischen Tests. Das auslegungsgemässe Systemverhalten wurde mit einem Systemfunktionstest erfolgreich demonstriert.

4.2.4 Brennstoff und Steuerstäbe

Im 17. Betriebszyklus (2000/01) wies der Verlauf der Reaktorwasser- und Abgasaktivität auf Brennelementschäden hin. Beim Abfahren zum Jahresstillstand und der anschliessenden Dichtheitsprüfung aller Brennelemente wurde ein defektes Brennelement identifiziert. Bei einer ersten visuellen Inspektion konnte kein defekter Brennstab gefunden werden, was auf einen nur geringfügigen Schaden schliessen lässt. Im Frühjahr 2002 werden detailliertere Inspektionen durchgeführt, um den Defektstab sowie die Schadenursache zu ermitteln.

Während des Brennelementwechsels wurden 124 frische SVEA96-Brennelemente zugeladen und diejenigen SVEA96-Elemente entladen, deren Hüllrohre im Abstandhalterbereich noch von lokal erhöhter Korrosion betroffen waren. Durch die strikte Einhaltung der optimierten Wasserchemie und den nunmehr ausschliesslichen Einsatz von Brennelementen mit besseren Hüllrohrmaterialien ist die Korrosionsrate im Abstandhalterbereich wieder im Normalbereich. Dies wurde durch die Oxiddickenmessungen vom August 2001 bestätigt. Aufgrund dessen setzte die HSK ihre speziellen Kriterien (siehe Jahresbericht 1998) ausser Kraft.

Zur Vermeidung fremdkörperbedingter Schäden an den Brennelementen sind gegenwärtig etwa 74% aller Brennelemente mit Fremdkörperfiltern ausgerüstet. Mit der Erprobung eines neuen Filtertyps, der einen wesentlich besseren Schutz gegen drahtförmige Fremdkörper bietet, wurde begonnen.

Im laufenden Zyklus 18 (2001/02) gibt es seit Oktober 2001 Anzeichen für einen Brennstabschaden.

Nach dem Anfahren zum Zyklus 18 wurde ein Anstieg der Borsäurekonzentration im Reaktorwasser registriert, was auf einen Steuerstabdefekt zurückzuführen ist. Eine ausreichende Abschaltreaktivität ist trotzdem gewährleistet.

4.3 Strahlenschutz

4.3.1 Schutz des Personals

Im Kalenderjahr 2001 (Daten für 2000 in Klammern) wurden im KKL folgende Kollektivdosen ermittelt:

Aktionen	Kollektivdosis Personen-Sv	
	Geplanter Stillstand	0,71
Leistungsbetrieb	0,30	(0,29)
gesamte Jahreskollektivdosis	1,01	(0,98)

Die Jahreskollektivdosis ist eine der tiefsten seit dem kommerziellen Betriebsbeginn. Im Jahr 2001 betrug die höchste im KKL akkumulierte Individualdosis 11,8 mSv (15,9 mSv). Sie lag damit unter dem Dosisgrenzwert der Strahlenschutzverordnung für beruflich strahlenexponierte Personen von 20 mSv pro Jahr. Nähere Angaben sind aus den Tabellen A5 bis A10 und den Figuren A5 bis A8 ersichtlich.

Im Laufe der Berichtsperiode deutete ein Anstieg der Primärkühlmittelaktivität auf Brennstoffschäden hin. Nach dem Abfahren der Anlage zur Jahreshauptrevision wurde ein unerwartet hoher Anstieg der Jodkonzentration beobachtet, was mit dem speziellen Schadenbild an einem Brennstoffelement in Verbindung gebracht wird. In der Folge erhöhte sich die Jodaktivität in der Containmentatmosphäre. Obschon für die an der Reaktorgrube beschäftigten Personen Schutzmassnahmen vorgekehrt wurden, konnte die durch verfrachtete Luft verursachte I-131-Inkorporation einer Person mit einer Folgedosis von 0,2 mSv nicht verhindert werden. Anstrengungen sind deshalb vorzunehmen, um Inkorporationen radioaktiver Stoffe während des Stillstands zu vermeiden. Die Inkorporationsüberwachung mit Quickcounter ergab, mit Ausnahme des erwähnten Falles, keine Hinweise auf weitere Inkorporationen. Personenkontaminationen, die nicht mit den üblichen Mitteln (Händewaschen, Duschen) sofort entfernt werden konnten, sind nicht aufgetreten.

Die mittlere Dosisleistung an den Umwälzschleifen ist im Vergleich zum Vorjahr leicht gesunken und lag im Revisionsstillstand des Berichtsjahres mit 2,12 mSv/h (2,32 mSv/h) im Toleranzbereich des Richtwerts aus der Betriebsbewilligung (2 mSv/h). Das bedeutet, dass die Dosisleistung an den Umwälzschleifen



Ausbau eines Schiebers. Die vorschriftsgemässe Schutzkleidung verhindert, dass sich der Mitarbeiter kontaminiert oder dass er radioaktive Stoffe inkorporiert.

Foto: KKL

weiterhin sorgfältig überwacht werden muss und die bereits ergriffenen, langfristig wirkenden Massnahmen weiterzuführen sind. Der Betrieb der Anlage mit erhöhter Leistung hatte bisher keinen relevanten Einfluss auf die Dosis der Mitarbeiter. Die Dosisleistungen an den langjährig überwachten Reaktoreinbauten haben sich nur wenig geändert.

Zur Reduktion der Strahlenexposition des Personals wurden während der Revision die üblichen temporären Abschirmungen aus Wassersäcken, Bleimatten und einer Bleiwand (43 t Blei und 11 t Wasser), vorwiegend um Armaturen, Rohrleitungen und Behälter aufgebaut.

Mit Ausnahme des bereits erwähnten Jodanstiegs beim Abfahren traten in der Anlage an den allgemein zugänglichen Stellen keine unzulässigen Kontaminationen auf, wie laufend durchgeführte Kontrollmessungen an Luft- und Oberflächenproben bestätigten. Die im Zusammenhang mit früheren und neueren Brennstoffdefekten durchgeführten Messprogram-

me zur Bestimmung der Kontamination durch α -Strahler wurden weitergeführt. An Orten, an denen eine Kontamination durch α -Nuklide auftreten könnte, wurden Geräte zu deren direkter Messung in der Raumluft eingesetzt. Es wurde keine an diesen Messgeräten eingestellte α -Alarmschwelle überschritten.

Während des Revisionsstillstands wurden nebst den üblichen Routinearbeiten Wiederholungsprüfungen an zwölf Schweissnähten der Umwälzschleifen durchgeführt (siehe Kapitel 4.2.2). Durch sorgfältiges Training am Modell und durch gute Kenntnisse des beteiligten Personals vor Ort konnte die arbeitsspezifische Kollektivdosis auf 125 Personen-mSv begrenzt werden. Dies ist eine deutliche Verbesserung zum Vorjahr, wo ähnliche Prüfungen mit geringerem Umfang zu etwa den gleichen Dosen führten. Die Arbeiten an den Speisewasser-Rückschlagventilen und an der Stahlkonstruktion im Dampftunnel führten zu einer Jobdosis von etwa 50 Personen-mSv. Sämtliche Arbeiten wurden mit einer laufend nachgeführten arbeitsspezifischen Dosimetrie begleitet.

Während der Berichtsperiode sind keine nach der Richtlinie HSK-R-15 meldepflichtigen radiologischen Vorkommnisse verzeichnet worden.

Die HSK überzeugte sich bei ihren Inspektionen davon, dass im KKL ein guter und effektiver Strahlenschutz betrieben wird.

4.3.2 Abgaben an die Umwelt und Direktstrahlung

Die Grenzwerte für die Abgaben radioaktiver Stoffe aus dem KKL, die Jahresabgaben 2001 sowie die daraus auf der Grundlage der HSK-Richtlinie R-41 rechnerisch ermittelten Dosiswerte für Einzelpersonen in der Umgebung sind in Tabelle A4a dargestellt. Die radioaktiven Abgaben über die Abluft in Form von Aerosolen, Jod und Edelgasen lagen deutlich unterhalb der in der Betriebsbewilligung festgelegten Grenzwerte. Die gleiche Aussage gilt auch beim Abwasser für Tritium und für die übrigen radioaktiven Abgaben. Tabelle A4b zeigt den Verlauf der Abgaben von Edelgasen und Jod über die Abluft resp. für Tritium und übrige radioaktive Stoffe über das Abwasser während der letzten fünf Jahre. Abgabewerte unter 1‰ der Abgabelimite werden nicht ausgewiesen.

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 KKL berechnet. Sie liegt mit etwa 0,0027 mSv für Erwachsene und 0,0051 mSv für Kleinkinder deutlich unterhalb des Dosisrichtwerts von 0,2 mSv/Jahr gemäss HSK-Richtlinie R-11. Sie resultiert primär aus der Abgabe von Kohlenstoff-14 (C-14). Dieses Nuklid entsteht im Reaktor durch Kernreaktionen von Neutronen mit Stickstoff, Kohlenstoff und Sauerstoff. KKL führt C-14 und Tritium-Messungen in den Abgaben über die Abluft durch.

Artikel 5 und 6 der Strahlenschutzverordnung besagen, dass Tätigkeiten, die für die betroffenen Personen zu einer effektiven Dosis von weniger als 0,01 mSv pro Jahr führen, in jedem Fall als gerechtfertigt und optimiert gelten. Das bedeutet, dass keine weiteren Anstrengungen zur Verminderung der radioaktiven Abgaben und der daraus resultierenden Dosis für die Bevölkerung notwendig sind.

Die Dosisleistungs-Messsonden des von der HSK betriebenen Messnetzes (MADUK) in der Umgebung des KKL ergaben keine durch den Betrieb der Anlage erhöhten Werte (siehe Figur A10). Im Nahbereich eines Siedewasserreaktors ist die Ortsdosisleistung durch Direkt- und Streustrahlung aus dem Maschinenhaus erhöht. Die am Zaun quartalsweise von der HSK ermittelten Messwerte lagen im Rahmen der Vorjahre. Gemessen wurden Dosisleistungen zwischen natürlichem Untergrund (0,08 μ Sv/h) und 0,28 μ Sv/h. Dieser Wert ergibt umgerechnet auf ein Jahr und unter Berücksichtigung der Betriebszeit eine Dosis von 1,6 mSv pro Jahr. Bei dieser Dosis ist der natürliche Untergrund abgezogen. Die von KKL ausgewerteten Thermolumineszenz-Dosimeter (TLD), die an mehreren Stellen am Zaun die Dosis messen, zeigten im Berichtsjahr einen Höchstwert von 3,75 mSv (inkl. natürlichem Untergrund von etwa 0,7 mSv). Die HSK hat im Berichtsjahr den Einfluss der Leistungserhöhungen des KKL der letzten Jahre auf die radioaktiven Abgaben und die Direktstrahlung untersucht. Dabei lässt sich feststellen, dass bei den Abgaben keine signifikante Erhöhung feststellbar ist. Bei der Direktstrahlung sind die nach der schrittweisen Leistungserhöhung gemessenen Dosiswerte geringfügig erhöht. Die 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 nach Art. 102 Absatz 3 der Strahlenschutzverordnung wurden aber auch im Berichtsjahr eingehalten.

4.3.3 Strahlenschutzinstrumentierung

Die Messgeräte zur Überwachung der Aktivitäts- und Strahlenpegel in der Anlage sowie der radioaktiven Abgaben an die Umwelt, die Personenmonitore und die Personendosimetriesysteme wurden von der HSK stichprobenweise inspiziert. Die HSK hat sich anhand der entsprechenden Prüfprotokolle und Dokumente des Betreibers und durch eigene Kontrollen in der Anlage davon überzeugt, dass die regelmässigen Überprüfungen der Messgeräte durch das Kraftwerkspersonal vorschriftsgemäss durchgeführt wurden und dass die Messgeräte einwandfrei funktionieren.

Anfang 2001 hat die HSK die gemäss Verordnung über die Personendosimetrie (Dosimetrieverordnung) geforderte Triage-Inkorporationsüberwachung im KKL freigegeben. Die Freigabe erfolgte aufgrund der vom KKL eingereichten Unterlagen und einer vom Paul Scherrer Institut (PSI) im Auftrag der HSK durchgeführten Studie über Eigenschaften und Kalibrierung des betreffenden Thorax- und Schilddrüsenmonitors.

Zusätzlich zu den HSK-Inspektionen werden bestimmte Messsysteme jedes Jahr im Rahmen von Vergleichsmessungen, an denen weitere nationale Labors bzw. Messstellen teilnehmen, überprüft:

- Die vierteljährlichen Kontrollmessungen der HSK von Aerosol- und Jodfiltern sowie von Abwasserproben zeigten eine gute Übereinstimmung der Ergebnisse der HSK mit den Werten des Kernkraftwerks Leibstadt.
- An der von der Eidgenössischen Kommission für Strahlenschutz und Überwachung der Radioaktivität (KSR) organisierten, jährlich stattfindenden Vergleichsmessung für Personendosimetriestellen hat die Dosimetriestelle des KKL auch im Berichtsjahr wieder teilgenommen und den Nachweis der am Referenzpunkt erforderlichen Messgenauigkeit von $\pm 10\%$ erbracht.

4.4 Personal und Organisation

4.4.1 Organisation und Betriebsführung

Das KKL hat im Berichtsjahr keine organisatorischen Veränderungen vorgenommen.

Der Personalbestand wurde planmässig weiter reduziert und ist vergleichbar mit dem Personalbestand der anderen schweizerischen KKW. Die HSK hat die dazu von KKL vorgesehenen und getroffenen Massnahmen mit der Werksleitung besprochen und dabei festgestellt, dass das Vorgehen von KKL im Voraus

geplant und der Belegschaft mitgeteilt wurde. Das KKL verfügt über Kriterien und flankierende Massnahmen, um bei der Optimierung seines Personalbestandes Auswirkungen auf die betriebliche Sicherheit zu vermeiden. Der Personalabbau erfolgt über Jahre aufgrund von Pensionierungen. Im Berichtsjahr erfolgten im KKL fünf Kündigungen von lizenzierten Reaktoroperatoren. Dies veranlasste KKL, die Anzahl der Betriebsschichten von sieben auf sechs zu reduzieren. Der 6-Schicht-Betrieb entspricht der Praxis in den übrigen schweizerischen Kernkraftwerken. Zwei Anlageoperatoren wurde von KKL aufgrund von Fehlhandlungen gekündigt (vgl. Kapitel 4.2.1). Anlageoperatoren sind nicht lizenziertes Personal. Das KKL ist dabei, neues Personal für den Schichtbetrieb zu rekrutieren. Das Thema «Auswirkungen der Marktliberalisierung» wird zwischen HSK und der Kraftwerksleitung regelmässig besprochen. Dabei wurde bestätigt, dass die Sicherheit auch bei voranschreitender Liberali-

Mitarbeiter macht einen Wischtest an Armaturenbauten.

Foto: KKL



sierung des Elektrizitätsmarktes für KKL höchste Priorität hat. KKL plant im Zuge der Marktöffnung verschiedene Massnahmen, um die Kosten zu optimieren. Wichtige Elemente sind dabei die Optimierung der Betriebszyklen und der Revisionsstillstände. KKL berücksichtigt dabei positive Erfahrungen und Vorgehensweisen aus den USA. In diesem Zusammenhang hat KKL im Berichtsjahr mit einer Optimierung der freigabepflichtigen Technischen Spezifikationen begonnen. KKL beabsichtigt dabei die Intervalle von relevanten Instandhaltungsmassnahmen und Prüfungen neu festzulegen und eine optimale Verteilung dieser Arbeiten zwischen Betriebsphasen und Stillstandsphasen zu erreichen. Weiterhin wurde der HSK ein Pilotprojekt für das risikoinformierte Vorgehen bei den wiederkehrenden Prüfungen von Primärkreis-komponenten zur Begutachtung eingereicht.

Das KKL beschäftigte Ende Berichtsjahr 386 Personen (2000: 396).

Die Zusammenarbeit des KKL mit dem KKB auf verschiedenen technischen Gebieten und auf dem Gebiet der Entwicklung der Sicherheitskultur wurde weitergeführt.

4.4.2 Personal und Ausbildung

Im Berichtsjahr wurden beim Betriebspersonal des KKL keine Lizenzprüfungen durchgeführt. In Tabelle A2 ist der Bestand an lizenzpflichtigem Personal aufgeführt. Die Anerkennung des Strahlenschutzpersonals erfolgt durch die HSK entsprechend der Strahlenschutz-Ausbildungsverordnung (SR 814.501.261) und der HSK-Richtlinie R-37. Aufgrund der abgeschlossenen Ausbildung anerkannte die HSK im Berichtsjahr eine Person als Strahlenschutzfachkraft.

Die Aus- und Weiterbildung des Schichtpersonals erfolgte gemäss Jahresprogramm in verschiedenen Ausbildungsveranstaltungen und am KKL-eigenen Simulator. Schwerpunkte der Schulung am Simulator waren insbesondere die Beherrschung verschiedener Störfall-szenarien. Im Rahmen des achtjährigen Zyklus der theoretischen Wiederholungsschulung an der Reaktorschule des PSI aktualisierte das lizenzierte Schichtpersonal seine Kenntnisse auf dem Gebiet der Reaktorphysik.

Eine grosse Anzahl weiterer Kurse diente Angehörigen aller Abteilungen zur Vertiefung des Fachwissens, zur Aus- und Weiterbildung im Strahlenschutz, zur Erweiterung praktischer Fähigkeiten und zur Persönlichkeitsentwicklung. Es wurden auch wieder Führungs- und Mitarbeiterentwicklungstage durchgeführt.

4.5 Gesamteindruck aus der Sicht der HSK

Die Anlage KKL befand sich im 17. Betriebsjahr in einem störungsfreien Leistungsbetrieb, der vom 24-tägigen Revisionsstillstand, von der für einige Stunden geplanten Lastreduktion auf 15% im Februar und für kurzzeitige Funktionsprüfungen, Tests und Steuerstabmuster-Anpassungen unterbrochen war. Der Revisionsstillstand verlief weitgehend programmgemäss. Er dauerte einen Tag länger als geplant aufgrund von zusätzlich erforderlichen Arbeiten an den Speisewasser-Rückschlagventilen.

Dem insgesamt sehr guten Anlageverhalten stehen im Berichtsjahr sechs B-Vorkommnisse gemäss der R-15 gegenüber. Das schwerwiegendste, als INES-1 eingestufte Vorkommnis war die Missachtung von Betriebsvorschriften während des Revisionsstillstands. Das KKL hat die notwendigen Schritte unternommen, um die Motivation der Mitarbeiter zur sicherheitsgerichteten Vorgehensweise zu fördern. Weitergehende, von der HSK verlangte Untersuchungen zu diesem Vorkommnis sind noch im Gang.

Die wiederkehrenden Ultraschallprüfungen von Schweissnähten der Umwälzschleifen ergaben sechs Anzeigen, die als planare Fehler an der Innenoberfläche interpretiert wurden. Bisher gibt es keine Hinweise, dass es sich dabei um Risse handelt. Die weiteren wiederkehrenden Prüfungen am Reaktordruckbehälter, am Kernmantel, an den Kerneinbauten und an den Steuerstabdurchführungen am Reaktordruckbehälterboden ergaben keine signifikanten Befunde.

Im Berichtsjahr hat die HSK im Kernkraftwerk Leibstadt über 70 Inspektionen durchgeführt. Schwerpunkte lagen dabei während des

Revisionsstillstands u.a. bei der Inspektion der Brennelemente, den gedämpften Rückschlagventilen, der Qualifizierung und Durchführung der Ultraschallprüfungen an den Umwälzschleifen, beim Strahlenschutz sowie im Zusammenhang mit Vorkommnissen. Die Ergebnisse der Inspektionen wurden dem Betreiber mitgeteilt. Erkannte Verbesserungsmassnahmen wurden bereits oder werden noch von ihm umgesetzt.

Die Kollektivdosis für das Eigen- und Fremdpersonal erreichte dank dosisreduzierender Massnahmen einen für einen Siedewasserreaktor dieser Leistungsklasse tiefen Wert von 1,01 Personen-Sv im Jahr 2001. Sie war wegen der aufwändigen Umbauarbeiten für die modifizierten Rückschlagventile und den erhöhten Aufwand für zerstörungsfreie Prüfungen etwas höher als im Jahr 2000. Zusammenfassend kommt aber die HSK zum Schluss, dass im KKL ein guter, zweckmässiger und effektiver Strahlenschutz betrieben wird. Die Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umgebung lagen weit unterhalb der behördlich festgelegten Grenzwerte. Damit ergab sich eine unbedeutende Strahlendosis für die Bevölkerung.

Im Zusammenhang mit der voranschreitenden Elektrizitätsmarktöffnung hat KKL im Berichtsjahr eine Reihe betrieblicher Optimierungsmassnahmen eingeleitet. Dies gilt insbesondere für Anpassungen in den Bereichen Personalbestand, Betriebszyklen, Technische Spezifikationen resp. risikoinformierte Vorgehensweisen bei Instandhaltung und Prüfungen. Bei diesen Anpassungen muss der nuklearen Sicherheit und dem Strahlenschutz weiterhin höchste Priorität beigemessen werden. Zudem ist, aufgrund der aufgetretenen Vorkommnisse, der Aufrechterhaltung einer hohen Sicherheitskultur und der Motivation des Personals grosse Beachtung zu schenken.

5. ANLAGENÜBERGREIFENDE THEMEN ZU DEN SCHWEIZERISCHEN KERNANLAGEN

5.1. Probabilistische Sicherheitsanalyse (PSA) und Accident Management (AM)

5.1.1 Probabilistische Sicherheitsanalysen

Es ist die Aufgabe der Probabilistischen Sicherheitsanalyse (PSA), Schwere Unfälle risikomässig zu bewerten und deren Konsequenzen aufzuzeigen. 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 Anlagenteile voraus. Im Jahre 2001 wurden der HSK folgende PSA eingereicht:

- Der Betreiber des KKW Leibstadt erstellte eine PSA, in welcher das Risiko eines Kernschadens während der Betriebszustände Stillstand und Schwachlast untersucht wird. Die Studie berücksichtigt interne und externe auslösende Ereignisse. Als externe auslösende Ereignisse werden zum Beispiel die Ereignisse Brand, Erdbeben, Flugzeugabsturz und Überflutung bezeichnet. Der Betreiber reichte ausserdem eine vollständig überarbeitete PSA ein, in welcher das Freisetzungsrisiko, d.h. das Risiko für die Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umgebung, für den Betriebszustand Volllast analysiert wird.
- Im Zusammenhang mit der Periodischen Sicherheitsüberprüfung des KKW Mühleberg überarbeitete der Betreiber sämtliche Teile seiner PSA. Bei der Überarbeitung wurden neue, verbesserte PSA-Methoden, Anlageänderungen sowie die Betriebserfahrung seit der letzten Aktualisierung des PSA-Modells berücksichtigt.
- Der Betreiber des KKW Gösgen reichte die von der HSK als Ergebnis der Periodischen Sicherheitsüberprüfung geforderte, überarbeitete Analyse der durch Erdbeben während des Volllastbetriebes ausgelösten Unfallabläufe ein.

– Im Hinblick auf die Periodische Sicherheitsüberprüfung hat der Betreiber des KKW Beznau in den vorangegangenen Jahren vorzeitig eine PSA der HSK eingereicht, mit der das Risiko eines Kernschadens für die Betriebszustände Volllast, Schwachlast und Stillstand betrachtet wird. Im vergangenen Jahr lieferte der Betreiber umfangreiche, von der HSK verlangte Zusatzinformationen.

Die HSK überprüft die eingereichten Studien und fordert die Betreiber jeweils auf, die in Bezug auf die PSA oder die Anlage festgestellten, in Prüfberichten dokumentierten Defizite zu beheben. Gleichzeitig mit der Überprüfung der von den Betreibern erstellten PSA aktualisiert die HSK ihre eigenen werkspezifischen PSA-Modelle. Diese Modelle ermöglichen es der HSK, eigene Sicherheitsanalysen durchzuführen, um unabhängig vom Betreiber gezielt nach möglichen Schwachstellen zu suchen.

5.1.2 Neue probabilistische Erdbebengefährdungsanalyse

Der durch Erdbeben verursachte Beitrag an das Risiko einer Kernanlage hängt massgeblich von der Erdbebengefährdung an deren Standort ab. Die HSK forderte die Betreiber der Schweizer KKW im Jahre 1999 auf, die standortspezifische Erdbebengefährdung neu zu bestimmen. Anlass für diese Forderung war vor allem, dass sich in den vorangegangenen Jahren die Methode zur Bestimmung der Erdbebengefährdung deutlich weiterentwickelt hatte. Unter dem Projektnamen PEGASOS (Probabilistische Erdbebengefährdungsanalyse für die KKW-Standorte in der Schweiz) sind die Betreiber heute dabei, das von der HSK verlangte Projekt zu realisieren. Ein wichtiger Bestandteil dieses Projektes bilden die Workshops, bei denen die für die Gefährdungsrechnungen benötigten erdwissenschaftlichen Eingabedaten mit Hilfe von strukturierter Expertenbefragung ermittelt werden. Diese Befragungen sind so gestaltet, dass daraus Einschätzungen resultieren, die für die gesamte Fachwelt repräsentativ sind. Im

Oktober trafen sich die etwa vierzig beteiligten Fachleute zum ersten Workshop. Das Projekt wird voraussichtlich Ende 2003 abgeschlossen sein. Die Arbeiten werden von der HSK begleitend überprüft.

PEGASOS macht sich die in den USA in vergleichbaren Projekten gewonnene Erfahrung zu Nutze und hat als Nebenziel, in der Schweiz ein Know-how-Zentrum für Probabilistische Erdbebengefährdungsanalysen zu schaffen. Bemerkenswerte Resultate wurden bereits bei Vorarbeiten zu PEGASOS erzielt. So wurde in einer von der HSK unterstützten paläoseismischen Untersuchung eine aktive Bruchzone südlich der Stadt Basel entdeckt, die für das schwere Basler Erdbeben von 1356 verantwortlich sein soll.

5.1.3 Einführung von «Severe Accident Management Guidance»

In drei Schweizer KKW wurden 2001 umfangreiche Arbeiten zur Einführung von technischen Entscheidungshilfen für die Bewältigung von Kernschmelzunfällen (engl. Severe Accident Management Guidance, SAMG) geleistet. Die im Jahre 1998 von der HSK von allen Werken verlangten SAMG stellen eine Erweiterung der bestehenden Stör- und Notfallvorschriften dar und bestehen im Wesentlichen aus vorbereiteten Strategien, die zur Beendigung oder zumindest zur Milderung der Konsequenzen eines (sehr unwahrscheinlichen) Schweren Unfalls verfolgt werden. Der Betreiber des KKW Beznau hat bereits eine vollständige SAMG-Dokumentation vorgelegt und darüber hinaus auch eine Validierungsübung durchgeführt, bei der die Anwendung der Entscheidungshilfen geübt wurde.

5.1.4 Entwicklung eines Unfallanalyzesystems

Bei Störfällen in einem Schweizer KKW werden der HSK alle zwei Minuten bis zu 25 relevante Anlageparameter (ANPA) via eigenes Übermittlungsnetz zugestellt. Die ANPA-Werte werden vom sogenannten ADAM-System (Accident Diagnostics, Analysis and Management) verarbeitet. Dieses Rechenprogramm wird von einem externen Experten mit Unterstützung der HSK entwickelt und betreut. ADAM besteht aus drei Modulen mit folgenden Funktionen:

– *On-Line-PI-Modul (PI = Pikett Ingenieur):* Das PI-Modul bereitet die ANPA-Werte grafisch so auf, dass sich der PI im Einsatzfall rasch



über den Ablauf und das Ausmass des Störfalles ins Bild setzen kann. Damit ist das Modul ein zweckmässiges Hilfsmittel für den PI, welches ihn auch bei der raschen und korrekten Zuordnung des Störfalles in die im Rahmen der Notfallorganisation vorgesehenen Störfallkategorien unterstützt.

- *On-Line-Diagnosemodul:* Das Diagnosemodul interpretiert die ANPA-Werte, zum Teil auch mittels thermohydraulischer Analysen. Das Diagnosemodul liefert Hinweise
 - zu möglichen Ursachen des Störfalles,
 - zur Einhaltung von Grenzwerten,
 - zum Zustand wichtiger Anlagenteile.
- *Off-Line-Prognosemodul:* Mit dem Prognosemodul können eine Vielzahl von Unfallabläufen simuliert werden. Werden bei einem betrachteten Schweren Unfall radioaktive Stoffe freigesetzt, so liefert das Programm auch eine Abschätzung der zu erwartenden Menge.

Kontrolle am Notstand-Notstromaggregat.

Foto: KKB

Die Entwicklung des ADAM-Systems wurde im Jahre 2001 weitgehend abgeschlossen. Ausstehend ist nur noch das Prognosemodul für das KKW Mühleberg.

5.2 Alterungsüberwachungsprogramme

In allen Schweizer Kernkraftwerken sind in den letzten Jahren die von der HSK geforderten Alterungsüberwachungsprogramme (AÜP) für mechanische und elektrische Komponenten sowie für Bauwerke und Gebäude weitgehend eingeführt und umgesetzt worden. Sie dienen dazu, Effekte der Werkstoffalterung systematisch zu erkennen und zu beurteilen. Die HSK verfolgt laufend die Ergebnisse und konnte feststellen, dass Alterungsphänomene bisher nicht zu einer unzulässigen Minderung von Sicherheitseigenschaften geführt haben. Wo erforderlich, wurden Massnahmen zur Behebung von Alterungseffekten, wie z.B. der Ersatz von elektrischen Ausrüstungen, durchgeführt oder gezielt Alterungsüberwachungsmassnahmen ergänzt. Die HSK hat die entsprechenden Anlageänderungen freigegeben und einen Teil der Massnahmen durch Inspektionen verfolgt.

Die Alterungsüberwachung beinhaltet nicht nur die Zustandsbeurteilung der Anlageteile mit geeigneten Methoden, sondern auch die regelmässige Auswertung von weltweiten Erfahrungen mit werkstofftechnischer Alterung. Diese Daueraufgabe wird sowohl in den Kernkraftwerken als auch in Arbeitsgruppen der GSKL wahrgenommen, die sich international an entsprechenden Arbeitsgruppen zum Alterungsmanagement beteiligen. Auch die HSK verfolgt international die Erfahrung mit Alterungsphänomenen in Kernkraftwerken und leitet gegebenenfalls Massnahmen zur Abklärung ein.

In den einzelnen Kernkraftwerken wurden 2001 die Alterungsüberwachungsprogramme mit unterschiedlichen Schwerpunkten bearbeitet:

- In der *Bautechnik* sind dies die Erstellung der AÜP-Dokumentation und die Durchführung der dazu notwendigen Basisinspektionen. Das AÜP für die Bautechnik wird auch für die Gebäude der ZWILAG angewendet.
- In der *Elektrotechnik* sind die Steckbriefe für die Komponenten im Containment vollständig, für die übrigen klassierten Komponenten

teilweise erstellt. Dabei wurden einige Lücken in der Instandhaltung erkannt, die durch angemessene Massnahmen behoben wurden.

- In der *Maschinenteknik* wurde die AÜP-Dokumentation für die mechanischen Anlageteile der Sicherheitsklassen 2 und 3 bearbeitet. Mit der systemweisen Dokumentation wurde begonnen. Aufgrund des grossen Umfanges dieser Dokumentation wird die vollständige Ausarbeitung jedoch noch einige Jahre in Anspruch nehmen.

Daneben wurden ältere Dokumente zu Systemen der Sicherheitsklasse 1 aufdatiert sowie eine Reihe von Einzelmassnahmen zur Abklärung der Relevanz bestimmter Alterungsmechanismen, wie z.B. Erosionskorrosion oder Strahlungsversprödung, durchgeführt.

Durch den Einsatz moderner, rechnergestützter Systeme im Bereich der Anlagenüberwachung und der zerstörungsfreien Werkstoffprüfungen konnten in den letzten Jahren Verbesserungen für die Zustandsbeurteilung der sicherheitstechnisch wichtigen Anlageteile erreicht werden, die den allgemein guten Zustand der Schweizer Kernanlagen belegen. Dazu trägt die gezielt durchgeführte präventive Instandhaltung einen wesentlichen Teil bei. Aufgrund all dieser Massnahmen ist in den kommenden Betriebsjahren nicht zu erwarten, dass die werkstofftechnische Alterung die Sicherheit der Kernanlagen nennenswert beeinflussen wird. Die HSK wird im Rahmen ihrer Aufsichtstätigkeit darauf achten, dass der Instandhaltung weiterhin ein hoher sicherheitstechnischer Stellenwert beigemessen wird, Alterungsüberwachungsprogramme weiterhin systematisch umgesetzt und die Dokumentation dazu ergänzt und aufdatiert werden.

5.3 Radioaktive Abfälle

Beim Betrieb der Kernkraftwerke fallen aus Instandhaltungen und Umbauten unter anderem Materialien an, die radioaktiv kontaminiert sein können. Zwecks Minimierung der radioaktiven Abfälle werden solche Materialien der Dekontamination und anschliessender Inaktivfreimessung zugeführt. Die Bedingungen für die Inaktivfreigabe von Materialien aus kontrollierten Zonen wurden im Berichtsjahr neu geregelt. Sie basieren auf der Strahlenschutzverordnung und sind in der Richtlinie HSK-R-13 festgehalten, die im Februar 2002 in Kraft gesetzt

wurde. Im Jahr 2001 sind aus den schweizerischen Kernkraftwerken insgesamt etwa 63 t Materialien (vorwiegend Stahl) zur Weiterverwendung oder zur konventionellen Beseitigung als inaktiv freigegeben worden. Die aus der Dekontamination entstehenden Abfälle werden als radioaktive Rohabfälle behandelt.

Radioaktive Rohabfälle fallen vor allem aus den Wasserreinigungssystemen sowie der Abgas- und Fortluftreinigung an. Die radioaktiven Rohabfälle werden gesammelt, kampagnenweise konditioniert und bis zur Beseitigung in einem geologischen Tiefenlager zwischengelagert. In allen Kernkraftwerken lag der Anfall an radioaktiven Rohabfällen im Berichtsjahr im Bereich der Erfahrungswerte vergangener Jahre (vgl. Tabelle A11a). Bei der Konditionierung werden die radioaktiven Rohabfälle durch Verfestigung, Einbindung in einer Matrix und Verpackung in eine transport-, zwischenlager- und endlagerfähige Form gebracht. Im Berichtsjahr wurden in jedem Kernkraftwerk Konditionierungskampagnen durchgeführt: im KKB Zementierung von Schlämmen aus der Abwasserreinigungsanlage, im KKM Zementierung von Ionentauscherharzen, im KKG Bituminierung von Konzentraten, im KKL Zementierung von Harzen und Konzentraten. Im Frühjahr wurde im KKL eine mobile Hochdruckpresse installiert, mit welcher radioaktive Abfälle aus allen Kernkraftwerken verpresst und zementiert wurden. Ferner haben alle Kernkraftwerke brennbare Abfälle zur Verbrennung an das PSI abgeliefert; die zementierten Verbrennungsrückstände werden nach Aushärtung von den Kernkraftwerken zurückgenommen. Jedes konditionierte Abfallgebilde wird mit seinen Eigenschaften in einer elektronischen Datenbank erfasst.

Die zur Anwendung kommenden Konditionierungsverfahren und die daraus entstehenden Abfallgebildetypen müssen gemäss Richtlinie R-14 von den Betreibern spezifiziert und von der HSK geprüft und freigegeben werden. Früher hergestellte Gebinde müssen gemäss den Vorgaben dieser Richtlinie nachdokumentiert werden. Die Kernkraftwerke verfügen für alle Typen der gegenwärtig hergestellten Abfallgebilde über die notwendige HSK-Freigabe. Im Berichtsjahr wurden mehrere Modifikationen von Abfallgebildetypen mit entsprechender Revision der Spezifikation von den KKW-Betreibern beantragt und von der HSK freigegeben. KKB will die Ionentauscherharze zukünftig in 200-l-Gebinde (bisher 100-l-Gebinde)

mit Polystyrol konditionieren; zur Erprobung der umzubauenden Anlage hat die HSK die provisorische Freigabe für eine Konditionierungskampagne erteilt. Das KKG hat die Spezifikation eines neuen Abfallgebildetyps (zementierte Flüssigkeitsfeinfilter) zur Freigabe eingereicht, die von der HSK noch geprüft wird. KKB, KKM und KKL haben die noch verbleibenden Nachdokumentationen von früher hergestellten Abfallgebilden eingereicht; diese sind von der HSK noch zu prüfen.

In allen Kernkraftwerken werden Rohabfälle im Hinblick auf eine spätere Behandlung in dafür vorgesehenen Räumlichkeiten der kontrollierten Zone aufbewahrt. Die konditionierten Abfallgebilde werden routinemässig in die werkseigenen Zwischenlager eingelagert. Über die Belegung der Zwischenlager wird Buch geführt. Die anlässlich der gemeinsamen Verpressungskampagne im KKL hergestellten Abfallgebilde des KKM (134 Gebinde) wurden im November 2001 in das Lager für mittelaktive Abfälle des Zentralen Zwischenlagers in Würenlingen gebracht.

5.4. Notfallbereitschaft

Die Notfallbereitschaft umfasst alle organisatorischen und technischen Massnahmen innerhalb und ausserhalb der Anlage zum Schutz des Personals und der Bevölkerung bei einem Unfall mit Auswirkungen in der Umgebung eines Kernkraftwerkes.

Ziel der Notfallbereitschaft ist es, bei einem Unfall durch zeit- und sachgerechtes Entscheiden und Handeln von fachlich kompetentem und zweckmässig organisiertem Personal sowie durch den Einsatz installierter Einrichtungen die Auswirkungen dieses Ereignisses auf die Umgebung und auf das Personal so niedrig wie möglich zu halten.

5.4.1 Notfallbereitschaft in den Anlagen

5.4.1.1 Schnelle Störfälle

Gemäss Konzept für den Notfallschutz in der Umgebung der Kernkraftwerke der Eidgenössischen Kommission für AC-Schutz (KOMAC) sind für die Vorbereitung des Notfallschutzes auch Szenarien zu betrachten, bei denen Radioaktivität aus Nebensystemen austreten kann, wie etwa bei einem Brand eines Abluftfilters. Solche Szenarien haben keine oder nur eine kurze Vorphase und erfordern deshalb eine besonders rasche Reaktion. Die Gefährdung

beschränkt sich in diesen Fällen auf das Gebiet der Zone 1.

Der Betreiber ist für die sofortige Alarmierung der Zone 1 verantwortlich. Der Standortkanton ist für die Durchsage der entsprechenden Radiomitteilung an die Bevölkerung zuständig.

Das Vorgehen bei einem «schnellen Störfall» wurde auf 1.7.2001 in Kraft gesetzt. Vorgängig hatte sich die HSK im Rahmen von Inspektionen zusammen mit je einem Vertreter der Standortkantone überzeugt, dass:

- die Regelung betreffend «schnelle Störfälle» in den Notfalldokumenten der Werke korrekt verankert ist,
- die Ausbildung des Notfallstabes erfolgt ist,
- die Beurteilung der Aktivitätsabgabemenge und die Alarmierung der Kantonspolizei und der Gemeinden der Zone 1 durch das Werk zweckmässig geregelt ist.

Ebenfalls instruiert wurden die deutschen Gemeinden in einem Umkreis von 5 km um Leibstadt (entspricht der Zone 1 in der Schweiz). Dabei würde auf deutschem Gebiet die gleiche Massnahme wie in der Schweiz – nämlich Verbleiben im Haus – angeordnet werden. Neben

den Kernkraftwerken gilt diese Regelung auch bei einem Flugzeugabsturz auf Gebäude des Zentralen Zwischenlagers Würenlingen, allerdings nur für eine kleinere Gefährdungszone.

5.4.1.2 Notfallübungen

Notfallübungen haben den Zweck, die Ausbildung und Zusammenarbeit der in Notfallorganisationen eingeteilten Personen zu fördern, den Einsatz der organisatorischen und technischen Mittel unter möglichst realistischen Bedingungen zu überprüfen und die allgemeine Notfallbereitschaft zu erhöhen.

Die Anforderungen der HSK an Planung und Durchführung von Notfallübungen in den schweizerischen Kernkraftwerken sind in der Richtlinie HSK-R-45 festgelegt. Es wird in der Regel pro Jahr und Kraftwerk eine Notfallübung mit Behördenbeobachtung durchgeführt.

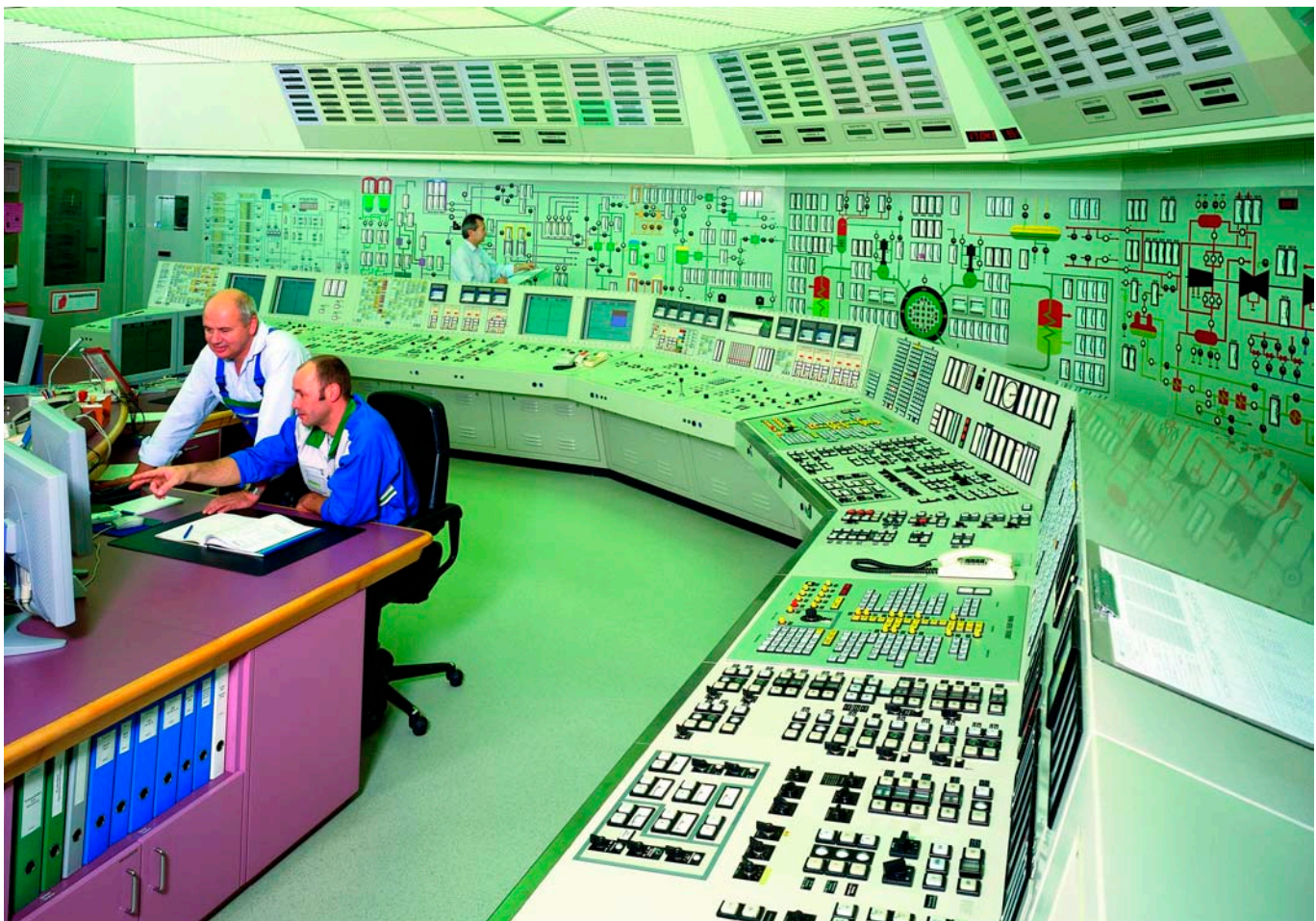
Folgende Übungen fanden im Berichtsjahr statt:

Kernkraftwerk Beznau (KKB): Stabsnotfallübung «ONKEL SAM».

Thema der Übung war ein durch Einwirkung von Aussen ausgelöster Störfall, welcher vom Notfallstab mit Hilfe der neu entwickelten

Kommandoraum im KKW Beznau.

Foto: KKB



SAMG-Entscheidungshilfen bewältigt werden musste (vergleiche Kap. 5.1.3).

Kernkraftwerk Gösgen (KKG): Werksnotfallübung «INTERMEZZO».

Als Übungsthema wurde eine Unterbindung der primären Kühlwasserzufuhr zum Kraftwerk durch eine externe Tätergruppe sowie die gleichzeitige, vom ersten Ereignis unabhängige Kontamination von Anlageräumen infolge einer Leckage in einem Probenahmesystem angenommen.

Kernkraftwerk Leibstadt (KKL): Sicherheitswerksnotfallübung «CRASH».

Im Szenario wurde angenommen, dass eine Gruppierung mit der Sprengung von externen und internen – auch sicherheitsrelevanten – Kraftwerkseinrichtungen mit bereits deponierten Bomben droht. Die Gruppierung demonstrierte durch Zündung von Sprengsätzen an Leitungsmasten ausserhalb des Werkareals, dass ihre Forderungen ernst zu nehmen sind. Neben der Überprüfung der Zweckmässigkeit der von KKL ergriffenen Gegenmassnahmen galt es auch, die Zusammenarbeit mit der Polizei zu überprüfen.

Kernkraftwerk Mühleberg (KKM): Werksnotfallübung «DEKA».

Die Übung postulierte, dass im Reaktorgebäude als Folge einer Leckage im Bereich der Primärwasserreinigung Kontaminationen auftraten und es mehrere Verletzte gab. Da die Leckage anfänglich nicht gestoppt werden konnte, musste eine Begehung des Drywells vorgesehen werden.

Zentrales Zwischenlager Würenlingen (ZZL/ZWILAG); Paul Scherrer Institut (PSI): gemeinsame Notfallübung «STERNALER».

Die Übungsanlage sah vor, dass es im ZWILAG bei der Inspektion eines Fasses zu einer Verpuffung von zündfähigem Gas mit örtlichem Brand sowie Personenverletzungen und Kontaminationen kommt. Auf Grund einer Zusammenarbeitsvereinbarung unterstützte das PSI mit eigenen Einsatzkräften in den Bereichen Feuerwehr, Strahlenschutz und Sanität die Übung.

Ebenso war eine zweckmässige Abstimmung im Bereich der Medienarbeit zwischen dem ZWILAG und dem PSI gefordert.

Die HSK stellte fest, dass bei den inspizierten technischen Notfallübungen die Übungsziele weitgehend erreicht werden konnten und die Anlagen über einen hohen Stand in der Notfallbereitschaft verfügen. Sinnvolle Anpassungen an neue technische und organisatorische

Erfordernisse werden zweckmässig und selbstverantwortlich durchgeführt.

Die Inspektionen der Notfallkommunikationsmittel der Kernkraftwerke mit externen Stellen zeigten, dass diese Einrichtungen einsatzbereit sind.

5.4.2 Notfallbereitschaft in der Umgebung

5.4.2.1 Arbeiten im Zusammenhang mit der Eidgenössischen Kommission für AC-Schutz (KOMAC)

Die Eidgenössische Kommission für AC-Schutz koordiniert die Vorbereitungsarbeiten für den Fall erhöhter Radioaktivität unter den Bundesstellen und mit den Kernkraftwerken und unterstützt die Kantone im Hinblick auf die Umsetzung der Notfallschutzbereitschaft. In diesem Sinne hat die KOMAC zuhanden der Kantone und Gemeinden in den Notfallzonen der Kernkraftwerke (20 km Distanz) eine Normdokumentation und zugehörige Checklisten erstellt. Die Normdokumentation gibt Erläuterungen zum Bundeskonzept und soll eine einheitliche Interpretation auf allen Stufen sicherstellen. In einem Grundlagenteil wird der Alarmierungsablauf erläutert und die sich daraus ergebenden Aufgaben für die Kantone und Gemeinden. Die Anforderungen an die Notfallschutzbereitschaft in der Vorbereitung und im Einsatz bilden einen weiteren Schwerpunkt. In Anhängen sind Checklisten für die Führungsorgane der Kantone und Gemeinden, aber auch für die Leiter von Schulen, Heimen, Spitäler und lokalen Verkehrsbetrieben enthalten, in denen das spezifische Verhalten dieser Stellen bei den verschiedenen Alarmstufen aufgelistet ist.

Die Dokumentation kann im Internet eingesehen werden unter: www.hsk.psi.ch/hsk-publ.htm.

5.4.2.2 Gesamtnotfallübung HERMES II

Die gemäss HSK-R-45 im Jahre 2000 vorgesehene Gesamtnotfallübung (GNU) ist auf Antrag des Kantons Bern vom Präsidenten der KOMAC auf zwei Teilübungen aufgeteilt worden. Im Jahre 2000 ist von KKM «HERMES I» als Stabsnotfallübung (SNU) mit dem Schwerpunktthema «Zusammenarbeit der technischen Instanzen, einschliesslich der Vorbereitung der Information» durchgeführt worden.

Bei der im Jahre 2001 durchgeführten Gesamtnotfallübung «HERMES II» handelte es sich um die eigentliche GNU. Zweck war die Überprüfung der Information der Bevölkerung der Schweiz, insbesondere der Bevölkerung

des Kantons Bern bei einem Störfall im Kernkraftwerk Mühleberg. Das Szenario basierte – von einigen zeitlichen und radiologischen Anpassungen abgesehen – weitgehend auf demjenigen der Übung HERMES I (siehe HSK Jahresbericht 2000, Kap. 2.5) und fand unter Mitwirkung der bei einem Störfall beteiligten Instanzen von Bund, Standortkanton und Kernkraftwerk statt.

Die Übung hat gezeigt, dass die verantwortlichen Stellen bereit sind, auf ausserordentliche Ereignisse weitgehend richtig und zeitgerecht zu reagieren, die notwendigen Massnahmen zu ergreifen und die Bevölkerung sachgerecht zu informieren. Verbesserungsmöglichkeiten sind im Bereich der technischen Kommunikation sowie in der Ausbildung der Gemeindeführungorgane erkannt worden.

5.5 Die Inspektionstätigkeit der HSK

5.5.1 Inspektionen im Rahmen der HSK-Aufsicht

5.5.1.1 Generell

Die HSK hat als Behörde des Bundes entsprechend der «Verordnung betreffend die Aufsicht über Kernanlagen» vom 14. März 1983 die Aufsicht über die schweizerischen Kernanlagen auszuführen. Die Aufsicht über die Kernanlagen beinhaltet sämtliche Phasen von der Planung, Erstellung, über den Betrieb bis hin zur Stilllegung, einschliesslich der Bewertung der Qualitätssicherungsmassnahmen der Bauherren, Betreiber sowie teilweise auch der Lieferanten. Im Weiteren unterliegt der Ausbildungsstand des Personals (Betrieb, Unterhalt, Strahlenschutz usw.) und die Überwachung der Einhaltung der geltenden Gesetze, Verordnungen, Richtlinien und Regelwerke sowie der betrieblichen Vorschriften der HSK-Aufsicht.

Die Betreiber von Kernanlagen haben ihrerseits die ungeteilte Verantwortung für einen sicheren Zustand und Betrieb ihrer Anlagen während der gesamten Betriebsdauer und darüber hinaus. Ausschlaggebend sind dabei die gesetzlichen und behördlichen Bestimmungen, die relevanten Regelwerke, der Stand von Wissenschaft und Technik sowie die gemachten Erfahrungen.

Damit eine ganzheitliche Beurteilung aller Aspekte der nuklearen Sicherheit und des Strahlenschutzes ermöglicht wird, stützt sich die Aufsichtstätigkeit der HSK auf drei Säulen ab:

1. Inspektionstätigkeit
2. Gutachten- und Freigabeverfahren, Sicherheitsanalysen und Stellungnahmen
3. Auswertung der Berichterstattung der Kernkraftwerke

Im Rahmen von Punkt 3 ist als weiteres Aufsichtsinstrument die Einführung von Sicherheitsindikatoren geplant.

Inspektionen sind ein zentrales Instrument bei der Aufsicht über die nukleare Sicherheit und den Strahlenschutz der Kernanlagen mit dem Ziel, sich ein Urteil zum Anlagezustand und zum Betrieb bilden zu können. Mit der Anwendung des Basisinspektionsprogrammes erhielt die HSK Einblick, ob die Betreiber ihre Anlage in Übereinstimmung mit den gesetzlichen und behördlichen Anforderungen betreiben (Konformitätsüberprüfung). Weiterhin sollen Inspektionen auch dazu dienen, vorausschauend potentielle Schwachstellen bei der nuklearen Sicherheit und dem Strahlenschutz zu erkennen um frühzeitig Gegenmassnahmen einleiten zu können (Sicherheitsvorsorge-Überprüfung).

5.5.1.2 Die Inspektionssystematik der HSK

Die HSK hat zwischen 1999 und 2001 ihre Inspektionstätigkeit in ihr neues Qualitätsmanagementsystem integriert. Hierbei wurden auch die Erfahrungen und Vorgehensweisen von Behörden anderer Länder sorgfältig analysiert und soweit wie sinnvoll berücksichtigt. Innerhalb des nach ISO 9001 zertifizierten HSK-Qualitätsmanagementsystems erfolgten die Inspektionen nach dem Kernprozess «Kontrolle und Inspektion».

Dieser Kernprozess sieht folgende Inspektionsarten in den Kernanlagen vor:

- *Basisinspektionen*
- *Thematische Schwerpunktinspektionen*
- *Reaktive Inspektionen*

Sie bilden die Grundlage für die Jahresinspektionsplanung der gesamten HSK.

Basisinspektionsprogramm (BIP)

Das BIP bildet zusammen mit den Schwerpunktinspektionen die Grundlage für die Jahresplanung der Inspektionstätigkeit der HSK in den Kernkraftwerken. Das BIP enthält alle periodisch wiederkehrenden HSK-Inspektionen für alle sicherheitsrelevanten Bereiche und Tätigkeiten in den KKW während des Betriebs und des Revisionsstillstandes. Es deckt dabei alle Bereiche der betrieblichen Sicherheit der KKW ab und enthält die relevanten Themen

wie den Strahlenschutz, die Reaktorsicherheit, die Behandlung radioaktiver Abfälle, den Notfallschutz usw. Die Auswahl und die Intervalle der Inspektionen im BIP berücksichtigen folgende deterministische und zunehmend auch probabilistische Kriterien:

- die Sicherheitsbedeutung von Bauwerken, Ausrüstungen, Systemen und Komponenten;
- die Bedeutung von betrieblichen und sicherheitsrelevanten Prozessen und der zugrunde liegenden Betriebsvorschriften;
- die Risikobedeutung von Bauten, Systemen usw. und von Operateurhandlungen auf der Grundlage von Ergebnissen der probabilistischen Sicherheitsanalyse (PSA) sowie nationalen und internationalen Versagens- und Ausfallstatistiken (risikoinformierte Anteile);
- die Sicherheitsbedeutung bei der Auswahl und bei der Ausbildung des KKW-Personals;
- die Sicherheitsbedeutung von Qualitätssicherungsprogrammen, Organisations- und Strukturänderungen;
- den Stand der internationalen KKW-Betriebs Erfahrung sowie die internationale Behörden Erfahrung bei der Aufsicht und
- bekannte öffentlichkeitsrelevante Aspekte.

Der Planungszeitraum des BIP für einzelne HSK-Inspektionen erstreckt sich zwischen 1 Jahr und 10 Jahren. Innerhalb von 10 Jahren werden alle Inspektionen des BIP in einem KKW ausgeführt. Die Ergebnisse bilden einen wichtigen Teil der Bewertungsbasis bei den einmal in 10 Jahren durchgeführten Periodischen Sicherheitsüberprüfungen (PSÜ).

Das BIP weist ein ausgewogenes Verhältnis zwischen prozess- und ergebnisorientierten Inspektionen (PO-I und EO-I) auf. Es weist den sektionsübergreifenden Teaminspektionen einen hohen Stellenwert zu. Die HSK wird in ihrem Basisinspektionsprogramm durch das Nuklearinspektorat des SVTI unterstützt, das beauftragt ist, während der Revisionsstillstände die zerstörungsfreien wiederkehrenden Prüfungen zu inspizieren.

Reaktive Inspektionen

Erfahrungsgemäss sind ein nicht zu vernachlässigender Anteil der jährlich anfallenden Inspektionen reaktive Inspektionen. Dies sind Inspektionen, die zumeist in der Folge von Vorkommnissen, oder aufgrund kurzfristig geplanter Instandhaltungs- und Anlagenänderungsarbeiten zur Anwendung kommen. Es sind in der Regel kurz- bis mittelfristig absehbare Inspektionen, die sich jedoch nicht im

Rahmen des BIP am Anfang des Jahres planen lassen.

Schwerpunktsinspektionen

Schwerpunktsinspektionen stellen einen kleinen Teil von Inspektionen dar, der sich beispielsweise aus aktuellen internationalen Erkenntnissen, aus systematischen Feststellungen aus dem Vorjahr usw. ergeben. Solche Inspektionsschwerpunkte werden durch die Geschäftsleitung der HSK zu Jahresbeginn vorgegeben und werden entsprechend in die Jahresplanung aufgenommen.

5.5.1.3 Ergebnis- und prozessorientierte Inspektionen

Inspektionen sind seit jeher aus prozess- und ergebnisorientierten Anteilen aufgebaut. Diese Anteile wurden jedoch in der Vergangenheit nicht explizit unterschieden und gewichtet.

Die langjährigen Erfahrungen zeigen, dass Kernanlagen mit einer prozessorientierten Arbeitsweise gute Sicherheits- und Strahlenschutzergebnisse erzielen. Deshalb liegt der inhaltliche und kapazitätsmässige Schwerpunkt der Inspektionstätigkeit der HSK vermehrt bei der Inspektion von betrieblichen Abläufen, d.h. bei prozessorientierten Inspektionen (PO-I). Bei PO-I werden schwerpunktmässig Prüfanweisungen, Arbeitsanweisungen, übergeordnete Reglemente und Betriebsvorschriften für sicherheitsrelevante Handlungen oder Prüfungen inspiziert. Zusätzlich zum eigentlichen Ergebnis werden die Wirksamkeit, die Vollständigkeit, die Kohärenz, die Befolgung und Benutzerfreundlichkeit der Vorgaben und Vorschriften beurteilt. Hier kommen auch menschliche und organisatorische Aspekte zum Tragen. PO-I werden von der HSK in interdisziplinär zusammengesetzten Fachteams durchgeführt. PO-I dienen der HSK somit zur Prüfung, ob die Prozesse für sicherheitsrelevante Tätigkeiten in der Praxis tatsächlich ausreichende Qualität aufweisen.

Die ergebnisorientierten Inspektionen (EO-I) dienen der HSK dazu, die Konformität von Resultaten (Arbeitsergebnisse, Messresultate, Grenzwerteinhaltung) sicherheitsrelevanter Tätigkeiten gegenüber den gesetzlichen, behördlichen und freigabepflichtigen betriebsinternen Vorgaben und Bestimmungen zu prüfen. Um eine optimale Inspektionseffektivität zu erreichen, werden bei der Vorbereitung aller Inspektionen die verschiedenen Anteile EO-I und PO-I klar differenziert und gewichtet.

5.5.2. MOSAIK – Inspektionskatalog zur Erfassung menschlicher und organisatorischer Sicherheitsaspekte

Eine gute und richtige Organisation, ein hoher Ausbildungsstand und eine gut entwickelte Sicherheitskultur des Personals stellen bei den vielfältigen Tätigkeiten in einem KKW unabdingbare Voraussetzungen für den sicheren Betrieb einer Kernanlage dar. Technische Fachinspektionen werden deshalb durch einen Inspektionsfragen-Katalog ergänzt, welcher die menschlichen (sog. Human Factors, HF) und organisatorischen Aspekte speziell berücksichtigt.

MOSAIK-Erhebungen untersuchen nicht technische Ergebnisse, sondern sind ausschliesslich prozessorientiert. Einzelbeobachtungen und -ergebnisse sind dabei nur von untergeordneter Bedeutung. Hingegen deuten gehäufte gleichartige Feststellungen von organisatorischen Abweichungen oder Mängeln in ähnlichen Gebieten auf eine schleichende Veränderung oder gar auf eine systematische Schwachstelle innerhalb der Organisation hin. Es ist das Ziel der HSK, mit diesem Vorgehen einen vertieften Einblick in die Wirksamkeit der sicherheitsrelevanten Abläufe in den Werken zu erhalten. Sicherheitsrelevante Trends und allfällig daraus abgeleitete Forderungen werden den KKW mitgeteilt.

MOSAIK ist ein neues Inspektionsmittel, mit dem Veränderungen und Mängel bei der Qualität von Arbeits-, Test- und Prüfvorbereitungen, den Arbeitsbedingungen, bei den Tests und Prüfungen und bei der Betriebsführung frühzeitig erkannt werden sollen. Das Inspektionsmodul MOSAIK wurde von der HSK während der Stillstandsperiode 2001 im Rahmen ihrer technischen Fachinspektionen in allen KKW angewendet.

5.5.3. Inspektionen im Jahre 2001

Im Rahmen ihrer Aufsichtstätigkeit führte die HSK im Jahre 2001 353 Inspektionen durch. Eine Aufgliederung dieser Inspektionen auf die einzelnen Kernanlagen ergibt folgendes Bild:

Die Mehrzahl dieser Inspektionen sind Inspektionen aus dem BIP während Betrieb und Stillstand.

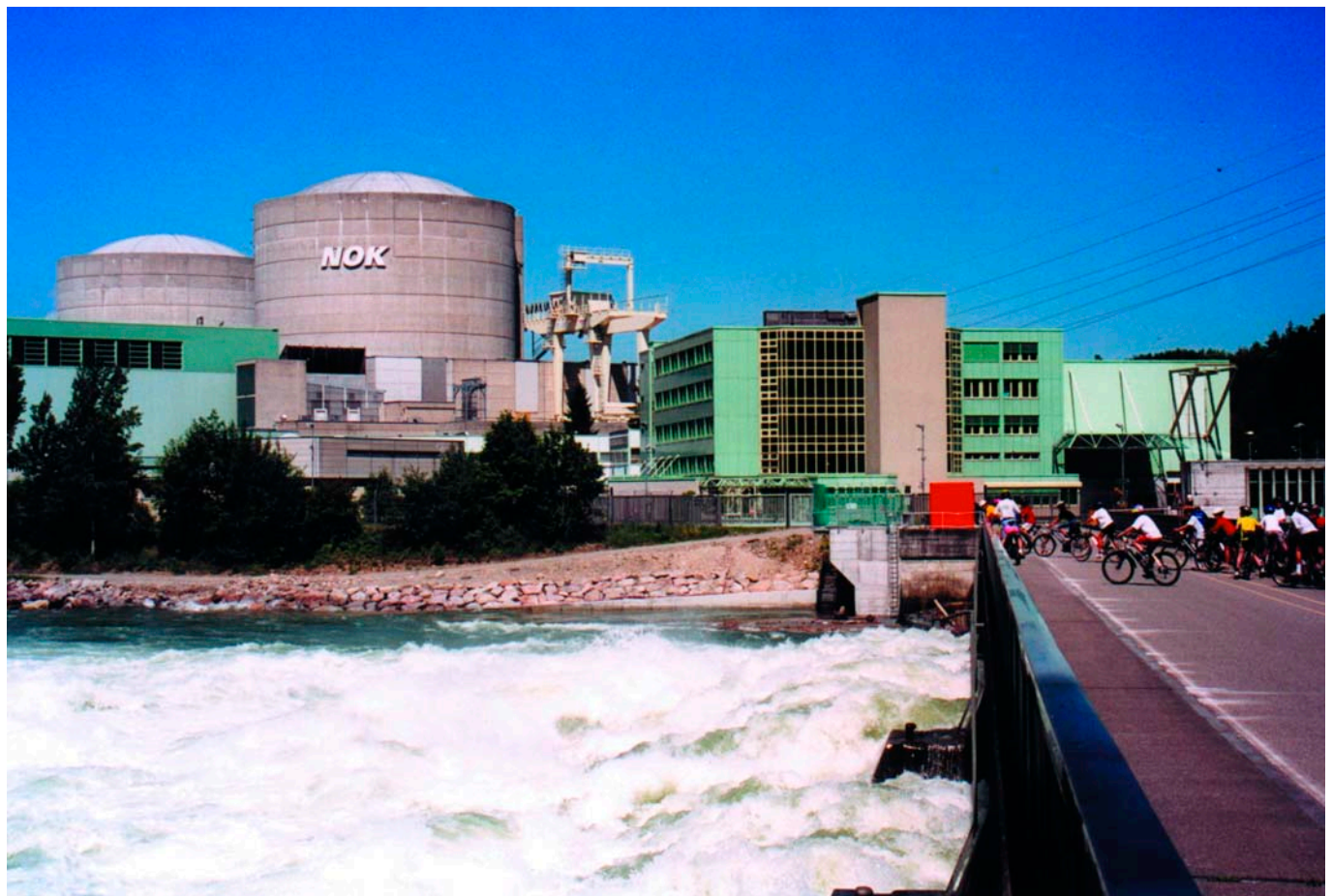
Nicht enthalten in der obigen Tabelle sind die Inspektionen des SVTI, der die HSK bei der Inspektion zu wiederkehrenden Werkstoffprüfungen an druckführenden sicherheitsklassierten Komponenten unterstützt. Diese Inspektionen werden vom SVTI während des Stillstandes durchgeführt. Abhängig von den jeweiligen Prüfprogrammen führte der SVTI im Jahr 2001 zwischen 150 und 200 Inspektionen in jedem KKW durch.

Einen Schwerpunkt bildeten im Jahr 2001 die HSK-Inspektionen während des Ersatzes und der Inbetriebnahme des Reaktorschutz- und Regelsystems im KKB 2. Weiterhin wurden einige unangemeldete Inspektionen durchgeführt. Beispielsweise wurde bei verschiedenen KKW die Arbeiten zur Schichtübergabe im Kommandoraum inspiziert. Dabei interessierte vor allem die Schichtübergabe, Schichtbesetzung, Aufzeichnung des Betriebsgeschehens, Kenntnis des Anlagenzustands und die Aktualität der Dokumentation.

Die Inspektionen wurden mehrheitlich durch Einzelpersonen (Vertreter der Fachsektionen) ausgeführt. Fachgebietsübergreifende Inspektionsthemen werden durch Vertreter der involvierten Sektionen als Teaminspektionen durchgeführt. Etwa 20% der technischen Inspektionen wurden im Jahr 2001 durch MOSAIK-Inspektionen ergänzt.

Mehr als 60% der Inspektionen ergaben ausschliesslich positive Resultate. Bei etwa 30% aller Inspektionen hat die HSK in Teilbereichen Hinweise gemacht, insgesamt waren die Inspektionsergebnisse positiv. Bei weniger als 3% der Inspektionen verlangte die HSK zusätzliche Abklärungen oder Massnahmen. Diese stellten aber keine sicherheitstechnischen Defizite dar, die den sicheren Betrieb der Anlagen in Frage gestellt hätten. Im organisatorischen und HF-Bereich wurden ebenfalls keine systematischen Veränderungen festgestellt, die den sicheren Betrieb der Anlagen in Frage stellen würden.

Inspektionen der HSK im Jahre 2001								
Anlage	KKB	KKM	KKG	KKL	ZZL	PSI	Andere	Total
Total	83	66	60	71	26	46	1	353



5.6. Die Sicherheit der Schweizer Kernkraftwerke bei einem Flugzeugabsturz

Im Nachgang zum Terroranschlag vom 11. September 2001 hatte die HSK erste Beurteilungen zur Sicherheit der Schweizerischen Kernkraftwerke bei diesem neuartigen Terrorszenarium angestellt.

Kernkraftwerke sind die wohl am besten geschützten zivilen Einrichtungen gegen Naturkatastrophen aber auch gegen menschliche Einwirkungen. Dies gilt zum einen für Einwirkungen von innen, wie z.B. Brand oder Sabotageaktionen als auch für verschiedene Einwirkungen von aussen, wie z.B. schwere Erdbeben und den Flugzeugabsturz (FLA). Die massiven stahlbewehrten Fundamente und die Betonstrukturen der Reaktorgebäude mit ihren grossen Wandstärken bilden dabei einen wirksamen Schutz. Ein nicht absichtlich herbeigeführter FLA auf ein Kernkraftwerk bleibt auch in Zukunft ein extrem seltenes Ereignis. Seit der fast 50-jährigen Kernenergienutzung gab es weltweit keinen FLA auf ein Kernkraftwerk. Die langjährigen internationalen Flugunfallstatistiken zeigen denn auch, dass die Absturzwahrscheinlichkeit für ein Grossflugzeug auf eine Flächenparzelle von der Grösse eines Kernkraftwerks weniger als ein Unfall pro 1 Million Jahre ist. Derartig niedrige Wahrscheinlichkeiten rechnet man allgemein dem Restrisiko zu. Auch in anderen Bereichen werden gegen derartig kleine Restrisiken keine expliziten Schutzmassnahmen getroffen. Die Schweiz und Deutschland gehören dennoch zu den wenigen Ländern, in denen seit Mitte der 70-er Jahre Kernkraftwerke gegen den Flugzeugabsturz ausgelegt werden. Für die Kernkraftwerke wurde der äusserst seltene Absturz eines grossen Verkehrsflugzeugs (B 707-320) mit Landeanflugsgeschwindigkeit und einer Resttreibstoffmenge unterstellt. Diese Bedingungen ergaben sich aus dem relativ nahen Landeanflugverkehr zum Flughafen Kloten. Es entsprach seit jeher dem Vorgehen bei der Erstellung von Kernanlagen, dass die tatsächliche Auslegung sowohl der älteren als auch vor allem der neueren Kernkraftwerke gegen mechanische äussere Einwirkungen äusserst konservativ vorgenommen wurde. Diese Konservativität bildet eine Sicherheitsreserve, deren Grösse bislang nicht explizit ermittelt worden war.

Links im Bild die beiden Reaktorgebäude des KKW Beznau.

Foto: KKB

Die zentrale Fragestellung im Herbst 2001 war also, ob und inwieweit die konkrete Auslegung der bestehenden Kernkraftwerke ausreichend ist, um die Anlagen auch in Zukunft vor einem terroristischen Luftangriff, wie er gegen das WTC geführt worden war, zu schützen. Diese Frage konnte zu diesem Zeitpunkt nicht schlüssig beantwortet werden. Den Stand der Kenntnisse zum Schutzgrad der Schweizer Kernkraftwerke bis zum 11. September 2001 hat die HSK in einem Bericht zusammengestellt und veröffentlicht (www.hsk.psi.ch).

Die HSK hat noch im September 2001 die Kernkraftwerksbetreiber beauftragt, eine vertiefte Analyse zur Sicherheit der schweizerischen Kernkraftwerke bei einem gezielten Flugzeugangriff durchzuführen. Bereits im Oktober letzten Jahres trat eine Expertengruppe zusammen, an welcher auch Experten der HSK als Beobachter teilnahmen. Die Aufgabenstellung für die Gruppe beinhaltet eine detaillierte Analyse der Folgen eines FLA auf die schweizerischen Kernkraftwerke. Berücksichtigt werden verschiedene Bedingungen wie die möglichen Flugzeugtypen, deren Gewicht, die Treibstoffmenge und die Angriffsgeschwindigkeit. Die Expertengruppe interessiert vor allem die «Durchstanzwahrscheinlichkeit» des Reaktorgebäudes und die Wahrscheinlichkeit und die Folgen eines grossen Kerosinbrandes.

Es ist dabei zu prüfen, inwieweit die Schutzziele «Sicheres Abschalten der Anlage», «Sichere Wärmeabfuhr aus dem Reaktorkreislauf» und «Einschluss der Radioaktivität» nach einem solchen Angriff von den Kernkraftwerken noch erfüllt werden können.

Die HSK und die beauftragte Arbeitsgruppe stehen mit Expertengruppen und den Behörden der USA, Deutschland und Schweden in engem Kontakt, da auch in diesen Ländern ähnliche Analysen durchgeführt werden. Zudem arbeiten die Schweizer Experten in einer neuen, international zusammengesetzten Expertengruppe der OECD-NEA mit, welche an einer Aktualisierung, Systematisierung und Präzisierung von Datenmaterial, mathematischen Methoden und Modellen zum Flugzeugabsturz auf eine Kernanlage arbeitet.

Erste vorläufige Abschätzungen der Arbeitsgruppe mit den weltweit neuesten verfügbaren Daten, Methoden und Berechnungsmodellen lassen für alle schweizerischen Kernkraftwerke auf einen höheren Schutzgrad schliessen, als bisher angenommen.

Die HSK wird im Sommer 2002 die Methoden- und Ergebnisberichte der Arbeitsgruppe prüfen, mit dem dann verfügbaren internationalen Stand des Vorgehens und des Wissens vergleichen und die Ergebnisse in einem Bericht zusammenstellen.

6. ZENTRALES ZWISCHENLAGER WÜRENLINGEN

6.1 Zwischenlagerteile

Der Bundesrat erteilte am 21. August 1996 der Zwischenlager Würenlingen AG (ZWILAG) die Bewilligung für den Bau und den Betrieb von Zwischenlagerhallen für radioaktive Abfälle einschliesslich dazugehöriger Nebenanlagen sowie für den Bau einer Konditionierungsanlage und einer Verbrennungs- und Schmelzanlage in Würenlingen. Der Bau und der Betrieb dieser Anlagen – gesamthaft Zentrales Zwischenlager Würenlingen (ZZL) genannt – ist der Aufsicht der HSK unterstellt. Die HSK hat sowohl die Bau- und Montagearbeiten als auch die Inbetriebnahmepreparierungen durch Prüfung und Freigabe der eingereichten Unterlagen (Pläne, Nachweise, Berechnungen usw.) und durch Inspektionen verfolgt und kontrolliert.

Die Zwischenlagerteile des ZZL umfassen die Behälterlagerhalle für abgebrannte Brennelemente und verglaste hochaktive Abfälle aus der Wiederaufarbeitung (Glaskokillen), das massive Lagergebäude für mittelaktive Abfälle und die sich derzeit im Bau befindende Lagerhalle für schwach- und mittelaktive Abfälle. Dazu gehören auch das Empfangsgebäude und die Heisse Zelle.

Ein wichtiger Aspekt bei der Lagerung von abgebrannten Brennelementen und Glaskokillen ist die Wärmeentwicklung der Abfälle und die Auswirkungen der erhöhten Temperatur auf die Gebäudestruktur. Bei den von den Kernkraftwerksbetreibern bestellten Behältertypen können während der Lagerung Oberflächentemperaturen im Bereich von 100 °C auftreten. Zur Zeit der Auslegung der Lagerhalle war, dem damaligen Kenntnisstand entsprechend, ein Wert von 60 °C zugrunde gelegt worden. Die ZWILAG hatte deshalb im zweiten Halbjahr 2000 Untersuchungen eingeleitet mit dem Ziel, die Zulässigkeit von Temperaturen von mehr als 60 °C an den Behälteroberflächen nachzuweisen. Die HSK hat 2001 die von der ZWILAG eingereichten Nachweise geprüft. Sie kam zum Schluss, dass bei der Lagerung der drei von der ZWILAG für die ersten Betriebsjahre vorgesehenen Behältertypen (TN97L und TN24G für abgebrannte Brennelemente sowie CASTOR



**Neue Baustelle
der SMA-Halle.**

Foto: ZWILAG

HAW 20/28 CG für Glaskokillen) keine Temperaturen zu erwarten sind, die unzulässige Auswirkungen auf die Gebäudestruktur und die Ausrüstungen des Lagers haben.

Im Hinblick auf die Freigabe des aktiven Betriebs der Behälterlagerhalle und der weiteren Anlagenteile, die für die Lagerung von Transport- und Lagerbehältern (TL-Behältern) benötigt sind, waren Voraussetzungen hinsichtlich der notwendigen Ausrüstungen, der Betriebsdokumentation und des Personals zu erfüllen. Die HSK hatte die ZWILAG bereits in früheren Jahren darauf aufmerksam gemacht, dass der Personalbestand des ZZL zu knapp bemessen war und dass deshalb Verzögerungen bei der Betriebsfreigabe zu erwarten waren. Im Frühjahr 2001 beschloss die ZWILAG nach einer erneuten Aufforderung der HSK eine signifikante Aufstockung des Personalbestandes. Im ersten Halbjahr 2001 prüfte die HSK die Betriebsdokumentation der ZWILAG und überzeugte sich, dass anlagenseitig die notwendigen Ausrüstungen zur Verfügung standen. Da die Voraussetzungen für einen sicheren Betrieb vorhanden waren, erteilte die HSK im Juni 2001 die Betriebsfreigabe für das HAA/BE-Lager, die Umladestation, den Empfangsbereich E, die Heisse Zelle Z, die Nebengebäude sowie die Garderobe und die unterirdischen Gänge der Konditionierungsanlage. Die Einlagerung jedes

einzelnen TL-Behälters bedarf einer weiteren HSK-Freigabe.

Nach der Freigabe für die Einlagerung eines TL-Behälters mit 97 abgebrannten Brennelementen aus dem Kernkraftwerk Leibstadt (KKL) wurde dieser Anfang Juli 2001 zum ZZL transportiert und dort eingelagert. Nach einem weiteren Behälter mit abgebrannten Brennelementen aus dem KKL im November wurde im Dezember 2001 der erste Behälter mit 28 Glaskokillen von COGEMA eingelagert (vgl. 6.4). Die HSK hat alle drei Einlagerungsaktionen intensiv inspiziert.

Ende Oktober 2001 wurde der Betrieb des Lagers für mittelaktive Abfälle (MAA-Lager, Gebäude M) von der HSK mit Einschränkungen freigegeben: Insbesondere dürfen Abfälle mit hoher Oberflächendosisleistung und brennbare Abfälle vorerst nicht eingelagert werden, da noch nicht alle dafür benötigten Ausrüstungen zur Verfügung stehen bzw. noch nicht alle erforderlichen Nachweise erbracht wurden. Diese Einschränkungen sind im Hinblick auf die Jahre 2001 bis 2002 ohne Bedeutung, da gemäss Planung der ZWILAG in dieser Zeit keine solchen Abfälle eingelagert werden sollen. Zum gleichen Zeitpunkt hat die HSK die Einlagerung von Abfällen des Kernkraftwerks Mühleberg, die aus der Hochdruckverpressungskampagne 2001 im Kernkraftwerk Leibstadt stammten, in das MAA-Lager freigegeben. Der Transport und die Einlagerung dieser Abfälle (134 Gebinde) fanden im November unter Aufsicht der HSK statt.

Die Bauarbeiten für das Lagergebäude für schwach- und mittelaktive Abfälle (Gebäude S) wurden von der ZWILAG in der ersten Jahreshälfte in Angriff genommen. Nach Prüfung der eingereichten Unterlagen konnte die HSK die erforderlichen Baufreigaben erteilen. Gemäss Planung der ZWILAG wird dieses Lagergebäude erst in einigen Jahren benötigt.

6.2 Konditionierungsanlage

Der Bau der Konditionierungsanlage des ZZL wurde vom Bundesrat am 21. August 1996, deren Betrieb am 6. März 2000 bewilligt. 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. Bereits im Jahr 2000 hatte die ZWILAG die Montage der

Systeme und der Instrumentierung bis auf wenige Ausnahmen abgeschlossen und die Vorbereitungen zur Betriebsaufnahme in die Wege geleitet. Die HSK hatte diese Aktivitäten der ZWILAG mittels Prüfung der eingereichten Dokumentation und Inspektionen vor Ort verfolgt und kontrolliert.

Die ZWILAG hat im Berichtsjahr ihre Priorität auf die Einlagerungen von TL-Behältern gelegt. Wegen der beschränkten Personalkapazitäten hat sie darauf verzichtet, die vorgesehene Hochdruckverpressungskampagne in der Konditionierungsanlage durchzuführen. Lediglich die für den Lagerbetrieb erforderlichen Anlagenteile der Konditionierungsanlage (Umkleidegarderobe und unterirdische Gänge) wurden in Betrieb genommen. Das Freigabeverfahren für den Betrieb der Konditionierungsanlage wird voraussichtlich 2002 abgeschlossen. Diese Verzögerung gegenüber der ursprünglichen Planung hat keine betrieblichen Konsequenzen, da für 2002 keine Konditionierungskampagnen vorgesehen sind.

6.3 Verbrennungs- und Schmelzanlage

Der Bau der Verbrennungs- und Schmelzanlage des ZZL wurde vom Bundesrat am 21. August 1996, deren Betrieb am 6. März 2000 bewilligt. In dieser Anlage sollen schwachaktive Abfälle aus dem Betrieb der schweizerischen Kernkraftwerke sowie aus Medizin, Industrie und Forschung unter Volumenreduktion durch Verbrennen und Einschmelzen in eine zwischen- und endlagerfähige Form gebracht werden. Im Anschluss an die Baubewilligung hat die HSK den Bau und die Montage der sicherheits- und strahlenschutztechnisch wichtigen Anlagenteile beaufsichtigt.

Im Rahmen des ersten Testbetriebes 2000 zeigte sich, dass die konventionellen, nichtradioologischen Grenzwerte gemäss Luftreinhalteverordnung nicht eingehalten werden konnten. Die ZWILAG hat sodann Anpassungen der Sauerstoffzufuhr in die Ofenkammer und in die Nachbrennkammer vorgenommen. Im April 2001 wurde anlässlich eines weiteren Testbetriebes festgestellt, dass bezüglich dieses Problems deutliche Verbesserungen erzielt werden konnten. Im Anschluss an diesen Testbetrieb wurden weitere Anpassungen vorgenommen, insbesondere hinsichtlich der Zufuhr der Abfallfässer in die Brennkammer.

Die ZWILAG rechnet damit, die Anpassungsarbeiten 2002 zu Ende zu führen und nach einem weiteren Testbetrieb die Anlage im Herbst 2002 inaktiv in Betrieb zu nehmen. Parallel dazu soll die Betriebsdokumentation erstellt werden. Die HSK wird diese Arbeiten aufmerksam verfolgen und prüfen, ob ein sicherer Betrieb der Anlage gewährleistet werden kann. Da die Pilotverbrennungsanlage des PSI wegen Nichteinhaltung der Grenzwerte der Luftreinhaltungsverordnung spätestens ab Frühjahr 2003 nicht weiterbetrieben werden darf, ist es wichtig, dass die Voraussetzungen für die Freigabe des aktiven Betriebs der neuen Verbrennungs- und Schmelzanlage möglichst rasch erfüllt werden.

6.4 Abfälle aus der Wiederaufarbeitung

In La Hague (Frankreich) wird abgebrannter Brennstoff aus schweizerischen Kernkraftwerken durch die Firma COGEMA im Rahmen der abgeschlossenen Verträge wiederaufgearbeitet. Auch für das Jahr 2001 ist die Menge der entstehenden Abfälle kleiner, als gemäss den Spezifikationen zu erwarten war. Die entspre-

chende Anlage der Firma BNFL in Sellafield (Grossbritannien) ist 1995 in Betrieb gegangen. Es wurde dort aber noch kein Brennstoff aus schweizerischen Kernkraftwerken aufgearbeitet.

Die Abfälle, die bei der Wiederaufarbeitung von Brennelementen aus schweizerischen Kernkraftwerken bei COGEMA und bei BNFL entstehen, müssen in die Schweiz zurückgenommen werden. Verglaste hochaktive Abfälle (Glaskokillen) aus der Wiederaufarbeitung bei COGEMA stehen für die Rückführung bereit. 1999 waren die Voraussetzungen betreffend Abfallspezifikation vollständig erfüllt. Die Prozedur zur Rückführung der Glaskokillen wurde im Jahre 2000 von den schweizerischen Kernkraftwerksbetreibern vorgeschlagen und nach Ergänzungen und Anpassungen von der HSK in Kraft gesetzt.

Die Rückführung der ersten Glaskokillen aus der Wiederaufarbeitung von abgebranntem Brennstoff aus dem Kernkraftwerk Gösgen fand 2001 statt. Der TL-Behälter wurde im November bei COGEMA beladen und im Dezember zum ZZL angeliefert. Ein weiterer TL-Behälter wurde im November mit Glaskokillen aus der Wiederaufarbeitung von Brennstoff aus dem Kernkraftwerk Beznau beladen und soll im

Vor dem ZWILAG-Areal: Antransport des ersten Transport- und Lagerbehälters mit abgebrannten Brennelementen.
Foto: ZWILAG



Frühjahr 2002 ins ZZL transportiert werden. Die HSK wohnt der Kontrolle der zurückzunehmenden Kokillen und deren Beladung in die TL-Behälter bei. Der Transport und die Einlagerung des ersten Behälters verliefen planmässig.

6.5 Beschaffung von Transport- und Lagerbehältern

Das bewilligte Konzept für die Zwischenlagerung von abgebrannten Brennelementen und von Glaskokillen besteht darin, diese Abfälle in massiven Transport- und Lagerbehältern (TL-Behältern) einzuschliessen. Die TL-Behälter werden von den Kernkraftwerken bzw. von den Wiederaufarbeitungsanlagen zum ZZL gebracht und dort in der Behälterlagerhalle (HAA/BE-Lager) aufgestellt. Diese Behälter müssen die Sicherheit der Zwischenlagerung gewährleisten. Zu diesem Zweck formulierte die HSK Referenzanforderungen an TL-Behälter, die in ihrem Gutachten vom Dezember 1995 um-

schrieben sind. Abweichungen davon sind nur dann zulässig, wenn der Schutz von Mensch und Umwelt anderweitig nachgewiesen wird.

Die Gesellschafter der ZWILAG haben bereits im Jahre 1996 die Beschaffung geeigneter TL-Behälter eingeleitet. Die HSK hat bisher der Wahl von drei Behältertypen für abgebrannte Brennelemente und zwei Behältertypen für Glaskokillen zugestimmt. Sie 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 wichtige Abnahmeprüfungen verfolgt. Aufgrund der eingereichten Sicherheitsberichte hat die HSK im Berichtsjahr zwei Behältertypen (TN97L für abgebrannte Brennelemente und CASTOR HAW 20/28 CG für Glaskokillen) geprüft. Sie kam zum Schluss, dass die Anforderungen für die sichere Zwischenlagerung im ZZL erfüllt sind. Die Zustimmung zum Einsatz von TL-Behältern dieser Typen war eine Voraussetzung für die erteilten Einlagerungsfreigaben.

7. PAUL SCHERRER INSTITUT (PSI)

7.1 Die Kernanlagen des PSI

Das PSI ist der Schweiz grösstes Forschungsinstitut für Natur- und Ingenieurwissenschaften. Zusammen mit in- und ausländischen Hochschulen, Instituten, Kliniken und Industriebetrieben arbeitet das PSI in den Bereichen Materialwissenschaften, Elementarteilchen-Physik, Umwelt- und Energieforschung sowie Tumorthherapie. Seit 1. Juli 2000 beschränkt sich die Aufsicht der HSK auf die Kernanlagen des PSI. Hierzu zählen der Forschungsreaktor PROTEUS, das zur Untersuchung von Kernbrennstoffen spezialisierte Hotlabor, die im Rückbau befindlichen Forschungsreaktoren SAPHIR und DIORIT sowie die Anlagen für die Entsorgung radioaktiver Abfälle. Die anderen Grossforschungsanlagen und Laborgebäude des PSI unterstehen der Aufsicht des Bundesamtes für Gesundheit.

7.2 Forschungsreaktor PROTEUS

In der Phase I der LWR-PROTEUS-Experimente wurden in diesem Forschungsreaktor detaillierte Leistungsverteilungen und Reaktivitätseffekte in unterschiedlichen Konfigurationen des Reaktorkerns mit Siedewasserreaktor-Brennelementen gemessen. Diese Messungen werden mit Rechenergebnissen theoretischer Modelle verglichen, um die für konventionelle Kernkraftwerke angewandten Simulationsprogramme zu verbessern.

Nach Beendigung dieser Experimente wurde im Jahr 2001 die Grundkonfiguration des Reaktors, der im zentralen Testtank neun Siedewasserreaktor-Brennelemente enthielt, leicht abgeändert. Das zentrale Brennelement in der Testzone wurde durch ein Druckwasserreaktor-Brennstabbündel ersetzt. In der Phase II des LWR-PROTEUS-Experimentierprogrammes sollen damit Untersuchungen zum Hochabbrand von Druckwasserreaktor-Brennelementen durchgeführt werden. Dazu können in einem Führungsrohr abgebrannte Brennstoffproben ins Zentrum des Brennstabbündels eingebracht werden. Im Berichtsjahr wurden dazu

in der umgebauten Anlage erste Tests mit frischen Brennstoffproben durchgeführt. Für den Umbau des Reaktors und den Einsatz der abgebrannten Brennstoffproben wurde vom PSI ein aktualisierter Sicherheitsbericht eingereicht. Die Umbauarbeiten wurden durch die HSK nach Prüfung der Sicherheitsaspekte mit Auflagen freigegeben. Voraussetzung für die geplanten Hochabbrand-Experimente war eine Sanierung der Lüftungsanlage des PROTEUS-Gebäudes. Diese Sanierungsarbeiten konnten im Berichtsjahr erfolgreich abgeschlossen werden.

Trotz der zeitaufwändigen Sanierungs- und Umbauarbeiten wurde der Reaktor im Jahr 2001 während 416 Stunden betrieben (2000:

Die Zermahlung der Reaktor-graphitblöcke aus dem DIORIT mit der abgebildeten Schredderanlage dient der Vorbereitung von endlagerfähigen Gebinden.

Foto: PSI



893 Stunden), davon 9 Stunden im Leistungsbetrieb (2000: 36 Stunden). Als Leistungsbetrieb wird der Betrieb oberhalb von 200 W bis zur maximal zulässigen Leistung von 1000 W bezeichnet. Die Kollektivdosis des Betriebspersonal (9 Personen) betrug 1,5 Personen-mSv. Der Bestand an lizenziertem Personal (5 Personen) hatte sich gegenüber dem Vorjahr nicht geändert.

7.3 Rückbau der Forschungsreaktoren SAPHIR und DIORIT

Aufgrund finanzieller und personeller Engpässe des PSI kamen die Rückbautätigkeiten am Forschungsreaktor SAPHIR im Berichtsjahr fast vollständig zum Erliegen. Ein Teil des frischen Uran-Brennstoffs für den SAPHIR konnte vom PSI ins Ausland verkauft werden. Der Beginn der Rückbauarbeiten wurde auf das Jahr 2002 verschoben. Die Kollektivdosis der im SAPHIR eingesetzten drei Personen war folglich unbedeutend.

Beim Rückbau des DIORIT-Reaktors wurden Anfang 2001 die letzten Betonsegmente des oberen, inneren Rings der biologischen Abschirmung herausgeschnitten und aus der Reaktorkammer entfernt. Ein Teil dieser Betonsegmente konnte als inaktiver Bauschutt abgeführt werden. Der Rest wurde vorerst unkonditioniert zwischengelagert, um einen Teil der Segmente nach einer bestimmten Abklingzeit ebenfalls als inaktives Material entsorgen zu können. Nach verschiedenen Tests wurde der Abbau, die Vorkonditionierung sowie die Lagerung des aktivierten Reaktorgraphits von der HSK mit Auflagen freigegeben. Für die Vorkonditionierung des Reaktorgraphits wurde eine kommerzielle Schredderanlage installiert. Der damit zermahlene Graphit ist als Ersatz von Quarzsand zur Zementierung radioaktiver Abfälle vorgesehen. Mit dem Abbau und der Zermahlung der ersten Graphitblöcke wurde erfolgreich begonnen. Die Kollektivdosis der bei den Rückbauarbeiten eingesetzten 10 Personen betrug 6,2 Personen-mSv.

7.4 Hotlabor

Das Hotlabor ist ein Laborgebäude, welches speziell zur Untersuchung und Bearbeitung hochradioaktiver Substanzen, wie z.B. von Kernbrennstoffen, Beschleuniger-Targets oder medizinischer und industrieller Grossquellen, aus-

gestattet ist. Zur Verbesserung des Brandschutzes, der Erdbebensicherheit und des Strahlenschutzes wurde im Jahr 2000 mit einer grundlegenden Sanierung des Gebäudes begonnen. Zu diesem Zweck wurden etappenweise zunächst die Labors und Lager ausgeräumt und nicht mehr benötigte Einrichtungen abgebaut. Nach der Dekontamination wurden Wände, Decken und Böden auf unzulässige Kontaminationen kontrolliert und die Räume temporär ausgezont. Dadurch konnten die weiteren Sanierungsarbeiten als konventionelle Bauarbeiten ohne besondere Strahlenschutzmassnahmen durchgeführt werden. Zur Verbesserung des Brandschutzes wurden Fenster höherer Feuerwiderstandsklasse installiert und brennbare durch nichtbrennbare Laboreinrichtungen ersetzt. Mittels Klebarmierungen wurde die Steifigkeit des Gebäudes gegen Erdbeben erhöht. Die Erneuerung der Lüftungskanäle sowie die Sanierung der Raum- und Atemluftüberwachungsanlage tragen zu einer erheblichen Verbesserung des Strahlenschutzes bei. Nach Abschluss jeder Bauetappe wurden die entsprechenden Bereiche wieder in die kontrollierte Zone des Hotlabors eingegliedert. Durch das etappenweise Vorgehen konnte ein sicherer Betrieb des Hotlabors parallel zu den Sanierungsarbeiten gewährleistet werden. Die bei der Räumung der Labors angefallenen Abfälle wurden durch das PSI-Personal auf Kontaminationen überprüft und gegebenenfalls dekontaminiert. Dadurch konnten die radioaktiven Abfälle auf ein Minimum reduziert werden. Die inaktiven Abfälle wurden durch die HSK mit eigenen Stichprobenmessungen freigegeben. Im Zuge der Sanierung, die noch nicht vollständig abgeschlossen ist, sind bislang etwa 249 Tonnen Abfälle zur weiteren uneingeschränkten Verwendung freigegeben worden. Die Kollektivdosis des Eigenpersonals (insgesamt 26 Personen), die sich durch den Betrieb und die Sanierungsarbeiten ergab, betrug 20,4 Personen-mSv.

7.5 Behandlung radioaktiver Abfälle

Im PSI werden vielfältige radioaktive Abfallsorten aus Forschungseinrichtungen des Bundes und der Kantone, aus den Bereichen Medizin und Industrie sowie aus den schweizerischen Kernkraftwerken bearbeitet. Dabei werden die Abfälle mittels Konditionierung in eine zwischen- und endlagerfähige Form gebracht.

7.5.1 Freigabeverfahren für Abfallgebindetypen

Im Berichtsjahr wurde keine Freigabe für die Produktion von neuen Abfallgebindetypen erteilt. Die Endlagerfähigkeit von zwei früher spezifizierten Abfallgebindetypen wurde von der Nagra beurteilt. Die darauf basierende Freigabe der HSK steht noch aus.

7.5.2 Verbrennungsanlage und Abfalllabor

In der Verbrennungsanlage des PSI wurden im Berichtsjahr während der Verbrennungskampagnen Nr. 43 und Nr. 44 radioaktive Abfälle aus den schweizerischen Kernkraftwerken, aus dem PSI und aus den Bereichen Medizin, Industrie und Forschung verbrannt. Die Verbrennungsrückstände (Asche) und die für die Rauchgasreinigung eingesetzten keramischen Filterkerzen, die anlässlich der Verbrennungskampagnen Nr. 42 und Nr. 43 angefallen sind, wurden im Abfalllabor mit Zementmörtel konditioniert und anteilmässig an die Kernkraftwerke zurückgeführt bzw. ins Bundeszwischenlager (siehe Abschnitt 7.6.1) eingelagert. Die Rückstände aus der Kampagne Nr. 44 wurden in 200-Liter-Fässer verpackt. Sie werden nach der Durchführung der Verbrennungskampagne Nr. 45, die im Jahre 2002 durchgeführt wird, endkonditioniert.

Im Abfalllabor wurden Abfälle aus dem Hotlabor-Umbau verpresst und anschliessend in 200-Liter-Gebinden endkonditioniert. Vor den Verbrennungskampagnen wurden nicht brennbare, radioaktive Abfälle aussortiert, verpresst und ebenfalls endkonditioniert. Zudem wurde eine mit Tritium kontaminierte Experimentierapparatur aus dem PSI-West (siehe dazu Bericht im BAG-Bulletin 5/02) im Abfalllabor zerlegt und für die weitere Konditionierung vorbereitet. Dabei inkorporierten mehrere Personen freigesetztes Tritium. Dieses meldepflichtige Vorkommnis ist im Kapitel 7.7 beschrieben.

Im Berichtsjahr akkumulierten bei der Abfallbehandlung in der Verbrennungsanlage und im Abfalllabor 15 Personen, davon drei Mitarbeiter der ZWILAG sowie sechs ständig und sechs temporär angestellte PSI-Mitarbeiter, eine Kollektivdosis von 22,2 Personen-mSv, wobei die höchste Individualdosis bei 6,1 mSv lag.

7.5.3 Weitere Abfallkonditionierungen im PSI-Ost

Die Verfestigung von plutoniumhaltigen Flüssigabfällen in Ein-Liter-Gebinden nach dem FIXBOX-Verfahren wurde aufgrund der Hotlabor-Nach-



rüstung (siehe auch Kapitel 7.4) im Jahr 2001 nicht weitergeführt. Im Hotlabor wurden Wiederaufarbeitungsabfälle, welche zur Erprobung der Endlagerfähigkeit hergestellt wurden, zu einem Gebinde endkonditioniert und anschliessend in einem Abschirmbehälter im BZL eingelagert.

Der aus dem Abbruch der Trägerplatten für die Abschirmung des DIORIT-Reaktors angefallene radioaktive Metallschrott wurde zerschnitten und in Klein-Container eingefüllt.

7.5.4 Materialfreigaben

Aus den kontrollierten Zonen des PSI (nur Aufsichtsbereich HSK) wurden im Jahr 2001 inaktive Materialien mit einer Masse von 253 t, darunter 70 t Metallschrott, zur uneingeschränkten weiteren Verwendung freigegeben. Dazu hat die HSK auch eigene Kontrollmessungen durchgeführt.

7.6 Lagerung radioaktiver Abfälle

7.6.1 Bundeszwischenlager

Das Bundeszwischenlager (BZL) ist seit 1992 im routinemässigen Einlagerungsbetrieb. Die zur Verfügung stehende Lagerkapazität ist für die Lagerung von Standardfässern (200 Liter) mit konditionierten Abfällen und von Klein-Containern (4,5 m³) bestimmt. Diese Klein-Container beinhalten zurzeit unkonditionierte Komponenten vorwiegend aus dem DIORIT-Reaktor und dem PSI-West. Für die Einlagerung jener Betonfässer, die noch auf dem Stapelplatz des PSI-Ost aufbewahrt werden (siehe auch Kapitel

In der neu sanierten Sortierbox des Abfalllabors werden nicht brennbare von brennbaren radioaktiven Abfällen getrennt.

Foto: PSI

7.6.2) wird ein weiterer Platz freigehalten. Der den Harassen mit je neun Standardfässern zugeteilte Raum ist inzwischen zu etwa 70% gefüllt. Der Bestand an radioaktiven Abfällen, die am Ende des Berichtsjahres im PSI gelagert werden, ist in Tabelle A11 angegeben.

Das PSI erstellte im Berichtsjahr einen neuen Sicherheitsbericht für das BZL, um eine den geänderten Bedürfnissen angepasste Bewilligung zu erlangen. Dabei handelt es sich im Wesentlichen um eine bessere Ausnutzung der nuklidspezifischen Aktivitätsgrenzen bei gleichzeitiger Einhaltung der Schutzziele. Gemäss vorliegendem Bericht können die Schutzziele der HSK-Richtlinie R-14 bei Störfällen eingehalten werden. Dies wurde durch eigene Berechnungen von der HSK bestätigt. Die Begutachtung des Sicherheitsberichts soll im Frühjahr 2002 abgeschlossen sein.

Im BZL wurde im März 2001 ein meldepflichtiger Befund registriert, der im Kapitel 7.7 genauer beschrieben ist.

7.6.2 Weitere Lager im PSI-Ost

Die Lagerhallen AB und C, der Stapelplatz und der Umschlagplatz werden für die kurz- und mittelfristige Lagerung von schwach- und mittelaktiven Abfällen vor oder nach der Konditio-

nierung benutzt. Das Inventar dieser Lager unterliegt starken Schwankungen.

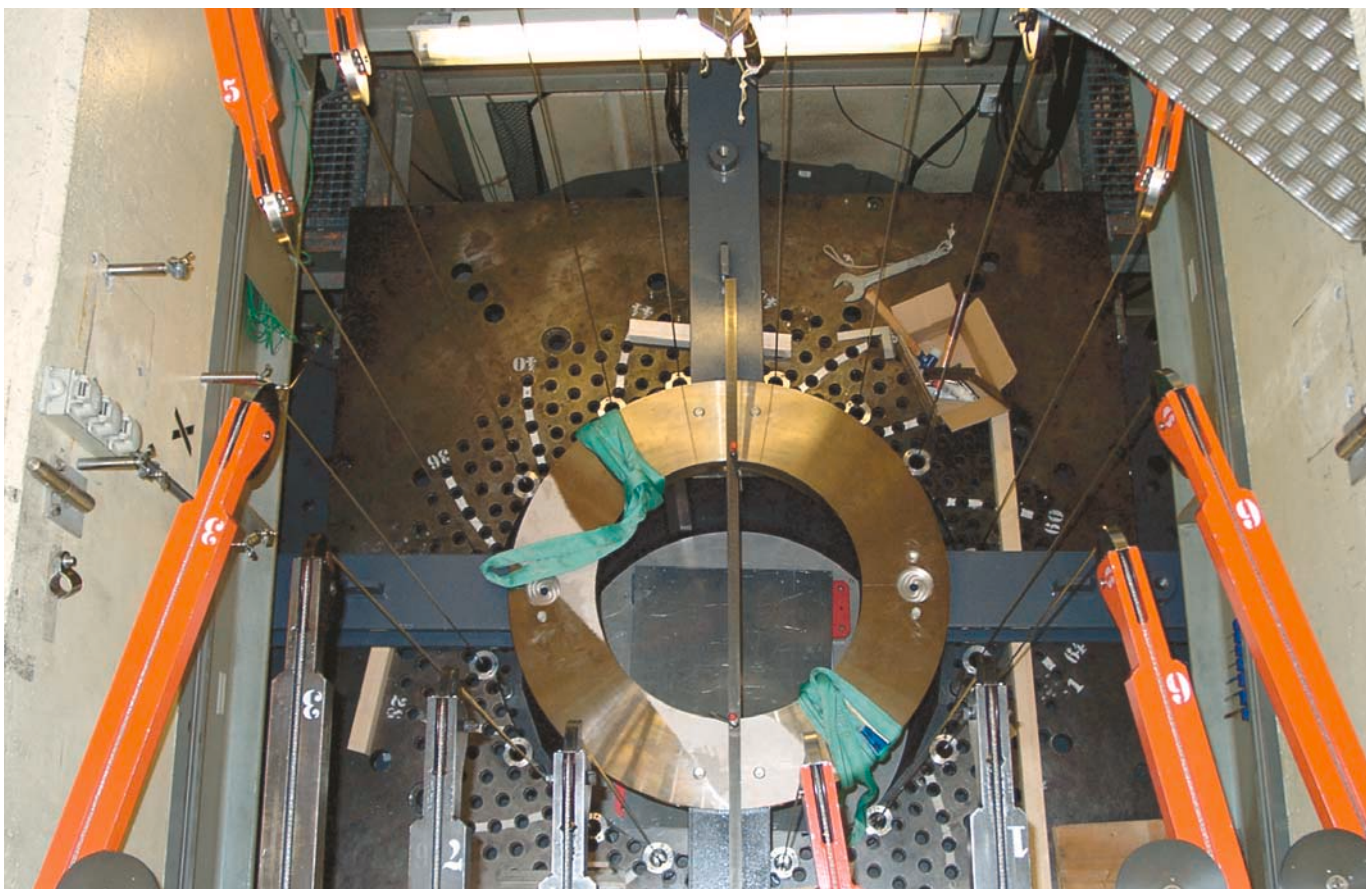
In der Lagerhalle AB werden die unkonditionierten radioaktiven Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung bis zu ihrer Verarbeitung aufbewahrt. Ausser Sonderabfällen, die nicht mit bereits freigegebenen Methoden konditioniert werden können, handelt es sich um Abfälle aus den BAG-Sammelaktionen der Jahre 1999, 2000 und 2001. Die Lagerhalle AB dient auch als Abklinglager für Iod-Abfälle. Zudem werden dort die verbrennbaren Abfälle aus dem KKG bis zu ihrer Sortierung aufbewahrt.

In der Lagerhalle C werden Asche und Filterkerzen aus der Verbrennungsanlage sowie FIXBOX-Gebinde bis zu deren Endkonditionierung aufbewahrt. Darüber hinaus werden dort zwei endkonditionierte Container mit Abfällen aus dem DIORIT und ein Behälter mit Beryllium- und Berylliumoxid-Reflektorelementen des abgeschalteten SAPHIR-Reaktors zwischengelagert.

Auf dem Stapelplatz sind die in Betonfässern verpackten Abfälle bis zur späteren Verbringung ins BZL aufbewahrt. Es handelt sich dabei um alte Gebinde, die ursprünglich für die Meeresversenkung konditioniert wurden. Dazu kommen konditionierte Hotlabor-Abfälle in

Um Experimente mit hochabgebrannten Brennstabsegmenten im PROTEUS durchführen zu können, wurde eine Tragkonstruktion für eine Wechselflasche oberhalb des Reaktorkerns installiert.

Foto: PSI



200-Liter-Fässern, die zur Abschirmung in Betonfässer gestellt wurden. Auf dem Stapelplatz werden vorübergehend noch unkonditionierte Abfälle aufbewahrt, wobei ein Teil davon im Berichtsjahr endkonditioniert wurde.

Am Umschlagplatz werden die in Teilmengen angelieferten und zur Verbrennung bestimmten Rohabfälle aus den schweizerischen Kernkraftwerken kurzfristig aufbewahrt.

7.7 Besondere Vorkommnisse

Das PSI meldete der HSK im Jahr 2001 drei Vorkommnisse gemäss HSK-Richtlinie R-25. Zwei dieser Vorfälle klassierte die HSK als Vorkommnisse B. In beiden Fällen ergab die Missachtung von Betriebsvorschriften eine geringe Abweichung vom sicheren Betrieb. Im ersten Fall wurde eine Aktivitätslimite für das BZL-Inventar formal überschritten. Aufgrund einer genauen Berechnung konnte dann aber die Einhaltung des Grenzwerts nachgewiesen werden. Zur Sicherstellung der Einhaltung der Aktivitätslimite wurde neu eine qualitätssichernde Massnahme eingeführt. Im zweiten Fall waren wegen zu wenig detaillierter Planung die getroffenen Strahlenschutzmassnahmen bei der Handhabung von kontaminierten Komponenten im Abfalllabor ungenügend, wodurch mehrere Personen Tritium inkorporierten. Es kam aber zu keiner Dosisgrenzwert-Überschreitung, d.h. zu keiner Verletzung der Bestimmungen der Strahlenschutzverordnung. Zur Vermeidung ähnlicher Vorkommnisse hat die HSK die Befolgung von Betriebsvorschriften bzw. Verfahrensanweisungen und damit konsequente und detaillierte Strahlenschutzplanungen für derartige Arbeiten verlangt. Die HSK ist der Meinung, dass dafür genügend geeignetes Personal zur Verfügung gestellt werden muss.

7.8 Strahlenschutz

Wegen der zahlreichen Nachrüstungsprojekte und eines verlängertes Shutdown des Beschleunigers hat im Berichtsjahr die Kollektivdosis am PSI im Vergleich zum letzten Jahr zugenommen. Im gesamten PSI wurde im Jahr 2001 eine Kollektivdosis von 188,6 Personen-mSv (2000: 145,7 Personen-mSv) akkumuliert, wobei auf die von der HSK beaufsichtigten Kernanlagen 54,9 Personen-mSv (2000: etwa

47,5 Personen-mSv) entfallen. Weitere Angaben zu den Personendosen sind in den Tabellen A5 bis A10 enthalten.

Aus den bilanzierten Abgaben radioaktiver Stoffe über die Fortluftanlagen und über das Abwassersystem des PSI wurde eine Personendosis von 0,023 mSv/Jahr am ungünstigsten Aufenthaltsort ausserhalb des überwachten PSI-Areals nach HSK-Richtlinie R-41 berechnet. Diese Dosis liegt unterhalb des quellenbezogenen Dosisrichtwerts von 0,15 mSv/Jahr für radioaktive Abgaben gemäss PSI-Abgabereglement.

Die Abteilung Strahlenschutz und Entsorgung des PSI hat anlässlich eines externen Audits im Berichtsjahr die Re-Akkreditierung der Fachstellen Radioanalytik, Personendosimetrie, Eichstelle und Betriebsstrahlenschutz erreicht. Die Fachstelle zur Entsorgung radioaktiver Abfälle wurde neu akkreditiert.

7.9 Personal und Organisation

Im Berichtsjahr wurden die Fachstellen für Brandschutz, Arbeitsschutz und Sicherung neu in die Abteilung Strahlenschutz, Sicherheit und Entsorgung (ASE) integriert, um die Sicherheit neuer Projekte optimal gewährleisten zu können. Die HSK hat dies zustimmend zur Kenntnis genommen. Bei der Sanierung der Lüftungsanlagen im PROTEUS-Gebäude wurde die Zusammenarbeit der verschiedenen Sicherheitsdienste erfolgreich demonstriert.

Ein weiterer positiver Schritt zum intensiven Einbezug der ASE-Mitarbeiter bei der Planung und Vorbereitung neuer Projekte stellt die Ernennung von ASE-Projektbegleitern dar. Erste Erfahrungen machen deutlich, dass eine frühe Beteiligung der Sicherheitsdienste (Strahlenschutz, Brandschutz, Arbeitsschutz, Objektsicherung) bei der Verwirklichung von Projekten sehr wirksam ist. Die HSK anerkennt diese Entwicklung.

Die vielfältigen Aufgaben der ASE bedingen jedoch eine spürbare Überlastung für das ASE-Personal mit operationellem Auftrag, sobald Unvorhergesehenes zu bewältigen ist. Im Zusammenhang mit den klassierten Vorkommnissen der letzten Jahre und mit Forderungen im Rahmen von Freigabeverfahren sieht die HSK zudem ein Verbesserungspotenzial im konzeptionell-strategischen Bereich. Der Ansatz des PSI, durch die Bereitstellung von temporären Hilfskräften und den Einsatz von Exper-

ten aus den Forschungsbereichen diese Lücke zu schliessen, erscheint der HSK als nicht erfolgsversprechend. Die HSK teilt die Sorge des BAG um die Aufrechterhaltung der Kompetenz im Strahlenschutz (siehe dazu Bericht im BAG-Bulletin 5/02). Eine Aufstockung des Personalbestands ist notwendig, um die Überwachungsaufgaben insbesondere im Strahlenschutz bewältigen zu können.

Das im Kapitel 7.7 beschriebene Vorkommnis (Tritium-Inkorporation) ist für die HSK ein Hinweis, dass im PSI der Strahlenschutz von den Aufgaben des Betriebs organisatorisch getrennt werden muss.

7.10 Gesamteindruck

Das PSI, welches im Rahmen seiner vielfältigen Aufgaben als Benutzerlabor weltweit einen

sehr guten Ruf besitzt, betreibt seine komplexen Anlagen verantwortungsbewusst und mit hoher Sachkunde. Die Vielfalt spiegelt sich in den Tätigkeiten der Abteilung Strahlenschutz, Sicherheit und Entsorgung (ASE), deren Kompetenz durch eine Aufstockung des Personalbestands spürbar verbessert werden kann.

Die Einführung von Projektbegleitern und die Bündelung aller Sicherheitsdienste in einer Abteilung findet die Zustimmung der HSK. Durch konsequente personelle Unterstützung der ASE könnte die neue Funktion des Projektbegleiters an Bedeutung gewinnen und generell zu einer verstärkten Einbindung der Sicherheit im Projektmanagement führen.

Der Zustand der im HSK-Aufsichtsbereich stehenden PSI-Anlagen ist in Bezug auf den operationellen Strahlenschutz und auf die nukleare Sicherheit gut und wird durch die Nachrüstungsprojekte verbessert.

8. WEITERE KERNANLAGEN

8.1 Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL)

An der EPFL betreibt das Institut de Génie Atomique drei Kernanlagen: den Forschungsreaktor CROCUS, die Neutronenquelle LOTUS und das Neutronenexperiment CARROUSEL. Der Forschungsreaktor CROCUS stand im Jahr 2001 während 347 Stunden hauptsächlich den Reaktorphysikstudenten des EPFL, den Kursteilnehmern der Reaktorschule PSI sowie der Ingenieurschule Genf für die Ausbildung zur Verfügung. Im Berichtszeitraum wurden 158 Wh thermische Energie erzeugt. Am Experiment CARROUSEL wurden Praktika zur Wirkung unterschiedlicher Moderatoren und Absorber auf den Neutronenfluss durchgeführt. Die Neutronenquelle LOTUS wurde im Berichtsjahr nicht in Betrieb genommen. Die HSK überzeugte sich anlässlich einer Inspektion davon, dass sich die Anlagen sowie die angeschlossenen Labors in einem sauberen, ordentlichen Zustand befinden. Es wurden keine Vorkommnisse gemäss HSK-Richtlinie R-25 gemeldet. Die Dosen des Personals lagen unterhalb der Nachweisgrenze. Die Abgabe radioaktiver Stoffe über den Luft- und Abwasserpfad, insbesondere Tritium, war unbedeutend.

8.2 Universität Basel

Der Forschungsreaktor der Universität Basel dient ebenfalls dem Unterricht. Neben dem reaktorphysikalischen Praktikum für Physikstudenten wurde der Reaktor an drei Tagen für Studenten der HTL-Windisch und der PSI-Reaktorschule benutzt. Für Kurse einer Strahlenschutzschule sowie für das kantonale Labor Basel-Stadt wurden Proben bestrahlt. Neu wurde am Reaktor ein dreitägiges Maturanden-

praktikum mit begleitenden Vorlesungen organisiert. Im Berichtsjahr wurde der Reaktor während 53 Stunden bei einer thermischen Leistung von 1 kW störungsfrei betrieben. Die an einer Brennstoffplatte entdeckten Schadstellen wurden im Berichtsjahr repariert. Die Individualdosen sowie die Kollektivdosen des Personals lagen unterhalb der Nachweisgrenze.

8.3 Versuchsatomkraftwerk Lucens

Sechs Stahlbehälter mit radioaktiven Abfällen aus der stillgelegten Anlage des Versuchsatomkraftwerks Lucens (VAKL) sind noch vor Ort auf einer kleinen Parzelle gelagert, die Eigentum der Nationalen Gesellschaft zur Förderung der industriellen Atomtechnik (NGA) ist. Das übrige Gelände mit seinen unter- und oberirdischen Gebäuden, das dem Kanton Waadt gehört, untersteht seit dem Bundesratsbeschluss vom 12. April 1995 nicht mehr der Atomgesetzgebung und wird anderweitig genutzt.

Im Berichtsjahr konnten die Abfallbehälter des VAKL erneut nicht in das Zentrale Zwischenlager der ZWILAG in Würenlingen überführt werden. Das Zwischenlager ist nun in Betrieb (vgl. Kapitel 6), weshalb die Überführung der Behälter für das Jahr 2002 geplant ist. Die einzige verbleibende beruflich strahlenexponierte Person der Überwachungsgruppe des VAKL hat im Berichtsjahr eine Ganzkörperdosis von 0,91 mSv akkumuliert. Es waren keine radiologischen oder sicherheitstechnischen Vorkommnisse zu verzeichnen. Die Sektion Überwachung der Radioaktivität (SUEr) des BAG ist beauftragt, während dreissig Jahren die radiologische Überwachung des Geländes vorzunehmen. Die Resultate dieser Überwachung werden im Bericht Umweltradioaktivität und Strahlendosen in der Schweiz vom BAG jährlich veröffentlicht.

9. TRANSPORT VON RADIOAKTIVEN STOFFEN

9.1 Genehmigungen nach Gefahrgutgesetzgebung

Die schweizerischen Vorschriften über den Transport radioaktiver Stoffe basieren auf den internationalen Regelwerken über den Transport gefährlicher Güter (ADR/RID). Bei allen Verkehrsträgern kommen die IAEA-Empfehlungen (TS-R-1)¹ für die sichere Beförderung radioaktiver Stoffe zur Anwendung. Gestützt auf die TS-R-1 wurde das internationale Transportrecht angepasst. Es trat für internationale Beförderungen im Juni 2001 mit einer Übergangsregelung von sechs Monaten in Kraft. Im nationalen Transportrecht für Gefahrgüter der Klasse 7 (radioaktive Stoffe) gilt weiterhin die SDR² mit Stand von 1999. Eine revidierte Ausgabe der nationalen Vorschriften wird für das Jahr 2002 erwartet.

Hauptverantwortlich für die Einhaltung der Transportvorschriften und für die radiologische Sicherheit 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 die Versandstücke und in gewissen Fällen auch die Beförderung. Sie bilden eine Voraussetzung für die atomrechtlichen Bewilligungen (vgl. 9.3).

Die HSK ist die zuständige schweizerische Behörde für die Ausstellung von Genehmigungszeugnissen gemäss Gefahrgutgesetzgebung, und das unabhängig davon, ob es sich beim Transportgut um radioaktive Stoffe aus Kernanlagen oder aus anderen Betrieben handelt. Bei der Genehmigung von Versandstücken, die in der Schweiz zum Einsatz kommen, geht es um die Anerkennung der von der zuständigen Behörde des Ursprungslands ausgestellten Zulassung des Versandstückmusters. Dabei prüft die HSK die Vollständigkeit des zum Versandstückmuster erstellten Sicherheitsberichts, insbesondere hinsichtlich des Nachweises, dass alle gemäss ADR/RID und TS-R-1 vorgeschriebenen Anforderungen erfüllt sind. Beförderungsgenehmigungen sind in bestimmten Fällen erforderlich, vor allem wenn die

Beförderung aufgrund einer Sondervereinbarung erfolgt. In diesen 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 wurden von der HSK 17 Genehmigungsgesuche bezüglich Versandstücken oder Beförderungen beurteilt.

9.2 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 wurden zwei Bewilligungen in diesem Sinne erteilt.

9.3 Bewilligungen nach Atomgesetzgebung

Nach Artikel 4 des Atomgesetzes vom 23. Dezember 1959 bedürfen Transport, Abgabe, Bezug, jede andere Form des Innehabens, Einfuhr, Durchfuhr und Ausfuhr von radioaktiven Kernbrennstoffen und Rückständen einer Bewilligung des Bundes. Nach Artikel 11 der Atomverordnung vom 18. Januar 1984 ist ferner eine Bewilligung für die Einfuhr, Ausfuhr und Durchfuhr von radioaktiven Abfällen aus Kernanlagen erforderlich. Zuständig für die Erteilung solcher Bewilligungen ist das BFE. Im Hinblick auf die atomrechtliche Bewilligung von Transporten, die mittels zulassungspflichtiger Behälter erfolgen müssen, prüft jeweils die HSK, dass die nukleare und radiologische Sicherheit gewähr-

¹ IAEA Safety Standards Series TS-R-1: Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material, 1996 Edition (Revised)

² Verordnung vom 17. April 1985 über die Beförderung gefährlicher Güter auf der Strasse (SR 741.621)

leistet wird und die Vorschriften über die Beförderung gefährlicher Güter erfüllt sind. Das BFE erteilt die Bewilligung erst aufgrund der zustimmenden Beurteilung der HSK.

Im Berichtsjahr hat die HSK 19 Beurteilungen im Hinblick auf atomrechtliche Transportbewilligungen dem BFE abgegeben. Einige davon betreffen die im nächsten Abschnitt angesprochenen Transporte abgebrannter Brennelemente und verglaster hochaktiver Abfälle. Die weiteren Beurteilungen beziehen sich auf die Einfuhr von frischen Brennelementen zu den Kernkraftwerken sowie auf Transporte von Brennstoffproben oder anderen radioaktiven Quellen zum und ab dem PSI.

9.4 Transport abgebrannter Brennelemente und verglaster hochaktiver Abfälle

Im März 2000 hatte die HSK Transporte abgebrannter Brennelemente zur Wiederaufarbeitung bei BNFL in England untersagt, nachdem sich die englische Sicherheitsbehörde NII kritisch zur Sicherheitskultur in den Wiederaufarbeitungsanlagen geäußert hatte. Im Februar 2001 berichtete die NII über die Umsetzung der von BNFL getroffenen Massnahmen zur Verbesserung der Situation. Gestützt auf diesen Bericht und auf Besprechungen mit der englischen Behörde sowie auf die Besichtigung der Anlagen in England hat die HSK den Transportstopp im April 2001 aufgehoben. In der Folge wurden zwischen Mai und Dezember 2001 neun Transporte abgebrannter Brennelemente vom Kernkraftwerk Mühleberg nach England durchgeführt.

Im Jahre 2001 fanden überdies zwei Transporte abgebrannter Brennelemente aus schweizerischen Kernkraftwerken zur Wiederaufarbeitung bei COGEMA in Frankreich statt: Im Januar vom Kernkraftwerk Gösgen und im März von Leibstadt.

Im Berichtsjahr wurden auch erstmals abgebrannte Brennelemente zur Zwischenlagerung zum Zentralen Zwischenlager der ZWILAG angeliefert (siehe Abschnitt 6.1). Im Juli und im November fanden zwei Transporte ab dem Kernkraftwerk Leibstadt statt.

Diese 13 durchgeführten Transporte verliefen unter den im Jahre 1999 neu eingeführten Massnahmen (wie z.B. gründlichere Reinigung der Behälter) ohne Überschreitung der Kontaminationsgrenzwerte. Seit der Wiederaufnah-



me im August 1999 sind bis Ende 2001 insgesamt 29 Transporte abgebrannter Brennelemente ab schweizerischen Kernkraftwerken (18 zu COGEMA, 9 zu BNFL und 2 zu ZWILAG) kontaminationsfrei durchgeführt worden. Die HSK wird im Frühjahr 2002 eine erneute Bilanz zur Wirksamkeit der Massnahmen bei diesen Transporten ziehen und dazu einen Bericht veröffentlichen.

Im Dezember 2001 erfolgte zudem die erste Rückführung von verglasten hochaktiven Abfällen aus der Wiederaufarbeitungsanlage der COGEMA. Der Transportbehälter vom Typ CASTOR HAW 20/28 CG wurde an der Umladestation der ZWILAG vom Bahnwagen auf ein spezielles Transportfahrzeug umgeladen und anschliessend zum Betriebsareal transportiert. Auch bei diesem Transport wurde keine Überschreitung der gefahrgutrechtlichen Grenzwerte festgestellt.

9.5 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 und das PSI verfügen über Qualitätssicherungsprogramme für den Transport radioaktiver Stoffe,

Kontrollarbeiten nach der Ankunft des ersten TL-Behälters mit hochaktiven verglasten Abfällen im Umladebahnhof der ZWILAG.

Foto: ZWILAG

die von der HSK anerkannt wurden. Zur Aufrechterhaltung bzw. Erneuerung der Anerkennung werden in diesen Kernanlagen periodisch Audits durchgeführt. Im Berichtsjahr war kein solches Audit fällig.

Neben den intensiven Kontrollen der Transporte abgebrannter Brennelemente inspizierte die HSK im Berichtsjahr ebenfalls mehrere Antransporte von frischen Brennelementen zu den Kernkraftwerken sowie Transporte von radioaktiven Abfällen und übrigen radioaktiven Stoffen ab und zu den schweizerischen Kernanlagen. In Bezug auf Kontamination und Dosisleistung waren keine Überschreitungen von

Grenzwerten zu verzeichnen, es wurden lediglich kleinere, meist formale Mängel festgestellt.

9.6 Ausbildung und Information

Zum elften Mal fand im September 2001 der Kurs für Personen statt, die in ihren Betrieben für den Versand radioaktiver Stoffe verantwortlich sind. Der fünftägige Kurs wurde an der Schule für Strahlenschutz (PSI) angeboten. An diesem Kurs wirkte die HSK mit Lehrkräften mit.

10. GEOLOGISCHE TIEFENLAGERUNG RADIOAKTIVER ABFÄLLE

10.1 SMA-Lager Wellenberg

Das Projekt eines geologischen Tiefenlagers für schwach- und mittelaktive Abfälle (SMA) am Wellenberg im Kanton Nidwalden wurde 1995 durch die Ablehnung der erforderlichen Konzession des Kantons Nidwalden an die Genossenschaft für Nukleare Entsorgung Wellenberg (GNW) für die Benützung des Untergrundes stark verzögert. Das im Juni 1994 eingeleitete Rahmenbewilligungsverfahren wurde 1997 vom UVEK sistiert. Die Realisierung des Projekts wurde daraufhin etappiert: In einem ersten Schritt soll ein Sondierstollen zur weiteren Abklärung der Eignung des Standorts für ein allfälliges Lager erstellt werden. Im März 2000 fanden zwischen dem Vorsteher des UVEK und der Nidwaldner Regierung Gespräche statt, worin die Bedingungen für die Weiterführung des Projekts und ein Zeitplan für die nächsten Schritte bis zum Bau des Sondierstollens vereinbart wurden. Die drei technischen Bedingungen wurden inzwischen erfüllt; diese betreffen die Anpassung des Lagerprojekts an das neue Konzept der geologischen Tiefenlagerung mit Beobachtungsphase, die Formulierung von so genannten Ausschlusskriterien und die verbindliche Umschreibung der zur Einlagerung vorgesehenen Abfälle. Im Dezember 2000 sprachen sich die vom Kanton Nidwalden eingesetzte «Kantonale Fachgruppe Wellenberg» (KFW) und der politische Koordinationsausschuss für die Zulassung eines erneuten Konzessionsgesuches aus.

Die GNW hat sodann das Gesuch um eine Konzession für die Benützung des Untergrundes zum Bau eines Sondierstollens am Wellenberg im Januar 2001 dem Kanton Nidwalden eingereicht. Das Gesuch und die zugehörigen Unterlagen lagen in der Zeit vom 19. April bis 25. Mai 2001 öffentlich zur Einsichtnahme auf. Es wurden vier Einsprachen gegen die Erteilung der Konzession erhoben, wovon eine später zurückgezogen wurde. Der Regierungsrat des Kantons Nidwalden erteilte die Konzession am 25. September 2001 und wies die verblei-

benden Einsprachen ab. Der Beschluss des Regierungsrats unterliegt obligatorisch einer kantonalen Volksabstimmung. Da einzelne Einsprachen auf dem Rechtsweg weitergezogen wurden, wird der Regierungsrat den Abstimmungstermin erst nach Eintritt der Rechtskraft des letztinstanzlichen Gerichtsurteils festlegen.

Der Regierungsrat des Kantons Nidwalden setzte im Juni 2001 die Arbeitsgruppe Volkswirtschaft ein, deren Mandat die Erarbeitung einer Wertschöpfungsstudie für die Region Nidwalden/Engelberg umfasst. Damit soll eine Grundlage für die Beobachtung der touristischen und wirtschaftlichen Entwicklung und für allfällige wirtschafts- und tourismuspolitische Korrekturmassnahmen geschaffen werden.

Im Zusammenhang mit der Festlegung der für das SMA-Lager zulässigen Abfälle hatte die HSK festgestellt, dass bis auf drei Ausnahmen alle SMA-Abfalltypen die Kriterien der IAEA zur Einstufung als kurzlebige Abfälle erfüllen. Die drei Ausnahmen betreffen Abfalltypen aus Medizin, Industrie und Forschung (MIF). Die HSK forderte die GNW auf, den Entsorgungsweg dieser drei Abfalltypen in einer Optimierungsstudie zu klären. Mit dem Nagra-Bericht NTB 01–06 vom Juni 2001 kam die GNW dieser Aufforderung nach. Die HSK nahm zur Optimierungsstudie und deren Schlussfolgerungen zustimmend Stellung (HSK 30/22 vom August 2001). Die Optimierungsstudie der Nagra und die entsprechende Stellungnahme der HSK wurden den betroffenen Gremien, insbesondere der KFW, im September 2001 präsentiert.

Die von der HSK formulierten Ausschlusskriterien dienen zur Beurteilung der Ergebnisse von Beobachtungen im Sondierstollen. Sie erlauben, auf der Grundlage der vorgefundenen Verhältnisse einen Entscheid über die Fortsetzung oder den Abbruch des Projekts zu treffen. Die Nagra, im Auftrag der GNW, sowie Experten der HSK haben anhand von Untersuchungen im Lötschberg-Basistunnel Arbeiten zur Validierung der Messverfahren, die zur Bestimmung der Ausschlusskriterien dienen, aufgenommen.

Seismostratigraphische Änderungen an drei in West-Ost-Richtung liegenden Punkten. Dargestellt sind die modellierten Mächtigkeiten und die Geschwindigkeiten der seismischen Wellen in den einzelnen Gesteinsschichten. Aus diesen Angaben können Rückschlüsse über die Ausprägung (Fazies) der Gesteinsformationen gezogen werden.

Grafik: Nagra

Dieser Tunnel, der zurzeit im Bau ist, durchquert in einigen Abschnitten ein gleichartiges Gestein, wie am Wellenberg für den Bau des allfälligen Lagers in Frage kommt. Die Arbeiten der Nagra und der HSK-Experten zur Validierung wurden am 24. September 2001 dem Nidwaldner Regierungsrat vorgestellt.

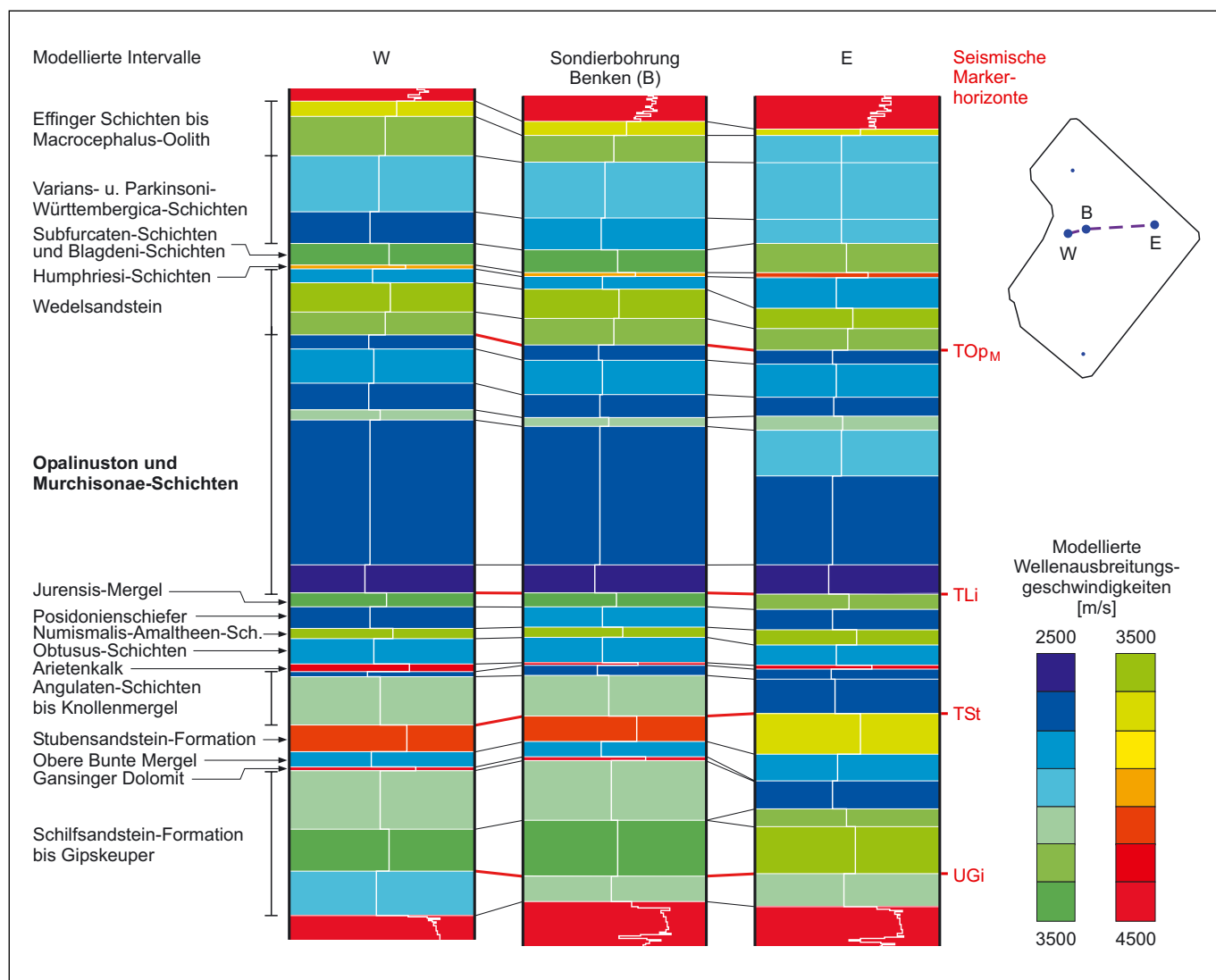
Die HSK hat das Vorgehen zur Auswahl des Standortgebiets für das SMA-Lager dargestellt und beurteilt (HSK 30/17 vom März 2001). Das Auswahlverfahren dauerte insgesamt 15 Jahre und endete 1993 mit der Bezeichnung des Standorts Wellenberg. Zusammenfassend stellt die HSK fest, dass das Auswahlverfahren breit angelegt war; es wurde sukzessive anhand angemessener Kriterien und auf der Basis verbesserter Kenntnisse eingeeengt. Die Wahl des Standorts Wellenberg ist somit nachvollziehbar und vertretbar.

Im Berichtsjahr wurden am Wellenberg die Langzeituntersuchungen, wie die Grundwasser- und Quellenüberwachung, die Erhe-

bung von Metadaten und die Registrierung der Seismizität, durch die Nagra plangemäss fortgesetzt. Im März 2001 fand eine Sitzung der Aufsichtskommission statt, anlässlich welcher über den Stand der Arbeiten und das weitere Vorgehen orientiert wurde.

10.2 Lager für hochaktive Abfälle, vorbereitende Handlungen

Hinsichtlich der geologischen Tiefenlagerung von hochaktiven und langlebigen mittelaktiven Abfällen geht es vorerst um den Entsorgungsnachweis. Dieser vom Bundesrat geforderte Nachweis muss zeigen, dass die dauernde, sichere Entsorgung und Endlagerung der radioaktiven Abfälle in der Schweiz möglich ist. Mit dem 1985 von der Nationalen Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra) eingereichten «Projekt Gewähr» konnte dieser Nachweis, der auf einem Lagerprojekt im



kristallinen Grundgebirge der Nordschweiz beruhte, hinsichtlich der hochaktiven und der langlebigen mittelaktiven Abfälle nicht vollständig erbracht werden. In seiner Entscheidung von Juni 1988 hielt der Bundesrat fest, dass für diese Abfälle ein Standortnachweis, d.h. der Nachweis von genügend ausgedehnten Gesteinskörpern mit den erforderlichen Eigenschaften, noch fehlt. Er hatte sodann die Bewilligungsinhaber der Kernkraftwerke aufgefordert, entsprechende Forschungsarbeiten weiterzuführen und auf nicht-kristalline Wirtgesteine (Sedimente) auszudehnen.

Die Nagra führt im Auftrag der Bewilligungsinhaber der Kernkraftwerke entsprechende Arbeiten durch. Als Ergebnis eines breit angelegten Auswahlverfahrens mit sukzessiver Einengung der in Frage kommenden Wirtgesteine und Regionen wählte die Nagra 1993 den Opalinuston im Zürcher Weinland für vertiefte Untersuchungen. Die 1994 beantragte Sondierbohrung auf dem Gebiet der Gemeinde Benken wurde 1996 vom Bundesrat bewilligt und nach Inkrafttreten der Bewilligung in den Jahren 1999–2000 ausgeführt. Parallel dazu hatte die Nagra 1997 im ausgewählten Gebiet eine dreidimensionale reflexionsseismische Messkampagne (3D-Seismik) durchgeführt.

Die Auswertung dieser aufwändigen Untersuchungen und deren Dokumentation wurden im Berichtsjahr abgeschlossen. Parallel dazu wurden die hydraulischen Langzeitmessungen in der Sondierbohrung Benken weitergeführt. Mit dem Untersuchungsbericht zur Sondierbohrung Benken (NTB 00–01) und dem Bericht zur 3D-Seismik im Zürcher Weinland (NTB 00–03) wurden die Ergebnisse veröffentlicht. Diese Berichte wurden am 20. September 2001 der Koordinationskommission Benken und den Behörden der 13 von den Feldarbeiten betroffenen Gemeinden sowie den kantonalen Vertretern von Zürich und Thurgau vorgestellt. Anlässlich der Informationsveranstaltung Schweiz–Deutschland vom 1. Oktober 2001 in Jestetten (D) wurden sie auch den Vertretern der Landkreise und Gemeinden des süddeutschen Raums präsentiert.

Die Untersuchungsergebnisse bilden die erdwissenschaftliche Grundlage des zu erbringenden Entsorgungsnachweises anhand eines Modelllagers im Opalinuston. Dieser Entsorgungsnachweis wird folgende drei Teilnachweise umfassen:

- Sicherheitsnachweis: Dieser 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 Endlagers gewährleistet ist.

- Standortnachweis: Dieser muss aufgrund dokumentierter Untersuchungsergebnisse zeigen, dass mit grosser Wahrscheinlichkeit ein genügend grosser Wirtgesteinskörper mit den im Sicherheitsnachweis verwendeten Eigenschaften existiert, so dass die Realisierung eines Endlagers im besagten Standortgebiet mit Aussicht auf Erfolg in Angriff genommen werden könnte.
- Machbarkeitsnachweis: Dieser muss zeigen, dass im gewählten Wirtgestein ein Endlager unter Einhaltung der Sicherheitsvorschriften, mit den heute vorhandenen technischen Mitteln gebaut, betrieben und langfristig sicher verschlossen werden kann.

Die Nagra wird den Entsorgungsnachweis Ende 2002 einreichen. Nach der Begutachtung des Projekts durch die zuständigen Behörden wird der Bundesrat über den Nachweis entscheiden und das weitere Vorgehen hinsichtlich der geologischen Tiefenlagerung der hochaktiven und der langlebigen mittelaktiven Abfälle festlegen.

Verschiedene Landkreise und Gemeinden aus Süddeutschland haben ihre Besorgnis über ein mögliches Tiefenlager im Zürcher Weinland in zahlreichen Resolutionen zum Ausdruck gebracht. Aus diesem Anlass führte das Bundesamt für Energie (BFE) am 29. Januar 2001 in Andelfingen (ZH) eine Informationsveranstaltung Schweiz–Deutschland durch, anlässlich welcher das schweizerische Entsorgungsprogramm den Behördenvertretern beidseits der Grenze präsentiert wurde. Eine zweite solche Veranstaltung fand am 2. Oktober 2001 in Jestetten (D) statt, an welcher die Untersuchungsergebnisse zum Opalinuston im Zürcher Weinland präsentiert wurden. Deutsche Gemeinden haben den Wunsch geäußert, dass deutsche Experten das Verfahren beurteilen, das zur Wahl des Zürcher Weinlands als Sondierregion führte.

Die Deutsch-Schweizerische Kommission für die Sicherheit kerntechnischer Einrichtungen (DSK) hat eine solche Expertise durch den deutschen Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte (AKEnd) erstellen lassen. Zu diesem Zweck hat die HSK die umfangreiche Dokumentation über die verschiedenen Schritte des Auswahlverfahrens den deutschen

Experten zugestellt. Die DSK beauftragte ihre Arbeitsgruppe Entsorgung radioaktiver Abfälle (DSK-AG4), den Bericht des AKEnd zu prüfen und eine Stellungnahme der DSK vorzubereiten. Die DSK wird ihre Stellungnahme zum Auswahlverfahren veröffentlichen und anlässlich einer weiteren Informationsveranstaltung präsentieren.

Die Verfüllung der letzten Sondierbohrung (Weiach) in das kristalline Grundgebirge der Nordschweiz wurde im April 2001 unter Einhaltung der Auflagen abgeschlossen. Der Bohrplatz wurde anschliessend rekultiviert. Am 7. Juni 2001 traf sich die Aufsichtskommission Weiach zu einer abschliessenden Sitzung. Nach Vorliegen des Berichts der Nagra über die Verfüllung der letzten vier Kristallin-Bohrungen werden die Aufsichtskommissionen dazu Stellung nehmen; sie sollen dann aufgelöst werden.

In den Felslaboratorien Mont Terri und Grimsel führte die Nagra zahlreiche Experimente weiter, grösstenteils in Kooperation mit ausländischen Partnern. Die Experimente betreffen unter anderem das In-situ-Verhalten von technischen Barrieren und das Migrationsverhalten von Radionukliden unter endlagerähnlichen Bedingungen. Im Mai 2001 wurde von den beteiligten Partnern ein neuer Vertrag für das Felslabor Mont Terri unterzeichnet, gemäss dem nun das Bundesamt für Wasser und Geo-

logie (BWG) die Leitung und die Verantwortung für den Betrieb des Felslabors übernommen hat. Im Juni 2001 verabschiedeten die Partner das Arbeitsprogramm für die Phase 7 der Untersuchungen, und der Kanton Jura bewilligte das Programm. Auch im Felslabor Grimsel gingen die Versuche wie geplant weiter. Am Meeting des Steering Committee im Mai 2001, wo sich elf Partnerorganisationen beteiligten, wurde auch ein Konzept für den Weiterbetrieb des Felslabors nach 2002 diskutiert. Im Berichtsjahr wurden für zwei wichtige Untersuchungsvorhaben vorbereitende Experimente ausgeführt. Diese Vorhaben sollen die Migration von Radionukliden bei Anwesenheit von Kolloiden bzw. bei einem stark alkalischen Milieu, wie es durch den Einfluss des Zementes im Tiefenlager entsteht, klären.

Die HSK ist die zuständige Behörde für die Erteilung der notwendigen Bewilligungen für Versuche mit radioaktiven Stoffen und für die Aufsicht über solche Versuche. Im Dezember 2001 hat sie die Vorbereitung und die Durchführung von Tracerversuchen mit einem Radionuklidgemisch im Rahmen des oben genannten Kolloid-Experiments im Felslabor Grimsel bewilligt. Auch im Felslabor Mont Terri sind Tracerversuche mit radioaktiven Stoffen vorgesehen; die eingesetzten Mengen sind sehr klein und unterstehen nicht der Bewilligungspflicht.

11. LEHRREICHE VORKOMMNISSSE IN AUSLÄNDISCHEN KERNANLAGEN

Von den im Jahre 2001 gemeldeten Vorkommnissen in ausländischen Kernanlagen war keines für die schweizerischen Anlagen von solcher Bedeutung, dass sofortige Massnahmen zur Verbesserung der Sicherheit in den schweizerischen Anlagen erforderlich gewesen wären. Die folgende Zusammenfassung ausländischer Vorkommnisse wurde unter dem Gesichtspunkt ausgewählt, dass aus ihnen Lehren gezogen werden können, die zur Verbesserung der Sicherheitsvorsorge der schweizerischen Anlagen beitragen können. Im Abschnitt 11.1 wird zuerst beschrieben, wie der internationale Erfahrungsaustausch erfolgt.

11.1 Informationsquellen für Vorkommnisse in ausländischen Kernanlagen

Die wichtigste Informationsquelle der *Behörde* für ausländische Vorkommnisse ist das Advanced Incident Reporting System AIRS der IAEA. An diesem System sind alle nuklearen Aufsichtsbehörden derjenigen Länder beteiligt, die Kernanlagen betreiben. Erachtet die HSK ein ausländisches Vorkommnis für die Sicherheit einer oder mehrerer Schweizer Anlagen als bedeutsam, so verlangt sie von diesen eine Untersuchung mit detaillierter Berichterstattung.

Auf der *Betreiberseite* existiert eine eigene Organisation, die World Association of Nuclear Power Plant Operators (WANO), welche ihre Mitglieder weltweit über Vorkommnisse informiert.

Seit neuestem hat die IAEA in Kooperation mit NEA und WANO zusätzlich das «Nuclear Events Web-based System» (NEWS) zur raschen Information von Behörde und Industrie bei sicherheitstechnisch bedeutsamen und medienrelevanten Vorkommnissen eingeführt. Das Internet gestützte und geschützte Informationssystem NEWS soll die internationale Diskussion zwischen den involvierten Stellen erleichtern und unterstützen.

Gemeinsames Ziel aller dieser Aktivitäten im Bereich des internationalen Austausches von Betriebserfahrungen ist es, von Vorkommnissen in ausländischen Anlagen zu lernen und damit die Sicherheit und Verfügbarkeit der eigenen Anlagen zu erhöhen. Manchmal gewinnen Behörde und/oder Betreiber neue Kenntnisse und können frühzeitig geeignete Massnahmen bei den eigenen Anlagen einleiten. Oftmals führen solche Untersuchungen zur Bestätigung, dass ein Fehler, wie er in der fremden Anlage aufgetreten ist, im eigenen Werk nicht möglich ist.

Die Wirksamkeit der gegenseitigen Information über Vorkommnisse und deren Auswertung lässt sich an der Anzahl der in schweizerischen Anlagen tatsächlich eingetretenen Störungen mit gleicher Ursache wie in der fremden Anlage messen. Diese Anzahl ist erfahrungsgemäss klein.

Die HSK überprüft periodisch, wie die Schweizer Kernanlagen die Lehren aus Vorkommnissen in fremden Anlagen ziehen und umsetzen. Die Kernanlagen ihrerseits erstatten der HSK regelmässig Bericht über diejenigen ausländischen Vorkommnisse, die detailliert untersucht wurden, und ob daraus Massnahmen resultierten.

Die Vorgehensweise, dass zwei Organisationen (Behörde und Betreiber) unabhängig voneinander Vorkommnisse in Kernanlagen auf weltweiter Basis auswerten, soll Gewähr bieten, dass keine für Schweizer Anlagen wichtige Erkenntnis zur Verbesserung der Sicherheit ungenutzt bleibt.

11.2 Betrieb eines Druckwasserreaktors mit Mängeln bei der Sicherheitspezifikation

Zur Gewährleistung der sicheren Abschaltung eines Kernkraftwerkes wird in den Notkühlvorräten eine bestimmte Borkonzentration vorgeschrieben. In einem deutschen Druckwasser-Kernkraftwerk erfolgte im Leistungsbetrieb etwa zwei Wochen nach dem Anfahren aus der

Jahreshauptrevision eine Kontrollmessung der Borkonzentration in den vier Flutbehältern des Not- und Nachkühlsystems. Dabei wurde beim ersten Behälter eine Abweichung vom sicherheitstechnisch vorgeschriebenen Wert festgestellt. Deshalb wurde gemäss Betriebsvorschriften die Borkonzentration durch Nachspeisen von hochkonzentrierter Borsäure angehoben und nach einem längeren Mischvorgang eine Kontrollmessung durchgeführt. Diese zeigte, dass der Wert angestiegen war, aber noch geringfügig unterhalb des geforderten Konzentrationswertes gemäss Sicherheitspezifikation lag. Dies wurde korrigiert. In der Folge wurde auch bei den restlichen drei Behältern jeweils eine Kontrollmessung durchgeführt. Dabei zeigten weitere zwei Behälter eine nennenswerte Abweichung vom Sollwert. Diese wurden nun ebenfalls durch Nachspeisen von hochkonzentrierter Borsäure und nachfolgendem Mischen mit anschliessender Kontrollmessung auf den Sollwert gebracht. Die gleichzeitige Konzentrationsabweichung in den drei Behältern verletzte die gemäss Spezifikationen vorgeschriebenen Bedingungen für den sicheren Betrieb. Dies hätte eine Abstimmung der Anlage erfordert, was aber nicht erfolgte. Stattdessen wurde vom Betriebspersonal sofort eine sicherheitstechnische Beurteilung vorgenommen. Diese führte zum Ergebnis, dass der zykluspezifische Grenzwert der Borkonzentration noch eingehalten war, d. h. dass effektiv keine unzulässige Schwächung des Sicherheitsdipositives vorgelegen hatte. Zu ähnlichen Bewertungen gelangte auch der Reaktorhersteller. Auf dieser Grundlage stufte das KKW dieses Vorkommnis als sicherheitstechnisch insignifikant ein und rechtfertigte den Weiterbetrieb der Anlage.

Weitere Untersuchungen zeigten jedoch, dass die formale Abweichung vom sicheren Zustand über zwei Wochen angestanden war, ohne dass der Betreiber sich dessen bewusst war. Diese Unkenntnis des tatsächlichen Zustandes des Sicherheitssystems und die Tatsache, dass bei Vorliegen der Kenntnis des formal unzulässigen Zustandes die Anlage nicht sofort abgestellt wurde, hat die zuständige Bundesbehörde als grossen Mangel im Sicherheitsmanagement des Betreibers bewertet. Dieser hat die Anlage daraufhin abgestellt, um die Ursachen detailliert zu untersuchen. Bei der Untersuchung wurde ferner festgestellt, dass auch das Flüssigkeitsniveau in den Flutbehältern zeitweise unterhalb der Vorgabewerte gelegen war.

Die eingehende Untersuchung dieses Vorkommnisses erbrachte eine Verkettung von verschiedenen Defiziten:

1. Durch die Fehlstellung einer Armatur bei der Nachfüllung der Flutbehälter wurden diese nicht wie beabsichtigt mit Borsäure einer vorgegebenen Sollkonzentration nachgefüllt, sondern mit demineralisiertem Wasser. Trotz einer durchgeführten Ventilstellungskontrolle vor dem Füllvorgang war die Fehlstellung der Armatur nicht entdeckt worden.
2. Eine anschliessende Kontrollmessung – durch die der Fehler entdeckt worden wäre – erfolgte nicht. Die Sicherheitspezifikation des betreffenden KKW enthielt keinen klar definierten Zeitbereich für die Durchführung dieser Kontrollmessung, sondern nur die unpräzise zeitliche Vorgabe «nach BE-Wechsel».
3. In früheren Jahren hatte das Betriebspersonal unmittelbar nach dem Auffüllen der Flutbehälter – noch während des Revisionsstillstandes – die entsprechenden Kontrollmessungen zur Konzentration der Flutbehälter durchgeführt. Diese bewährte Vorgehensweise der früheren Jahre kam im Jahresstillstand 2001 nicht zum Einsatz: Das für die Borkonzentrations-Kontrollmessung nötige Umwälz- und Reinigungssystem wurde in dem in Frage kommenden Zeitfenster zum Reinigen des BE-Beckens benutzt. Die fällige Kontrollmessung zur Borkonzentration erfolgte erst zwei Wochen nach Anfahren des Reaktors.

Für die HSK ist dieses Ereignis von besonderer Bedeutung, da hierbei eine Verkettung mehrerer Defizite beim Sicherheitsmanagement in nachteiliger Weise zusammengewirkt hat: Es ist entsprechend dem heutigen Kenntnisstand davon auszugehen, dass eine Schwäche in den Betriebsvorschriften des KKW, gekoppelt mit einem hohen Termin- und Leistungsdruck während des verkürzten und optimierten Revisionsstillstandes, ursächlich für dieses Sicherheitsproblem war.

Das Vorkommnis wurde nach Vorliegen aller Fakten von der zuständigen Behörde in die INES Stufe 2 klassiert (Bedeutung siehe Anhang B Tabelle 2).

In der Schweiz ist das KKW Gösgen vom gleichen Reaktorhersteller wie die betroffene Anlage. Zwar zeigte schon eine erste Überprüfung in Gösgen, dass, im Unterschied zur betroffenen Anlage in Deutschland, die Kontrollmessung der Borkonzentration als definierter Haltepunkt – als Teil des Anfahrprozesses –

nach dem BE-Wechsel zwingend vorgeschrieben ist. Die HSK hat trotzdem detaillierte Untersuchungen zur Wirksamkeit des Sicherheitsdispositivs vorgenommen. Der Betreiber hatte dabei nachzuweisen, dass ein gleichartiges Vorkommnis ausgeschlossen werden kann. Die HSK hat sich vor Ort vergewissert, dass die angewendeten Vorschriften und deren Umsetzung und Kontrolle ausreichend sind, um das Auftreten eines ähnlichen Fehlers zu verhindern. Die Inspektion zeigte, dass die Betriebsdokumentation und die daraus abgeleitete Praxis ausreichend sicher sind, um ein gleiches Ereignis ausschliessen zu können. Die HSK hat dennoch einige geringfügige Optimierungen bei der Dokumentation verlangt.

11.3 Verlust der elektrischen Eigenbedarfsversorgung mit Brand in einem Druckwasserreaktor

In einem taiwanesischen Kernkraftwerk amerikanischer Bauart mit zwei Reaktorblöcken erfolgte bei einem Block im Leistungsbetrieb ein Verlust der externen 345-kV-Spannungsversorgung. Dadurch wurde die Anlage auslegungsgemäss in den Anlagezustand «heiss unterkritisch» abgeschaltet. Der Verlust des 345-kV-Netzes wurde durch wetterbedingte Kurzschlüsse (salzhaltiger Nebel) in Küstennähe ausgelöst. Bei fehlendem 345-kV-Netz wird der Block über das externe 161-kV-Hochspannungsnetz weiterhin versorgt. Diese Versorgung dient zur Aufrechterhaltung der Abfuhr der Nachzerfallswärme aus dem Reaktor und liefert die Energie für alle nötigen Hilfseinrichtungen wie Instrumentierung, Steuerung, Aggregatekühlung usw.

Bei der Rückschaltung des 345-kV-Netzes trat im Bereich der Notstromschiene A, obwohl deren Schalter geöffnet war, ein Erdschluss auf. Der entstandene Lichtbogen beschädigte auch den nebenliegenden geschlossenen Schalter zum 161-kV-Netz und führte zu einem Brand. Der Schalter zum 161-kV-Netz wurde abgeschaltet. Damit waren beide Notstromschienen A und B spannungslos, d. h. von der externen Stromversorgung abgetrennt.

In diesem Fall starten automatisch die zwei Notstromdiesel zur Versorgung der jeweiligen Notstromschiene, die alle sicherheitstechnisch wichtigen Verbraucher (z. B. Notspeisewasser zur Nachwärmeabfuhr) versorgen. Beide Not-

stromschienen konnten in der Folge nicht spannungsversorgt werden, da:

- bei der ersten Notstromschiene A der Diesel zwar korrekt gestartet war, aber wegen des Erdschlusses und des entstandenen Brands die Schiene nicht mehr funktionsfähig war. Die CO₂-Brandlöschanlage löste in der Folge automatisch aus. Wegen des sich stark ausbreitenden Rauchs und Sichtmangels wurde die sofort eingeleitete Brandbekämpfung sehr erschwert;
- bei der zweiten Notstromschiene B der Diesel wegen eines fehlerhaften Startluftventils nicht startete und die Schiene spannungslos blieb.

Das Kraftwerk hatte in dieser Situation sowohl die interne wie auch die externe Stromversorgung verloren («station blackout») und aktivierte richtigerweise den Störfallalarm.

Das Personal machte anschliessend Schaltversuche zur Versorgung einer Notstromschiene, war aber erfolglos. Auch der Versuch, den Notstromdiesel B vor Ort zu starten, war wegen des herrschenden Rauchs nicht möglich.

In der Zwischenzeit wurde eine dampfgetriebene Hilfsspeisepumpe gestartet. Damit war die Speisewasserversorgung zur Abfuhr der Nachwärme sichergestellt. Bei dieser Anlage kann der durch die Nachwärme im Dampferzeuger produzierte Dampf mittels einer Turbine zum Antrieb der Hilfsspeisepumpe benutzt werden. Der überschüssige Dampf aus dem Sekundärkreis wurde über Abblaseventile über Dach abgegeben. Dabei wird keine Radioaktivität abgegeben. Die nötige Stromversorgung zum Öffnen der Abblaseventile erfolgte über Batterien. Mit dieser Fahrweise bestand eine mehrstündige Karenzzeit für weitere Massnahmen zur Beherrschung dieses Störfalles.

Die Brandbekämpfung wurde durch externe Einsatzkräfte unterstützt. Zudem wurde versucht, einen so genannten «Swing-Diesel» (fest installierter Ersatzdiesel, der auf jede der zwei Notstromschienen von Block 1 oder 2 zugeschaltet werden kann) zu starten. Nach verschiedenen Versuchen erfolgte dieser Start nach zwei Stunden, und die Notstromschiene B konnte von diesem Diesel versorgt werden. Damit war die Notstromversorgung (insbesondere zur Nachwärmeabfuhr) wieder in ausreichendem Masse sichergestellt, und der Störfallalarm wurde aufgehoben.

Da dies der schwerste bisher aufgetretene Störfall in Taiwan war, erfuhr er grosse nationale wie auch internationale Aufmerksamkeit.

Das Vorkommnis wurde einer detaillierten Ursachenanalyse unterzogen. Dabei wurden etwa 30 Verbesserungsmassnahmen identifiziert. Obwohl das Personal in der betroffenen Anlage diesen Störfall nur bedingt mit Hilfe von Vorschriften behandeln konnte und daher keine gewohnte Situation vorlag, wurden die Arbeit und das Vorgehen der Betriebsmannschaft im Nachhinein als gut beurteilt. Lehren aus dem Ereignis und aus im Nachhinein durchgeführten Störfallsimulationen werden zur Verbesserung der Vorschriften und des Operateurtrainings benutzt.

Eine direkte Übertragung dieses Vorkommnisses auf Schweizer Anlagen ist wegen der grossen Unterschiede in der Notstromversorgung kaum möglich. So verfügen Schweizer Anlagen über wesentlich mehr Notstromdiesel und Notstrompumpen (bis zu 6) bzw. einige Anlagen besitzen eine Kombination aus Diesel- und Hydrogeneratoren. Ausserdem können Netzstörungen wegen salzhaltigen Nebels ausgeschlossen werden.

Das Vorkommnis wird insofern als lehrreich betrachtet, als vor allem Aspekte der Optimierung zur Beibehaltung bzw. Wiederherstellung der Notstromschienen unter Störfallbedingungen im Vordergrund stehen.

11.4 Fehlerhaft programmierter Überlastschutz bei elektrischen Komponenten in einem Druckwasserreaktor

In einem schwedischen Kernkraftwerk wurde im Leistungsbetrieb bei einer Strangumschaltung zwischen «sicherheitstechnisch nicht vorrangigen Schienen» ein automatisches Abschalten von Komponenten aufgrund des Ansprechens des Überlastschutzes bemerkt. Die vorausgegangene Belastung lag dabei weit unterhalb des spezifizierten Grenzwertes.

Die Komponentenschutzfunktion war im Rahmen einer Anlagenmodernisierung, bei der die gesamte Schaltanlage erneuert wurde, durch ein digitales, programmierbares System ersetzt worden. Die nachträgliche Untersuchung zeigte, dass der Hersteller falsche Ansprechwerte zum Überlastschutz in den EPROMS (erasable programmable read only memory) programmiert hatte. Im Jahr zuvor war der Schutz installiert worden. Dabei war das vollständige Testprogramm beim Hersteller und in der Anlage mit korrekten Ergebnissen durchgeführt worden. Im Verlauf des späteren

Betriebs ergaben Funktionsprüfungen mit spezifischen Belastungsmustern jedoch Abweichungen zum Sollverhalten. Bei konstanten Strömen arbeitete die Schutzeinrichtung hingegen korrekt. Um diesen Mangel zu beheben, hatte der Hersteller eine Softwareänderung vorgenommen, die auch eine Neuprogrammierung der EPROMS erforderte. Die korrekte Funktion der Schutzeinrichtungen bei spezifischen Belastungsmustern wurde nur durch Simulation nachgewiesen. Alle anderen Schutzkriterien der betroffenen EPROMS waren – gemäss Testbericht – durch die Änderung nicht beeinflusst worden. Daher wurde die Änderung als geringfügiger bewertet. Nach dem Ersatz aller betroffenen EPROMS erfolgten nunmehr die normalen Unterhaltsprüfungen (Grenzwertkontrolle) in der Anlage. Auf das vollständige Testprogramm wurde verzichtet.

Die fehlerhafte Überstromauslösung bei der Strangumschaltung zeigte nun auf, dass der Algorithmus in der Software ein falsches Resultat lieferte (bei spezifischen Belastungsmustern). Deshalb wurden auch andere Komponenten überprüft. Dabei zeigte sich, dass ein systematischer Fehler (common mode) vorlag. Die fehlerhafte Programmierung der EPROMS bewirkte eine Schutzauslösung bereits bei Ansprechwerten zwischen 55% und 75% des Sollwertes. Systematisch betroffen war der Schutz für Kabel und Transformatoren. Für andere Komponentenarten wie Motore, Diesel usw. wurde ein anderes Schutzkonzept benutzt. In der Mehrheit waren durch die Fehlprogrammierung des EPROMS nichtsicherheitsrelevante Komponenten betroffen.

In der Folge wurde eine umfangreiche Konsequenzanalyse durchgeführt, die ergab, dass die vorgesehene Komponentenschutzfunktion auch mit korrekt eingestellten Auslösewerten wegen der Überdimensionierung der betreffenden Komponentenarten während des Betriebes nicht benötigt wird. Aus diesem Grund wurde der Sicherheitseinfluss der Komponentenschutzfunktion als gering eingestuft und die gesamte Schutzfunktion wurde, bis zur Erstellung eines neuen angemesseneren Konzeptes, inaktiv geschaltet.

Eine wichtige Lehre aus diesem Vorkommnis ist, dass im Softwarebereich besondere Anstrengungen nötig sind, um bei Programmierfehlern einen Common-Mode-Fehler zu verhindern. Auf jeden Fall wird eine abschliessende Verifikation und Validation der eingesetzten Software im Kraftwerk unter Einsatz

bedingungen als erforderlich angesehen. Auch in Schweizer Kernkraftwerken wird in zunehmendem Mass sowohl in betrieblichen als auch in sicherheitsrelevanten Bereichen digitale, programmierbare Leittechnik eingesetzt. Der Verhinderung bzw. der Beherrschung eines Common-Mode-Fehlers wird deshalb höchste Aufmerksamkeit geschenkt. Dieses Ereignis ist damit ein Beweis, dass diese grossen Anstrengungen gerechtfertigt sind.

11.5 Entwendung radioaktiv kontaminierter Gegenstände

Anlässlich der jährlichen Sitzungen der Deutsch-Schweizerischen-Kommission (DSK) wurde über die Entwendung radioaktiv kontaminierter Gegenstände aus einer stillgelegten und im Rückbau stehenden Forschungsanlage in Deutschland berichtet. Bei Routineuntersu-

chungen wurden bei einem langjährigen Angehörigen des Fremdpersonals inkorporierte radioaktive Stoffe festgestellt. Die eingeleiteten Untersuchungen zeigten, dass der Betroffene unter Umgehung von Strahlenschutzvorschriften und -einrichtungen radioaktiv kontaminierte Gegenstände entwendet hatte. Dadurch wurde unter anderem die Wohnung des Beschuldigten, die seiner Lebensgefährtin sowie drei von beiden benutzte Autos mit Alpha-Strahlen kontaminiert.

Die HSK forderte die Betreiber der Schweizer Kernanlagen auf, diesbezüglich die Situation in ihrer Anlage zu prüfen und zu bewerten. Sie veranlasste diese Überprüfung mit dem Ziel, das unbemerkte Ausschleusen von Gegenständen, die in den Geltungsbereich der Strahlenschutzverordnung fallen, möglichst zu verhindern. Auf alle Fälle soll aber dadurch ein Unfall mit entwendeten Strahlenquellen ausgeschlossen werden.

12. REGULATORISCHE SICHERHEITSFORSCHUNG

Die Eidgenössische Energieforschungskommission CORE schreibt in ihrem Bericht «Konzept der Energieforschung des Bundes 2000–2003» (31. Mai 1999) zur Forschung im Bereich der Kernenergie Folgendes:

«Die Kernkraftwerke sind mit einem Produktionsanteil von rund 40 Prozent neben den Wasserkraftwerken ein Hauptpfeiler der Schweizer Stromerzeugung. Damit ist die schweizerische Elektrizitätsproduktion weitgehend CO₂-frei; und im Moment gibt es keine andere wirtschaftliche Möglichkeit, den Stromanteil der Kernenergie ohne massive Vergrößerung des CO₂-Ausstosses durch andere Technologien zu ersetzen. Andererseits lässt sich die Nutzung der Kernenergie rechtfertigen, wenn das erreichte hohe Sicherheitsniveau erhalten bleibt und die Entsorgung radioaktiver Abfälle vorangetrieben wird. Sicherheitsforschung ist somit für den Betrieb von Kernkraftwerken weiterhin wichtig... Kernenergieforschung wird auch benötigt, um eine ausreichende inländische Kompetenz in nuklearen Fragen zu bewahren und zu pflegen.»

Diese Äusserungen der CORE werden noch bedeutender, da im Entwurf zum neuen Kernenergiegesetz der Bundesrat die Option Kernenergie offen halten will. Die Aufsichtsbehörde, die Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK), muss daher weiterhin regulatorische Sicherheitsforschung unterstützen, um

- den jeweiligen Stand von Wissenschaft und Technik auf dem Gebiet der Reaktorsicherheit und der Entsorgung radioaktiver Abfälle zu kennen;
- den notwendigen Sachverstand bei sich selbst, bei Instituten in der Schweiz und, bei grösseren Projekten, auch im internationalen Rahmen aufrechtzuerhalten;
- Entwicklungen im Bereich der Kernenergie, die die Sicherheit beeinträchtigen können, rechtzeitig zu erkennen und gezielte Massnahmen zu treffen.

Die von der HSK unterstützte regulatorische Sicherheitsforschung wird von der CORE und der Eidg. Kommission für die Sicherheit der Kernanlagen (KSA) mitverfolgt und kom-

mentiert. Die Schwerpunkte der Forschung betreffen die Materialforschung, die Störfall- und Unfallforschung, menschliches Verhalten (Human Factors) und den Strahlenschutz mit der Entsorgung der radioaktiven Abfälle. Zu bemerken ist, dass in der heutigen Zeit, in der in der Schweizer Industrie kein Interesse an einer Entwicklung neuer Reaktorkonzepte besteht und die Zukunft der Kernenergie nicht klar erkennbar ist, es immer schwieriger wird, die notwendigen Forschungsmittel zur Verfügung gestellt zu bekommen. Für die HSK stellt sich daher die Frage, ob ein Forschungsfonds geschaffen werden muss, in dem die Verursacher (Elektrizitätswirtschaft, Bund) Mittel einbezahlen, die dann im notwendigen Umfang für regulatorische Sicherheitsforschung genutzt werden können.

Forschungsprojekte

Nachfolgend werden die wichtigsten von der HSK unterstützten Forschungsprojekte mit ihren Zielsetzungen kurz beschrieben. Detailliertere Informationen zu den einzelnen Projekten sowie Ergebnisse und Erkenntnisse daraus können im Internet unter www.hsk.psi.ch abgerufen werden.

Materialforschung

Eines der Schutzziele für einen sicheren Betrieb der Kernkraftwerke stellt die Integrität der druckführenden Reaktorsysteme und -komponenten (Reaktordruckbehälter, Kühlmittleitungen, Notspeisesysteme usw.) unter verschiedenen Betriebs- und Störfallbedingungen dar. Die Einhaltung dieses Schutzzieles hat mit der Absicht, die Kernkraftwerke 50 bis 60 Jahre in Betrieb zu halten, eine neue langfristige Bedeutung erhalten. Forschungsprojekte wurden in Auftrag gegeben, um die Methoden der Risserkennung bei Wiederholungsprüfungen zu verfeinern (*Schweizer Verein für technische Inspektionen, SVTI*), die Verhältnisse und treibenden Kräfte bei der Spannungsrisskorrosion in druckführenden ferritischen Komponenten besser zu verstehen (*Paul Scherrer Institut, PSI*)

sowie eine Methode zur Früherkennung von Ermüdungsschäden (Rissbildung) bei Kraftwerkskomponenten zu entwickeln (*Paul Scherrer Institut*).

Störfall- und Unfallforschung

Sollte der Reaktorbetrieb wegen Störungen vom normalen, bestimmungsgemässen Verhalten abweichen, so ist wichtig zu wissen, wie der Reaktor und seine einzelnen Systeme und Komponenten dabei belastet werden. Durch Störfallanalysen können Massnahmen abgeleitet werden, um eine Ausweitung eines Störfalles zu verhindern. Störfall- und Unfallforschung müssen auch heute noch betrieben werden, da sich einerseits die Rechenmethoden und Erkenntnisse, insbesondere für sehr schwere Unfallabläufe, ständig weiterentwickeln, andererseits die Reaktortechnik fortschreitet, z.B. beim Einsatz neuartiger Brennelemente mit erhöhtem Abbrand.

Ein Forschungsprojekt beschäftigt sich mit der Durchführung *deterministischer Sicherheitsanalysen*. Diese Forschung, die zum Ziel hat, die Rechenmodelle und die dafür notwendigen Daten zu verbessern, wird immer wichtiger, da die Möglichkeiten zu einer effizienteren Ausnutzung des Brennstoffes immer mehr ausgenutzt werden und damit Sicherheitsmargen reduziert werden. Das *Paul Scherrer Institut (PSI)* führt diese Forschung durch. Dem *Verhalten der Brennelemente unter Störfallbedingungen* sind zwei Forschungsprojekte gewidmet. Das *OECD-Halden-Reaktor-Projekt, Teil Brennstoff und Werkstoffe*, befasst sich mit Veränderungen an Brennelemente, u.a. auch bei hohen Abbränden, die unter normalen Betriebsbedingungen und bei Störfällen auftreten. Weiter gehört das Verhalten der Reaktoreinbauten, insbesondere unter Neutronenbestrahlung und verschiedenen Wasserchemiebedingungen, zum Forschungsprojekt. Das zweite Forschungsprojekt, das *OECD-IPSN-CABRI-Projekt*, führt Studien und Experimente für Brennelemente von Leichtwasserreaktoren durch. Ziel ist das Verhalten von hochabgebrannten Uran- und Mischoxid-Brennelementen bei transienten Reaktorbedingungen (rasche Leistungs-, Druck- und Temperaturänderungen) zu erforschen.

Tritt der äusserst unwahrscheinliche Kernschmelzunfall auf, so können dessen Auswirkungen durch zusätzliche Notfallmassnahmen gelindert werden. Dazu müssen aber die *Vorgänge im Reaktorsicherheitsbehälter (Con-*

tainment) bei einer Kernschmelze bekannt sein. Deshalb beschäftigen sich einige Forschungsprojekte mit den Phänomenen bei schweren Unfällen. Hier ist zunächst das *Projekt PHEBUS FP des IPSN (Institut de Protection et de sûreté nucléaire, Frankreich)* zu nennen. Im Rahmen dieses Projektes werden Kernschmelzexperimente durchgeführt. Dabei sollen die bei einer Kernschmelze freigesetzten radioaktiven Stoffe, deren Zusammensetzung und Transport innerhalb des Containments genauer erforscht werden. Was passiert bei der Wechselwirkung von Kernschmelze und den Werkstoffen im Containment? Dieser Frage geht ein Forschungsprojekt am *Royal Institute of Technology, Stockholm*, nach.

Störfälle können durch Erdbeben ausgelöst werden. Es ist daher von Interesse, die Häufigkeit und Charakteristik von Erdbeben an den Standorten der Schweizer Kernkraftwerke auf den neuesten Stand des Wissens zu bringen. Das Forschungsprojekt *PALEOSEIS (Schweizer Erdbebendienst)*, welches auch vom Nationalfonds unterstützt wird, dient diesem Zweck. Es soll Rückschlüsse auf die Wiederkehrperiode von starken Erdbeben ermöglichen, die nicht aus den historisch bekannten Erdbeben hervorgehen. Dazu werden Untersuchungen an Gesteinsablagerungen der jüngsten Erdgeschichte und an Tropfsteinen in Höhlen vorgenommen.

Aspekte menschlichen Verhaltens

Die Kernkraftwerke werden von Menschen betrieben. In den letzten Jahren wurde der Bedeutung des menschlichen Verhaltens für einen sicheren Betrieb immer grössere Aufmerksamkeit geschenkt. Der Mensch als Sicherheitsfaktor erhält auch im liberalisierten Strommarkt ein hohes Gewicht: demotiviertes Personal kann die notwendige Sorgfalt, um ein Kernkraftwerk ohne Störungen zu betreiben, kaum aufbringen. Die HSK unterstützt daher regulatorische Forschung im «Human Factor Bereich». Ein Projekt beschäftigt sich mit der *Arbeits- und Organisationspsychologie (a&o konzept, wissenschaftliche Beratung für Arbeits- und Organisationspsychologie)* und behandelt u.a. das Vorgehen bei sich ändernden Bedingungen, wie sie heute bei der Elektrizitätsmarktöffnung teilweise stattfinden. Ein weiteres Projekt erforscht die Einflüsse von Art und Aufbau von Störfallvorschriften, zum Grossteil basierend auf EDV-Mitteln, auf das menschliche Verhalten (*Firma Pluricommunication*).

Das menschliche Verhalten beim Betrieb eines Kernkraftwerkes und in Störfallsituationen wird im Projekt «*Human Reliability Analysis (Paul Scherrer Institut)*» untersucht. Dabei sollen die Beiträge von Unterlassungen und von Fehlhandlungen vom Personal zu Störfallsequenzen untersucht und Rückschlüsse für eine bessere Gestaltung von Arbeitsvorschriften gezogen werden. Das schon früher erwähnte *OECD-Halden-Reaktor-Projekt* umfasst ebenfalls einen Teil *Mensch-Maschine-Wechselwirkung*.

Strahlenschutz und Entsorgung radioaktiver Abfälle

Die Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umwelt werden in den Betriebsbewilligungen der Kernanlagen beschränkt, so dass die Strahlendosen für die Bevölkerung weit unterhalb des in der Strahlenschutzverordnung zugelassenen Grenzwertes liegen. Trotzdem ist von Interesse, ob bezüglich Krebssterblichkeit bei der Bevölkerung in der Umgebung der Kernkraftwerke Besonderheiten gegenüber dem Rest der Schweiz bestehen. Das *Institut für Präventivmedizin, Zürcherisches Krebsregister*, führt daher im Auftrag der HSK *epidemiologische Studien über strahleninduzierte Krebstodesfälle* durch und berät die HSK über Ergebnisse epidemiologischer Studien im Ausland. Die Wirkung niedriger Strahlendosen wird nach wie vor verschieden beurteilt. Solange auf molekularbiologischer Ebene die Wirkungsmechanismen ionisierender Strahlung nicht genau bekannt sind, wird die Unsicherheit im Niedrigdosisbereich bestehen bleiben. Die HSK unter-

stützt daher Forschungsarbeiten zur *zellulären Radiosensitivität und zur Reparatur von strahleninduzierten Zellschäden (Paul Scherrer Institut)*.

Sollte ein Unfall mit radioaktiven Auswirkungen in der Umwelt auftreten, so muss das Verhalten der freigesetzten Radionuklide in der Biosphäre bekannt sein. Ein Forschungsprojekt der HSK betrifft daher die *Nuklidaufnahme von Pflanzen aus dem Boden (Eidg. Technische Hochschule, Institut für Pflanzenwissenschaft)*.

Die Grundlagenforschung zur geologischen Tiefenlagerung der radioaktiven Abfälle erfolgt im Labor Entsorgung des Paul Scherrer Instituts (PSI). Die Forschungsarbeiten des PSI konzentrieren sich auf das Verständnis und die Modellierung der für die Langzeitsicherheit der geologischen Tiefenlagerung relevanten Prozesse. Diese Forschung ist ungefähr je zur Hälfte durch den Bund über das PSI-Budget und durch die Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra) finanziert. Die HSK wirkt bei der Steuerung dieser Forschung mit und begleitet die Arbeiten. Die HSK schliesst ferner langfristige Allianzen mit Hochschulinstituten ab, zur Forschung und Unterstützung auf speziellen Gebieten der geologischen Tiefenlagerung. Ein entsprechender Vertrag wurde im Berichtsjahr mit der Forschungsgruppe Ingenieurgeologie der ETHZ unterzeichnet, der sich auf Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zu den hydrogeologischen und geotechnischen Fragestellungen bezieht. Eine weitere Allianz mit externen Partnern hinsichtlich der sicherheitsanalytischen Betrachtungen befindet sich im Aufbau.

13. INTERNATIONALES

Auch im Jahr 2001 stand die HSK im regen Austausch mit dem Ausland. Neben der regulären Mitwirkung in ständigen Fachgremien auf internationaler Ebene war das Berichtsjahr reich an besonderen internationalen Aktivitäten der HSK.

Im Rahmen bilateraler Vereinbarungen auf dem Gebiet der nuklearen Sicherheit fanden Expertentreffen auf Behördenstufe statt, die aktuelle Themen aufgriffen und den zwischenstaatlichen Erfahrungsaustausch förderten.

Erstmals trafen sich österreichische und schweizerische Behördenvertreter im Oktober 2001 in Wien, um das erst vor kurzem in Kraft getretene Schweiz-Österreichische *Abkommen über den frühzeitigen Austausch von Informationen aus dem Bereich der nuklearen Sicherheit und des Strahlenschutzes* mit Leben zu erfüllen.

In der ersten Hälfte des Berichtsjahres trat die Französisch-Schweizerische Kommission zur nuklearen Sicherheit in Würenlingen zusammen. Damit verband sich auch ein Besuch des dort gelegenen Zwischenlagers für radioaktive Abfälle ZWILAG.

Die Deutsch-Schweizerische Kommission für die Sicherheit grenznaher kerntechnischer Anlagen hielt ihre Jahrestagung 2001 in Deutschland ab. Unter dem Eindruck der Ereignisse des 11. Septembers wurden Aspekte der Sicherheit von Kernanlagen gegen terroristische Einwirkungen diskutiert. Die Endlagerproblematik beiderseits der Grenze kam ebenfalls prominent zur Sprache. Die technische Zusammenarbeit mit Staaten Zentral- und Osteuropas erhielt im Jahr 2001 zahlreiche Impulse.

Intensiv wurde an der von der HSK ergriffenen Initiative zur Schaffung eines Zentrums

Für das russische Kernkraftwerk Novovoronezh 5 wurde im Rahmen des Projektes SWISRUS eine probabilistische Sicherheitsanalyse durchgeführt.

Foto: SWISRUS



für nukleare Sicherheit in Mittel- und Osteuropa gearbeitet. Unter dem Arbeitstitel CENS (Centre for Nuclear Safety in Central and Eastern Europe) beschäftigte sich eine international zusammengesetzte Arbeitsgruppe unter Mitwirkung der HSK mit der Realisierung dieses Projektes.

Eine entscheidende Phase des bilateralen Projektes SWISRUS mit der russischen Atom-sicherheitsbehörde zur Durchführung und Überprüfung von probabilistischen Sicherheitsanalysen konnte erfolgreich im Berichtsjahr abgeschlossen werden. Die Abschlussberichte werden im Frühjahr 2002 vorliegen. Dieses Projekt wird von der Direktion für Entwicklung und Zusammenarbeit (DEZA) finanziell unterstützt.

Im Sommer war die HSK gemeinsam mit der deutschen Gesellschaft für Reaktorsicherheit GRS Gastgeberin eines Seminars über Notfallbereitschaft für Experten aus Osteuropa.

Die Schweiz trat 1995 dem internationalen Übereinkommen über nukleare Sicherheit bei und ratifizierte dieses im Jahre 1996. Das Übereinkommen sieht eine nationale Berichterstattung zur Erfüllung des Übereinkommens vor. Im Dreijahresrhythmus werden Überprüfungs-konferenzen zum Übereinkommen abgehalten. Im Jahr 2001 erstellte die HSK den nunmehr zweiten Länderbericht der Schweiz zum Übereinkommen über nukleare Sicherheit und hinterlegte diesen am 15. Oktober 2001 bei der IAEA, welche Depositär des Übereinkommens ist. An der Vorbereitungstagung im September zur zweiten Überprüfungs-konferenz, welche

im April 2002 stattfinden wird, hat ein Vertreter der HSK teilgenommen.

Nachdem die Schweiz auch das *Gemeinsame Übereinkommen über die Sicherheit der Behandlung abgebrannter Brennelemente und über die Sicherheit der Behandlung radioaktiver Abfälle* («Nuclear Waste Convention») ratifiziert hat, ist sie in einen analogen Prozess wie beim Übereinkommen über die nukleare Sicherheit eingebunden. Mitte Dezember 2001 fand in Wien entsprechend eine Konferenz zur Implementierung der Nuclear Waste Convention statt. Auch hier entsandte die HSK einen Mitarbeiter zur Teilnahme an der Implementierungskonferenz.

Während dreier Monate in der ersten Hälfte des Berichtsjahres weilte ein Mitarbeiter der US-amerikanischen Nuklearaufsichtsbehörde USNRC (US Nuclear Regulatory Commission) bei der HSK. Dieser Arbeitsaufenthalt konnte im Rahmen des Vertrages zwischen der HSK und der USNRC realisiert werden und leistete einen grossen Beitrag zur weiteren Vertiefung der gegenseitigen Behördenkontakte und zum gegenseitigen Know-how-Austausch.

Die HSK hat ihrerseits einen Mitarbeiter in die USNRC für einen längeren Aufenthalt entsandt. Die geschilderten internationalen Kontakte stellen nur einen Ausschnitt aus der grossen Bandbreite der internationalen Aktivitäten der HSK dar und unterstreichen die enge Einbettung der HSK in das internationale Netzwerk zur Durchsetzung und Förderung der nuklearen Sicherheit.

ANHANG A

Tabelle A1	Betriebsdaten der schweizerischen Kernkraftwerke 2001	82
Tabelle A2	Bestand an lizenziertem Personal und Gesamtbelegschaft in den Kernkraftwerken Ende 2001	82
Tabelle A3	Klassierte Vorkommnisse 2001	83
Tabelle A4a	Zusammenstellung der Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umgebung im Jahr 2001 und die daraus berechnete Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung	84
Tabelle A4b	Abgaben der schweizerischen Kernkraftwerke in den letzten fünf Jahren im Vergleich mit den Abgabelimiten	87
Tabelle A5a	Ganzkörperdosen des beruflich strahlenexponierten Personals durch äussere Bestrahlung 2001, Anzahl Personen und mittlere Jahresdosis, Kraftwerke	88
Tabelle A5b	Ganzkörperdosen des beruflich strahlenexponierten Personals durch äussere Bestrahlung 2001, Anzahl Personen und mittlere Jahresdosis, Kernanlagen und Forschung	89
Tabelle A6a	Ganzkörperdosen des beruflich strahlenexponierten Personals durch äussere Bestrahlung 2001, Jahreskollektivdosen in Personen-mSv, Kraftwerke	90
Tabelle A6b	Ganzkörperdosen des beruflich strahlenexponierten Personals durch äussere Bestrahlung 2001, Jahreskollektivdosen in Personen-mSv, Kernanlagen und Forschung	91
Tabelle A7	Ganzkörperdosen des beruflich strahlenexponierten Personals durch äussere Bestrahlung 2001, Anzahl Personen nach Alter und Geschlecht, Kernanlagen und Forschung, Eigen- und Fremdpersonal	92
Tabelle A8	Verteilung der Extremitätendosen 2001, Kernanlagen und Forschung	93
Tabelle A9	Inkorporationen und deren Folgedosis E_{50} des beruflich strahlenexponierten Personals 2001, Kernanlagen und Forschung	94
Tabelle A10a	Verteilung der Lebensalterdosen des beruflich strahlenexponierten Eigenpersonals 2001, Kernanlagen und Forschung	95
Tabelle A10b	Altersverteilung der Lebensalterdosen des beruflich strahlenexponierten Eigenpersonals 2001, Kernanlagen und Forschung	95
Tabelle A11a	Radioaktive Abfälle in den Kernkraftwerken und im PSI (inklusive Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung)	96
Tabelle A11b	Radioaktive Abfälle im Zentralen Zwischenlager der ZWILAG	96
Figur A1	Zeitverfügbarkeit und Arbeitsausnutzung 1992–2001	97
Figur A2	Meldepflichtige, klassierte Vorkommnisse 1992–2001	98
Figur A3	Ungeplante Reaktorschnellabschaltungen (Scrams), 1992–2001	99
Figur A3a	Ursachen der klassierten Vorkommnisse der Kernkraftwerke pro Jahr, 1992–2001	100
Figur A3b	Ursachen ungeplanter Reaktorschnellabschaltungen pro Jahr, 1992–2001	100
Figur A4	Brennstabschäden (Anzahl Stäbe), 1991–2001	101
Figur A5	Jahreskollektivdosen (Personen-Sv/Jahr) der Kraftwerke, 1981–2001	102
Figur A6	Jahreskollektivdosen (Personen-Sv/Jahr) der Kernanlagen, 1969–2001	103
Figur A7	Mittlere Jahresindividualdosen (mSv) der Kraftwerke, 1981–2001	104
Figur A8	Personen mit einer beruflichen Lebensdosis >200 mSv, Kraftwerke, 1981–2001	105
Figur A9	Berechnete Dosen für die meistbetroffenen Personen (Erwachsene) in der Umgebung der schweizerischen KKW	106
Figur A10	Ortsdosisleistung der MADUK-Sonden im Jahre 2001	107

Tabelle A1

Betriebsdaten der schweizerischen Kernkraftwerke 2001

	KKB 1	KKB 2	KKM	KKG	KKL
Thermisch erzeugte Energie [GWh]	9589	7996	8531	24 461	27 961
Abgegebene elektrische Nettoenergie [GWh]	3090	2568	2769	7803	9090
Abgegebene thermische Energie [GWh]	147,7	2,8	1,9	177	0
Zeitverfügbarkeit ¹ [%]	97,1	81,4	93,6	93,7	93,5
Nichtverfügbarkeit durch Jahresrevision [%]	2,9	18,3	6,1	6,1	6,5
Arbeitsausnutzung ² [%]	96,8	80,4	88,7	93,3	90,8
Anzahl ungeplanter Schnellabschaltungen (Scrams)	0	2	1	0	0
Andere ungeplante Abschaltungen	0	0	0	0	0
Störungsbedingte Leistungsreduktionen (>10% P _N)	1	0	0	3	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 A2

Bestand an lizenziertem Personal und Gesamtbelegschaft in den Kernkraftwerken Ende 2001.
In Klammern Werte von 2000

Funktion	KKB 1+2	KKM	KKG	KKL
B-Operateur	11 (14)	12 (11)	8 (10)	6 (11)
A-Operateur	15 (22)	7 (9)	18 (19)	11 (11)
Schichtchef und Stellvertreter	31 (25)	11 (12)	20 (20)	21 (21)
Pikett- und Betriebsingenieur	11 (11)	9 (8)	12 (12)	10 (10)
Strahlenschutzfachkraft	4 (4)	5 (5)	7 (6)	9 (9)
Strahlenschutztechniker	5 (5)	6 (6)	3 (4)	4 (6)
Gesamtbelegschaft	475 (451)	294 (284)	376 (377)	386 (396)

Tabelle A3

Klassierte Vorkommnisse 2001

Datum	Anlage	Vorkommnis	Einstufung INES
24.1.2001	KKM	Reaktorschnellabschaltung nach dem Ausfall von zwei Speisewasserpumpen	0
20.2.2001	KKG	Startversagen eines Notstromdieselmotors beim Funktionstest	0
28.3.2001	PSI	Überschreitung einer bewilligten Aktivitätsinventarlimite im Bundeszwischenlager BZL	0
3.4.2001	KKL	Ölleckage an einem Notstanddieselaggregat beim Funktionstest	0
24.4.2001	KKG	Nichtausschaltung des Netzschalters an einer Notstandschiene beim Funktionstest	0
30.4.2001	KKB1	Startversagen des Notstanddieselmotors beim Funktionstest	0
22.5.2001	KKG	Spannungsunterbruch an einer Notstandschiene beim Funktionstest	0
29.5.2001	KKL	Störung im Steuerstab-Info-System	0
9.7.2001	KKL	Fehlöffnen des Generatorschalters an einem Notstromdiesel beim Funktionstest	0
25.7.2001	KKB1	Nichtverfügbarkeit einer Sicherheitseinspeisepumpe beim Funktionstest	0
10.8.2001	KKL	Brand bei Schweissarbeiten im Dampftunnel	0
13.8.2001	KKL	Brand bei Schweissarbeiten im Maschinenhaus	0
14.8.2001	KKG	Spannungsunterbruch an einer Notstandschiene beim Funktionstest	0
15.8.2001	KKL	Missachtung von Betriebsvorschriften	1
27.8.2001	KKB2	Befund an einer Containment-Durchführung bei der Dichtheitsprüfung	0
7.9.2001	PSI	Tritium-Inkorporation im Abfalllabor	0
18.10.2001	KKB2	Reaktorschnellabschaltung durch Kurzschluss in der Spannungsversorgung der Speisewasserregelventile	0
18.10.2001	KKB2	Reaktorschnellabschaltung von Hand nach Überborierung	0

Tabelle A4a

Zusammenstellung der Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umgebung im Jahr 2001 und die daraus berechnete Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung (Fussnoten am Ende der Tabelle)

Anlage	Medium	Art der Abgaben ⁴	Abgabelimiten ¹ Bq/Jahr	Tatsächliche Abgaben ²		Berechnete Jahresdosis ³	
				Bq/Jahr (±50%)	Prozent der Limite	Erwachs. mSv/Jahr	Kleinkind mSv/Jahr
KKB1 + KKB2	Abwasser (3800 m ³)	Nuklidgemisch (ohne Tritium) Tritium	4·10 ¹¹	1,1·10 ⁹	0,3%	<0,001	<0,001
			7·10 ¹³	1,1·10 ¹³	15,7%	<0,001	<0,001
	Abluft	Edelgase Aerosole ohne I-131, Halbwertszeit >8 Tage	1·10 ¹⁵	4,6·10 ¹²	0,5%	<0,001	<0,001
			6·10 ⁹	–	<0,1%	<0,001	<0,001
4·10 ⁹			1,6·10 ⁷	0,4%	<0,001	<0,001	
		Kohlenstoff-14	–	4,0·10 ¹⁰	–	0,0012	0,0020
KKM	Abwasser (5701 m ³)	Nuklidgemisch (ohne Tritium) Tritium	4·10 ¹¹	1,9·10 ⁹	0,5%	<0,001	<0,001
			2·10 ¹³	2,0·10 ¹¹	1,0%	<0,001	<0,001
	Abluft	Edelgase Aerosole ohne I-131, Halbwertszeit >8 Tage	2·10 ¹⁵	5,3·10 ¹²	0,3%	<0,001	<0,001
			2·10 ¹⁰	–	<0,1%	0,0054	0,0045
2·10 ¹⁰			9,1·10 ⁷	0,5%	<0,001	<0,001	
		Kohlenstoff-14	–	2,0·10 ¹¹	–	<0,001	0,0011
KKG	Abwasser (7395 m ³)	Nuklidgemisch (ohne Tritium) Tritium	2·10 ¹¹	–	<0,1%	<0,001	<0,001
			7·10 ¹³	1,2·10 ¹³	17,1%	<0,001	<0,001
	Abluft	Edelgase β-total-Messung Aerosole ohne I-131, Halbwertszeit >8 Tage	1·10 ¹⁵	<5,4·10 ¹² (<4,7·10 ¹²)	0,5%	<0,001	<0,001
			1·10 ¹⁰	–	<0,1%	<0,001	<0,001
			7·10 ⁹	–	<0,1%	<0,001	<0,001
		Kohlenstoff-14	–	4,0·10 ¹¹	–	0,0028	0,0047
KKL	Abwasser (14 604 m ³)	Nuklidgemisch (ohne Tritium) Tritium	4·10 ¹¹	–	<0,1%	<0,001	<0,001
			2·10 ¹³	1,1·10 ¹²	5,5%	<0,001	<0,001
	Abluft	Edelgase Aerosole ohne I-131, Halbwertszeit >8 Tage	2·10 ¹⁵	3,3·10 ¹²	0,2%	<0,001	<0,001
			2·10 ¹⁰	3,0·10 ⁷	0,2%	<0,001	<0,001
2·10 ¹⁰			1,1·10 ⁹	5,5%	<0,001	<0,001	
		Kohlenstoff-14	–	4,5·10 ¹¹	–	0,0024	0,0041

Tabelle A4a (Fortsetzung)

Zusammenstellung der Abgaben des Paul Scherrer Instituts im Jahr 2001 und der daraus berechneten Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung

	Hochkamin	Verbrennungsanlage	Saphir	Betriebsgebäude für radioaktive Abfälle	Bundeszwischenlager	Zentrale Fortluftanlage PSI West	Injektor I	Injektor II	Tritiumhütte	Abwasser PSI (3853 m ³)	Gesamtanlage des PSI
Abgaben im Abwasser ^{2,4} [Bq] Nuklidgemisch ohne Tritium Tritium	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	3,9·10 ⁷ 1,3·10 ¹¹	3,9·10 ⁷ 1,3·10 ¹¹
Abgaben über die Abluft ^{2,4} [Bq] Edelgase und andere Gase β/γ-Aerosole (ohne Iod, Halbwertszeit >8 Std.) α-Aerosole Iod (I-131-Äq.) Tritium (tritiertes Wasser) Kohlenstoff-14	4,5·10 ¹¹ 4,7·10 ⁸ - 1,5·10 ⁸ 2,2·10 ¹² -	- 1,6·10 ⁸ 8,6·10 ⁵ 1,4·10 ⁷ 9,5·10 ¹⁰ 1,1·10 ⁷	- - - - 1,8·10 ¹⁰ -	- - - - 5,5·10 ¹¹ -	- - - - 4,9·10 ⁸ -	1,0·10 ¹⁴ 5,7·10 ⁹ - 1,8·10 ⁷ 7,2·10 ¹¹ -	3,3·10 ⁹ - - - - -	6,3·10 ¹⁰ 2,1·10 ⁶ - - - -	- - - - 1,4·10 ¹⁰ -	- - - - - -	1,0·10 ¹⁴ 6,3·10 ⁹ 8,6·10 ⁵ 1,8·10 ⁸ 3,6·10 ¹² 1,1·10 ⁷
Jahresdosis ³ [mSv/Jahr] für: Erwachsene Kleinkinder	<0,00015 <0,00015	0,0003 0,0003	<0,00015 <0,00015	0,0004 0,0004	<0,00015 <0,00015	0,0028 0,0028	<0,00015 <0,00015	<0,00015 <0,00015	<0,00015 <0,00015	<0,00015 <0,00015	<0,005 <0,005
Anteil am quellenbezogenen Dosisrichtwert ¹	<0,1 %	0,2 %	<0,1 %	0,3 %	<0,1 %	1,9 %	<0,1 %	<0,1 %	<0,1 %	<0,1 %	<3,0 %

- 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 etwa $\pm 50\%$. Abgaben unterhalb 0,1% der Jahresabgabelimite werden von der HSK als nicht-relevant betrachtet.
- ³ Die **Jahresdosis** ist für Personen berechnet, die sich dauernd am kritischen Ort aufhalten, ihre gesamte Nahrung von diesem Ort beziehen und ihren gesamten Trinkwasserbedarf aus dem Fluss unterhalb der Anlage decken. Die Dosis wird mit den in der HSK-Richtlinie R-41 angegebenen Modellen und Parametern ermittelt.
- Dosiswerte kleiner als 0,001 mSv – entsprechend einer Dosis, die durch natürliche externe Strahlung in etwa 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** ist Folgendes zu präzisieren:
- Abwasser:** Die Radioaktivität ist 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.
- Edelgase:** Die Radioaktivität ist in Bq/Jahr normiert auf einen Referenz-CA-Wert von $2 \cdot 10^5$ Bq/m³ angegeben. Die CA-Werte für die Edelgasnuklide sind dem Anhang 3 der Strahlenschutzverordnung (StSV) entnommen. Ein CA-Wert von $2 \cdot 10^5$ Bq/m³ entspricht einem Referenz-Nuklid mit

einem Immersions-Dosisfaktor von $4,4 \cdot 10^{-7}$ (Sv/Jahr)/(Bq/m³).

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

Gase: Beim PSI handelt es sich vorwiegend um die Nuklide C-11, N-13, O-15 und Ar-41. Deren Halbwertszeiten sind kleiner als zwei Stunden. Hier ist die Summe der Radioaktivität dieser Gase und Edelgase ohne Normierung auf einen Referenzwert angegeben.

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

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

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

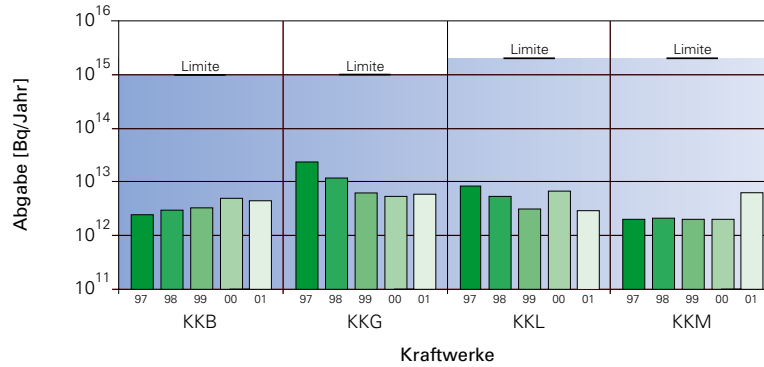
Iod: Die Abgabe ist als Iod-131-Äquivalent durch gewichtete Summation der Aktivität der gemessenen Iod-Nuklide angegeben, wobei sich der Gewichtungsfaktor aus dem Verhältnis des Ingestionsdosisfaktors des jeweiligen Nuklides zum Ingestionsdosisfaktor von I-131 ergibt. Die Ingestionsdosisfaktoren sind der StSV entnommen.

Kohlenstoff-14: In den Tabellen ist der als Kohlendioxid vorliegende Anteil des Kohlenstoff-14, der für die Dosis relevant ist, angegeben. Die für C-14 angegebenen Werte basieren beim KKG und KKL auf aktuellen Messungen, beim KKB und KKM auf Literaturangaben und in früheren Jahren durchgeführten Messungen. KKG hat die Messungen im Berichtsjahr neu aufgenommen. Dieser Messwert ist höher als der in früheren Jahren angenommene Wert.

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

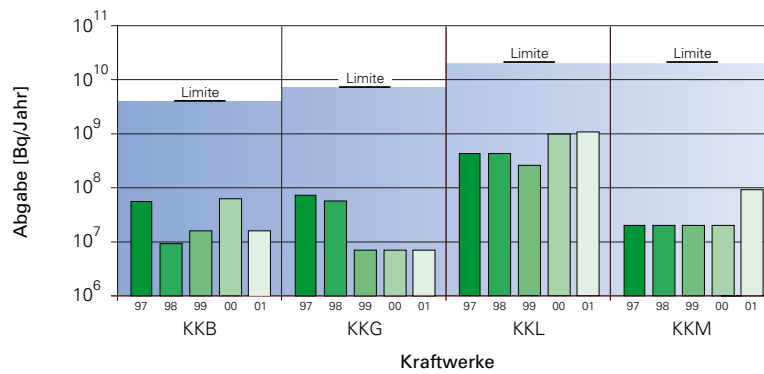
Abluft

Edelgase



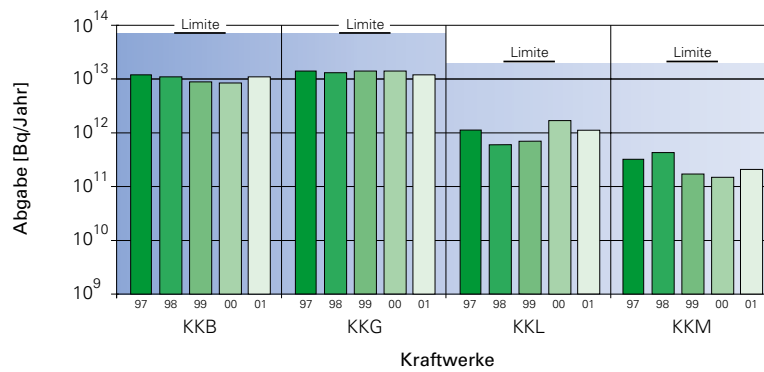
Abluft

Jod



Abwasser

Tritium im Wasser



Abwasser

übrige flüssige Abgaben

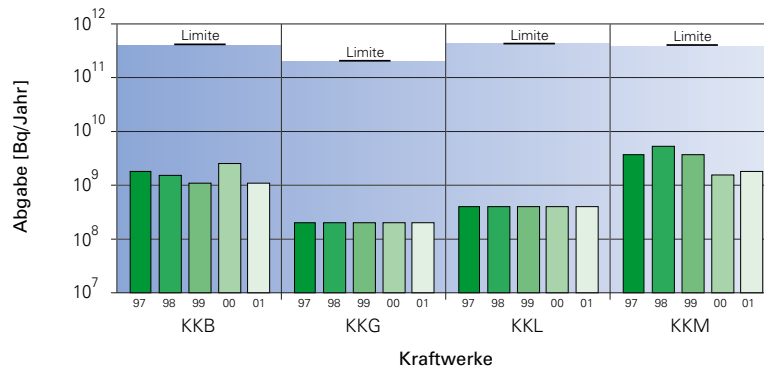


Tabelle A5b

Ganzkörperdosen des beruflich strahlenexponierten Personals durch äussere Bestrahlung 2001, Anzahl Personen und mittlere Jahresdosis, Kernanlagen und Forschung

Dosisverteilung [mSv]	PSJ ³	Universität	Total Forschung ¹	ZZL	Total KKW E + F	Total Kernanlagen und Forschung ²
0,0–1,0	1076	14	1091	56	2477	3525
>1,0–2,0	36		36		340	373
>2,0–5,0	22		22		371	392
>5,0–10,0	2		2		153	155
>10,0–15,0					13	13
>15,0–20,0						
>20,0–50,0						
>50,0						
Total Personen	1136	14	1151	56	3354	4458
Mittel pro Person [mSv]	0,2	0,0	0,2	0,0	1,0	0,8

¹ Diese Spalte enthält eine Person, 0,9 mSv Jahresdosis der Versuchsanlage Lucens.

² Fremdpersonal, das in der Forschung und in den Kraftwerken eingesetzt wurde, ist hier nur einmal gezählt.

³ Diese Zusammenstellung umfasst das gesamte beruflich strahlenexponierte Personal des PSI.

E = Eigenpersonal, F = Fremdpersonal; in allen Anlagen werden TL-Dosimeter benutzt.

Tabelle A6a

Ganzkörperdosen des beruflich strahlenexponierten Personals durch äussere Bestrahlung 2001, Jahreskollektivdosen in Personen-mSv, Kraftwerke

Dosisverteilung [mSv]	KKB 1 + 2		KKG		KKL		KKM		Total KKW ¹	
	E	E + F	E	E + F	E	E + F	E	E + F	E	E + F
0,0–1,0	66,8	107,7	43,3	102,0	58,7	138,5	32,3	105,6	201,0	309,6
>1,0–2,0	66,0	117,8	25,7	83,5	64,3	102,2	72,1	92,0	228,1	275,7
>2,0–5,0	125,3	303,3	85,4	170,9	130,6	219,3	163,9	171,2	505,2	1166,7
>5,0–10,0	94,8	292,9	41,4	158,9	69,3	191,8	174,3	105,4	379,8	655,2
>10,0–15,0	60,2	84,0		22,5		42,5			60,2	88,8
>15,0–20,0										
>20,0–50,0										
>50,0										
Total [Personen-mSv]	413,1	905,7	195,8	537,8	322,9	694,3	442,6	474,2	1374,3	2000,8
Höchste Einzelosis [mSv]	14,2	14,2	9,1	12,3	9,0	11,8	8,6	9,8	14,2	12,3

¹ Fremdpersonal, das in mehreren Anlagen eingesetzt wurde, ist hier nur einmal gezählt.

Durch die Addition von in verschiedenen Werken akkumulierten Individualdosen respektive Elimination von mehrfach gemeldeten Individualdosen verändern sich die Kollektivdosen geringfügig.

E = Eigenpersonal, F = Fremdpersonal

Tabelle A6b

Ganzkörperdosen des beruflich strahlenexponierten Personals durch äussere Bestrahlung 2001, Jahreskollektivdosen in Personen-mSv, Kernanlagen und Forschung

Dosisverteilung [mSv]	PSJ ³	Universität	Total Forschung ¹	ZZL	Total KKW E + F	Total Kernanlagen und Forschung ²
0,0–1,0	57,4	0,0	58,3	2,2	510,6	563,4
>1,0–2,0	54,3		54,3		503,8	555,4
>2,0–5,0	66,3		66,3		1166,7	1229,9
>5,0–10,0	11,2		11,2		1045,0	1057,6
>10,0–15,0					149,0	149,0
>15,0–20,0						
>20,0–50,0						
>50,0						
Total [Pers.-mSv]	189,2		190,1	2,2	3375,1	3555,3
Höchste Einzeldosis [mSv]	6,1	0,0	6,1	0,5	14,2	14,2

¹ Diese Spalte enthält eine Person, 0,9 mSv Jahresdosis der Versuchsanlage Lucens.

² Fremdpersonal, das in der Forschung und in den Kraftwerken eingesetzt wurde, ist hier nur einmal gezählt. Durch die Addition von in verschiedenen Anlagen akkumulierten Individualdosen respektive Elimination von mehrfach gemeldeten Individualdosen verändern sich die Kollektivdosen geringfügig.

³ Diese Zusammenstellung umfasst die Dosen des gesamten beruflich strahlenexponierten Personals des PSI. E = Eigenpersonal, F = Fremdpersonal; in allen Anlagen werden TL-Dosimeter benutzt.

Tabelle A7

Ganzkörperdosen des beruflich strahlenexponierten Personals durch äussere Bestrahlung 2001, Anzahl Personen nach Alter und Geschlecht, Kernanlagen und Forschung, Eigen- und Fremdpersonal

Dosisverteilung [mSv]	16–18 Jahre		19–20 Jahre		21–30 Jahre		31–40 Jahre		41–50 Jahre		51–60 Jahre		> 60 Jahre		Total
	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	
0,0–1,0	20		63	2	455	40	840	51	918	38	853	27	215	3	3525
>1,0–2,0			6		41	2	109		115	1	90		9		373
>2,0–5,0			5		44	1	107		126	2	97	1	9		392
>5,0–10,0			1		20		58		44	1	29		2		155
>10,0–15,0					2		3		6		1		1		13
>15,0–20,0															
>20,0–50,0															
>50,0															
Total Personen	20		75	2	562	43	1117	51	1209	42	1070	28	236	3	4458
Mittel pro Person [mSv]	0,10		0,60	0,00	0,76	0,22	0,95	0,04	0,93	0,33	0,73	0,14	0,35	0,10	0,80
Kollektivdosis [Personen·mSv]	2,0		45,3	0,0	428,4	9,6	1059,7	2,1	1121,5	13,7	785,4	3,8	83,5	0,3	3555,3

M = Männer, F = Frauen

Tabelle A8

Verteilung der Extremitätendosen 2001, Kernanlagen und Forschung

Dosisverteilung [mSv]	KKB 1 + 2		KKG		KKL		KKM		Total KKW		PSI	ZZL		Summe Kern- anlagen + PSI E + F					
	E	F	E	F	E	F	E	F	E	F		E	F		E	F			
0-25	12	1	13	4	4	8	3	5	8	11	8	19	30	18	48	110	4	4	162
>25-50				1	1					1	1					2			3
>50-75																			
>75-100																			
>100-150																			
>150-200																			
>200-250																			
>250-300																			
>300-350																			
>350-400																			
>400-450																			
>450-500																			
>500																			
Total Personen	12	1	13	4	5	9	3	5	8	11	8	19	30	19	49	112	4	4	165

E = Eigenpersonal, F = Fremdpersonal

Tabelle A9

Inkorporationen und deren Folgedosis E_{50} des beruflich strahlenexponierten Personals 2001, Kernanlagen und Forschung

Folgedosis E_{50} Dosisverteilung [mSv]	KKB 1 + 2			KKG			KKL			KKM			Total KKW			PSI	ZZL			Summe Kern- anlagen + PSI E + F
	E	F	E + F	E	F	E + F	E	F	E + F	E	F	E + F	E	F	E + F		E	F	E + F	
<=1,0	313	411	724	290	494	784	343	853	1196	274	615	889	1220	2373	3593	365	15	25	40	3958
>1,0-2,0																2				2
>2,0-5,0																1				1
>5,0-10,0																				
>10,0-15,0																				
>15,0-20,0																				
>20,0-50,0																				
>50,0																				
Total Personen	313	411	724	290	494	784	343	853	1196	274	615	889	1220	2373	3593	368	15	25	40	3961

Personen, die in der Triagemessung die Triageschwelle nicht überschritten haben, werden in dieser Tabelle im Dosisintervall 0-1,0 mSv eingetragen.

Tabelle A10a

Verteilung der Lebensalterdosen des beruflich strahlenexponierten Eigenpersonals¹ 2001, Kernanlagen und Forschung

Dosisverteilung [mSv]	KKB 1+2	KKG	KKL	KKM	KKW Total	PSI	ZZL	Kernanlagen + PSI Total
>100–150	34	16	14	27	91	14		105
>150–200	26	15	6	18	65	6		71
>200–250	17	5	2	17	41	4	1	46
>250–300	12	2		7	21	1	1	23
>300–350	13	1		3	17	1		18
>350–400	6			3	9			9
>400–450	5			2	7			7
>450–500	4			5	9			9
>500–550	2			4	6			6
>550–600	1				1			1
>600	1				1			1
Total Personen	121	39	22	86	268	26	2	296

¹ inklusive Personal, das 2001 ausgetreten ist.

Tabelle A10b

Altersverteilung der Lebensalterdosen des beruflich strahlenexponierten Eigenpersonals¹ 2001, Kernanlagen und Forschung

Dosisverteilung [mSv]	21–30 Jahre	31–40 Jahre	41–50 Jahre	51–60 Jahre	> 60 Jahre	Kernanlagen + PSI Total
>100–150		7	37	50	11	105
>150–200		2	15	44	10	71
>200–250			9	31	6	46
>250–300		1	3	14	5	23
>300–350			4	10	4	18
>350–400			1	6	2	9
>400–450				4	3	7
>450–500				6	3	9
>500–550				4	2	6
>550–600			1			1
>600					1	1
Total Personen		10	70	169	47	296

¹ inklusive Personal, das 2001 ausgetreten ist.

Tabelle A11a

Radioaktive Abfälle in den Kernkraftwerken und im PSI
(inklusive Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung). Volumen gerundet in m³

	unkonditioniert		Produktion ⁴	konditioniert ¹	
	Anfall ²	Bestand ³		Auslagerung	Bestand ⁵
PSI	128	708	13		898
KKB	80	148	46		1051
KKM	114	243	164 ⁶	29 ⁷	761
KKG	37	70	14		315
KKL	128	65	97		1333
Total	487	1234	334	29	4358

¹ Bei der Konditionierung brennbarer und pressbarer Abfälle findet eine Volumenreduktion statt.

² Bruttovolumen im Berichtsjahr 2001 (abgeleitet aus der Anzahl Rohabfallfässer, ausser für KKM: Nettovolumen des Rohabfalls).

³ Bruttovolumen in den Kernanlagen Ende 2001 (abgeleitet aus der Anzahl Rohabfallfässer, ausser für KKM: Nettovolumen des Rohabfalls).

⁴ Bruttovolumen im Berichtsjahr 2001 (für KKB wurden die exakten Gebindevolumen berücksichtigt).

⁵ Bruttovolumen in den Lagern der Kernanlagen Ende 2001 (für KKB wurden die exakten Gebindevolumen berücksichtigt).

⁶ Davon konditionierte Abfälle aus früheren Betriebsjahren: 140 m³.

⁷ Zum ZZL geführte Gebinde.

Tabelle A11b

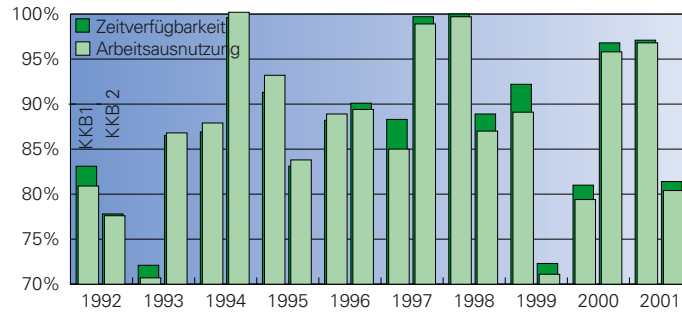
Radioaktive Abfälle im Zentralen Zwischenlager der ZWILAG

Anzahl Behälter mit Brennelementen		HAA-Halle		MAA-Halle	
		Anzahl Behälter mit verglasten Abfällen			
Einlagerung	Bestand	Einlagerung	Bestand	Einlagerung [m ³]	Bestand [m ³]
2	2	1	1	29	29

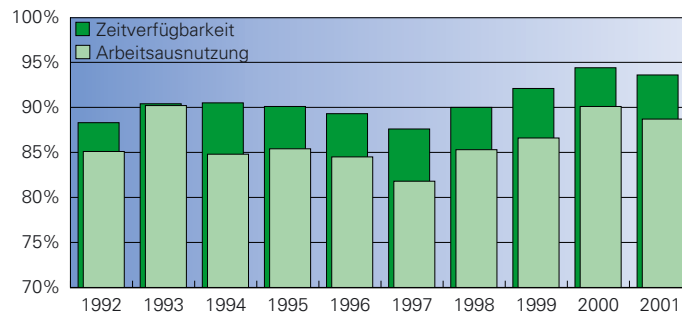
Figur A1

Zeitverfügbarkeit und Arbeitsausnutzung 1992–2001

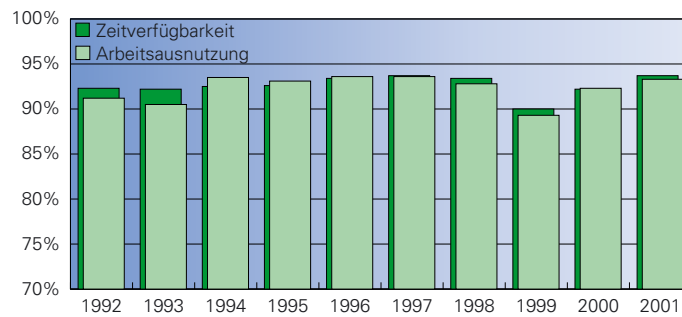
KKB 1, 2



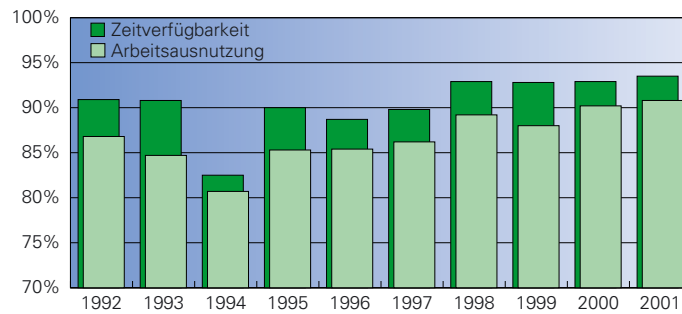
KKM



KKG



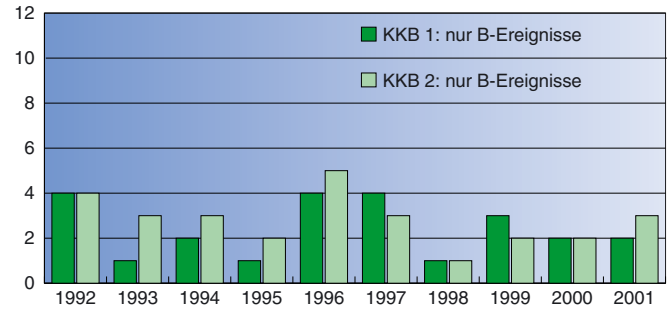
KKL



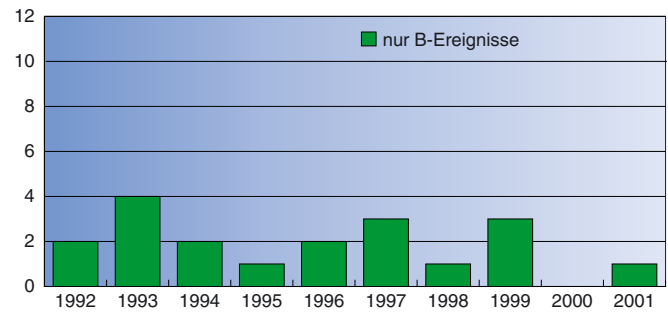
Figur A2

Meldepflichtige, klassierte Vorkommnisse 1992–2001

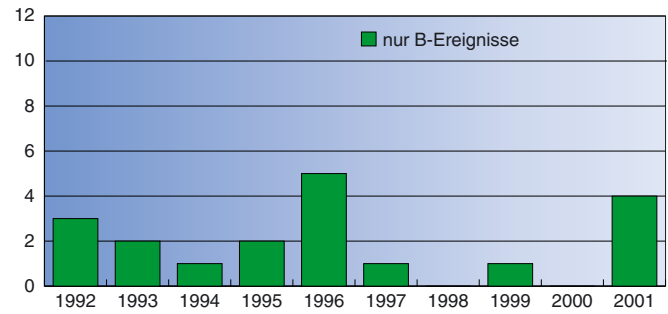
KKB 1, 2



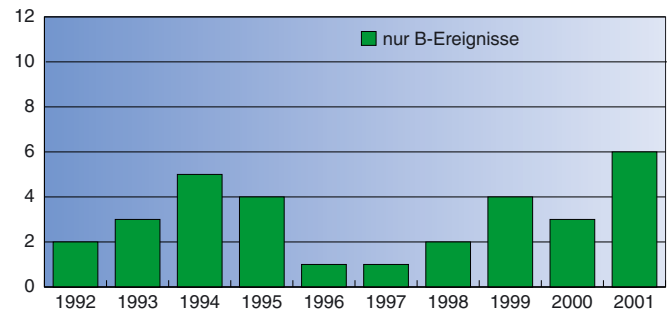
KKM



KKG



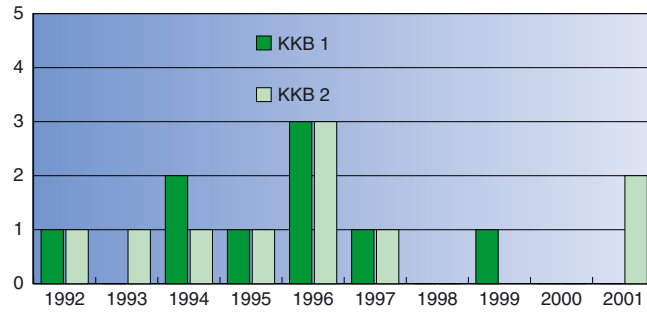
KKL



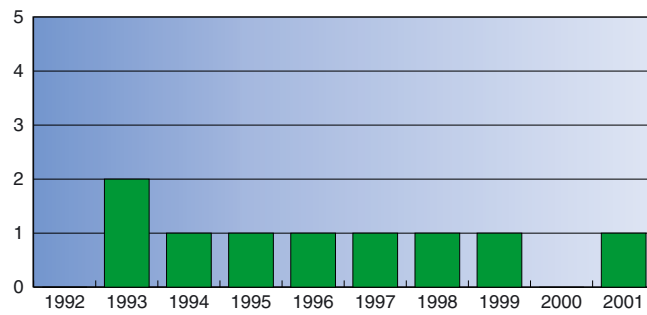
Figur A3

Ungeplante Reaktorschnellabschaltungen (Scrams), 1992–2001

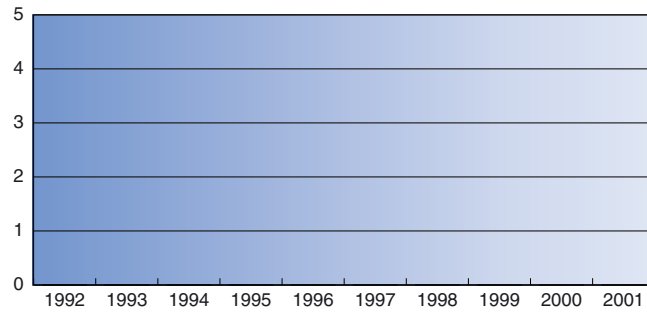
KKB 1, 2



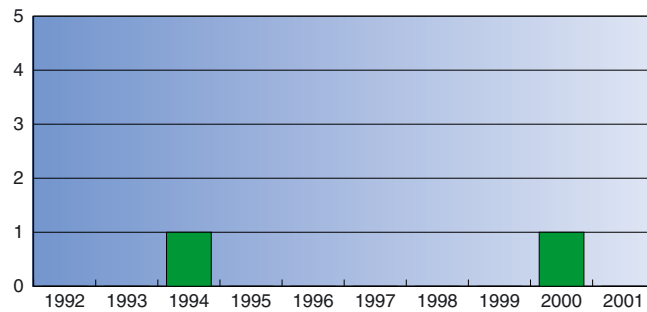
KKM



KKG

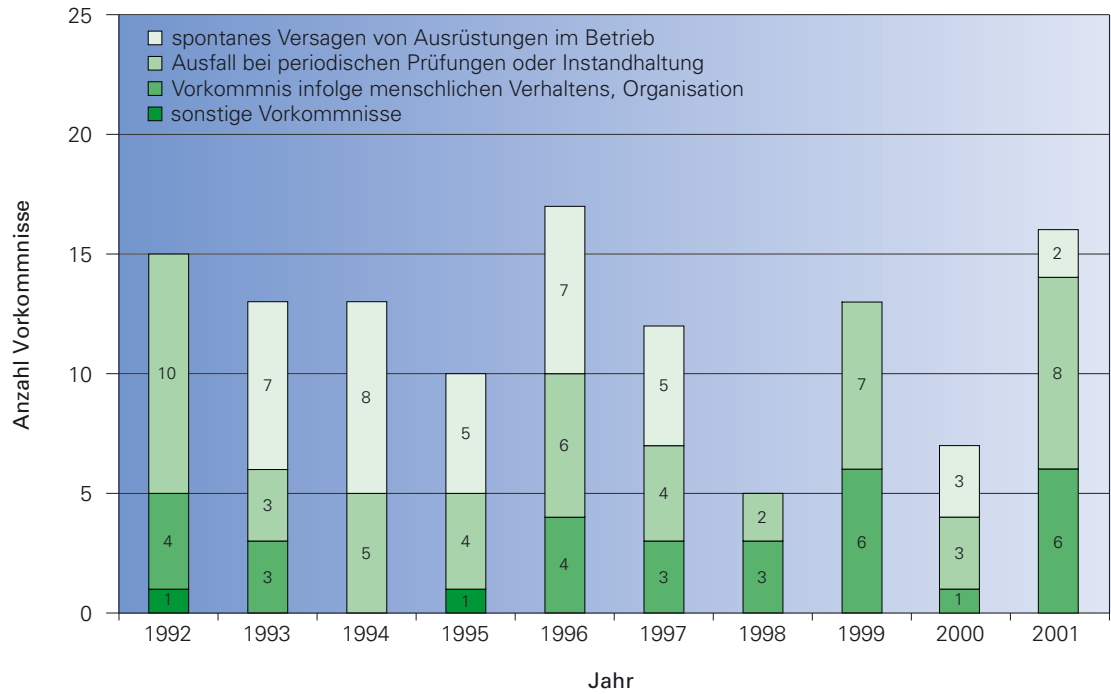


KKL



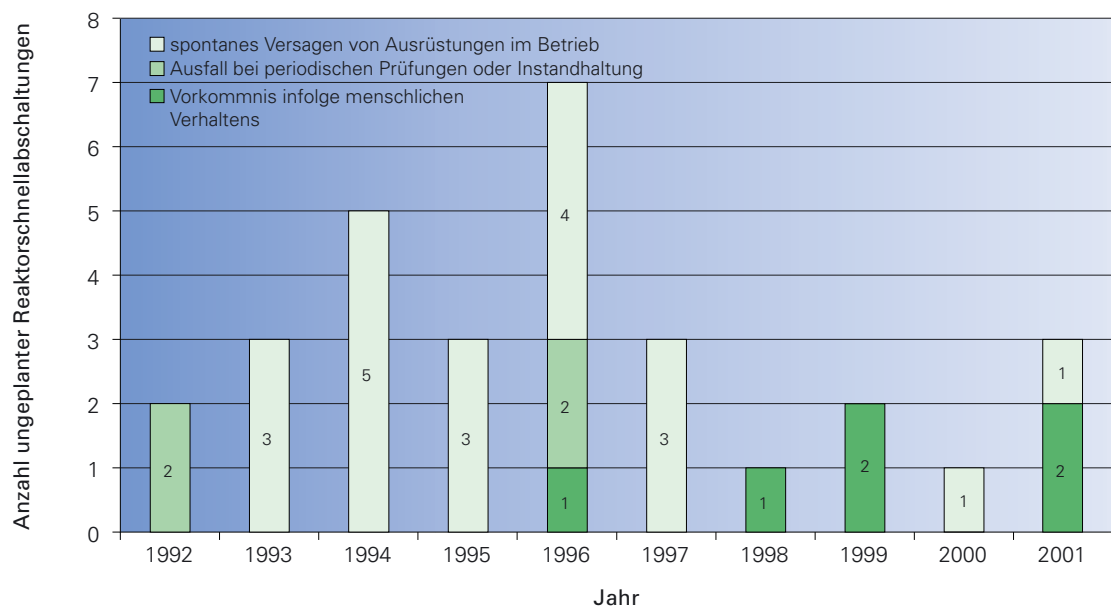
Figur A3a

Ursachen der klassierten Vorkommnisse der Kernkraftwerke pro Jahr, 1992–2001



Figur A3b

Ursachen ungeplanter Reaktorschnellabschaltungen pro Jahr, 1992–2001

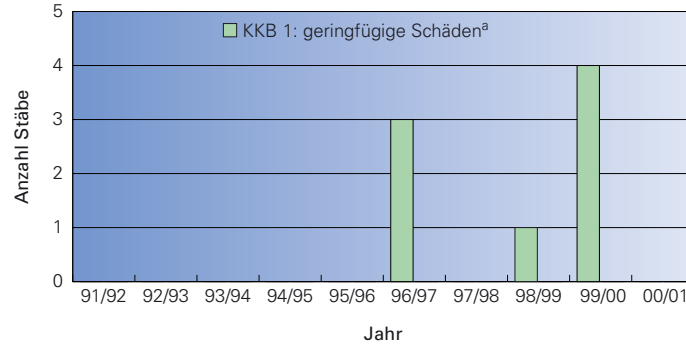


Figur A4

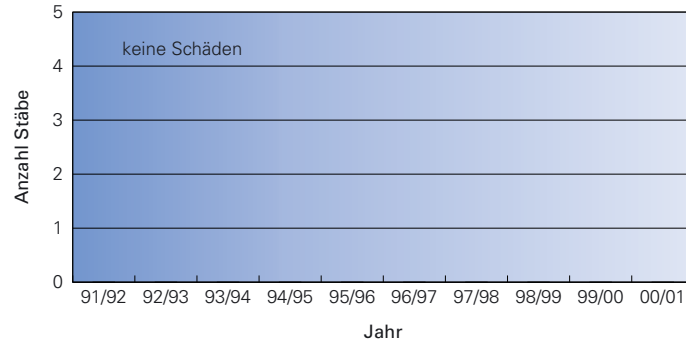
Brennstabschäden (Anzahl Stäbe), 1991–2001

KKB 1, 2

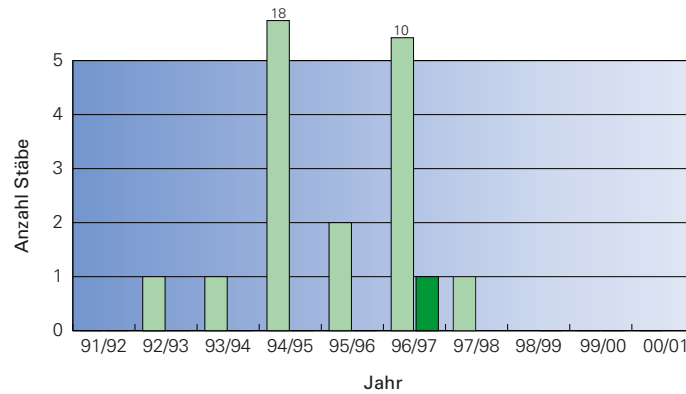
KKB 2: keine Schäden



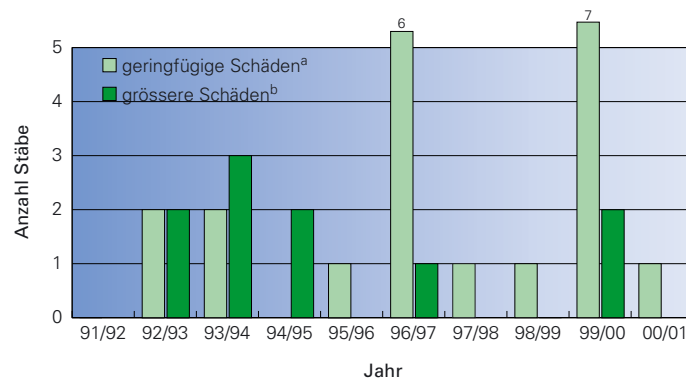
KKM



KKG



KKL



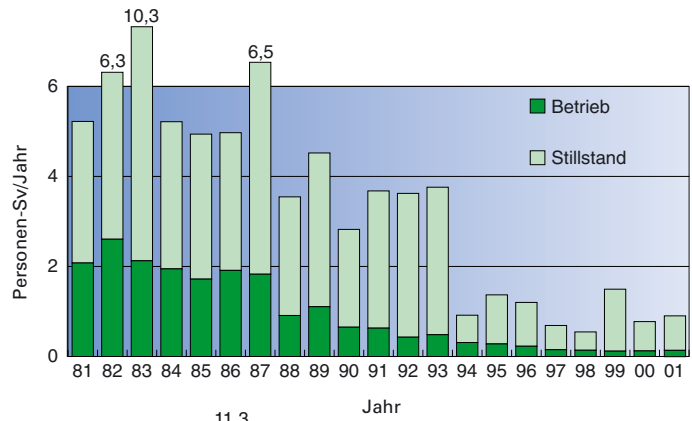
^a z.B. Haarrisse im Hüllrohr

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

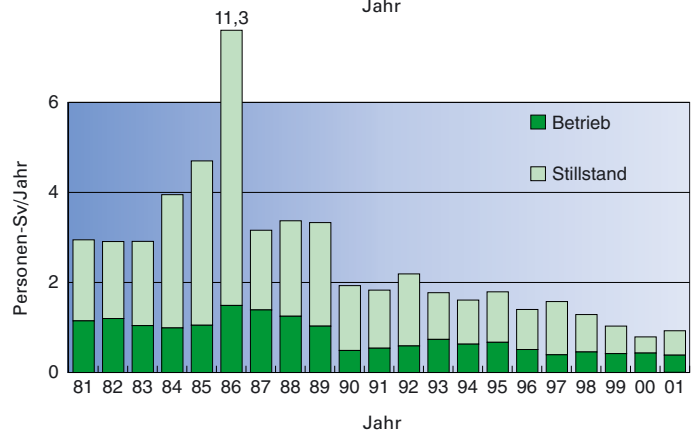
Figur A5

Jahreskollektivdosen (Personen-Sv/Jahr) der Kraftwerke, 1981–2001

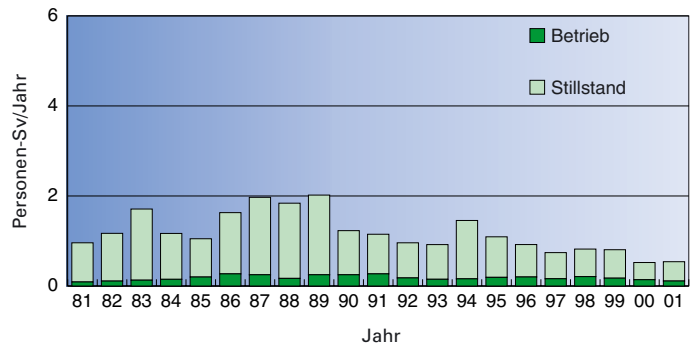
KKB 1, 2



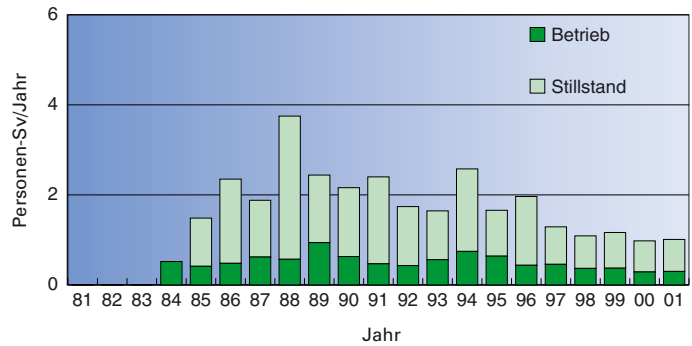
KKM



KKG

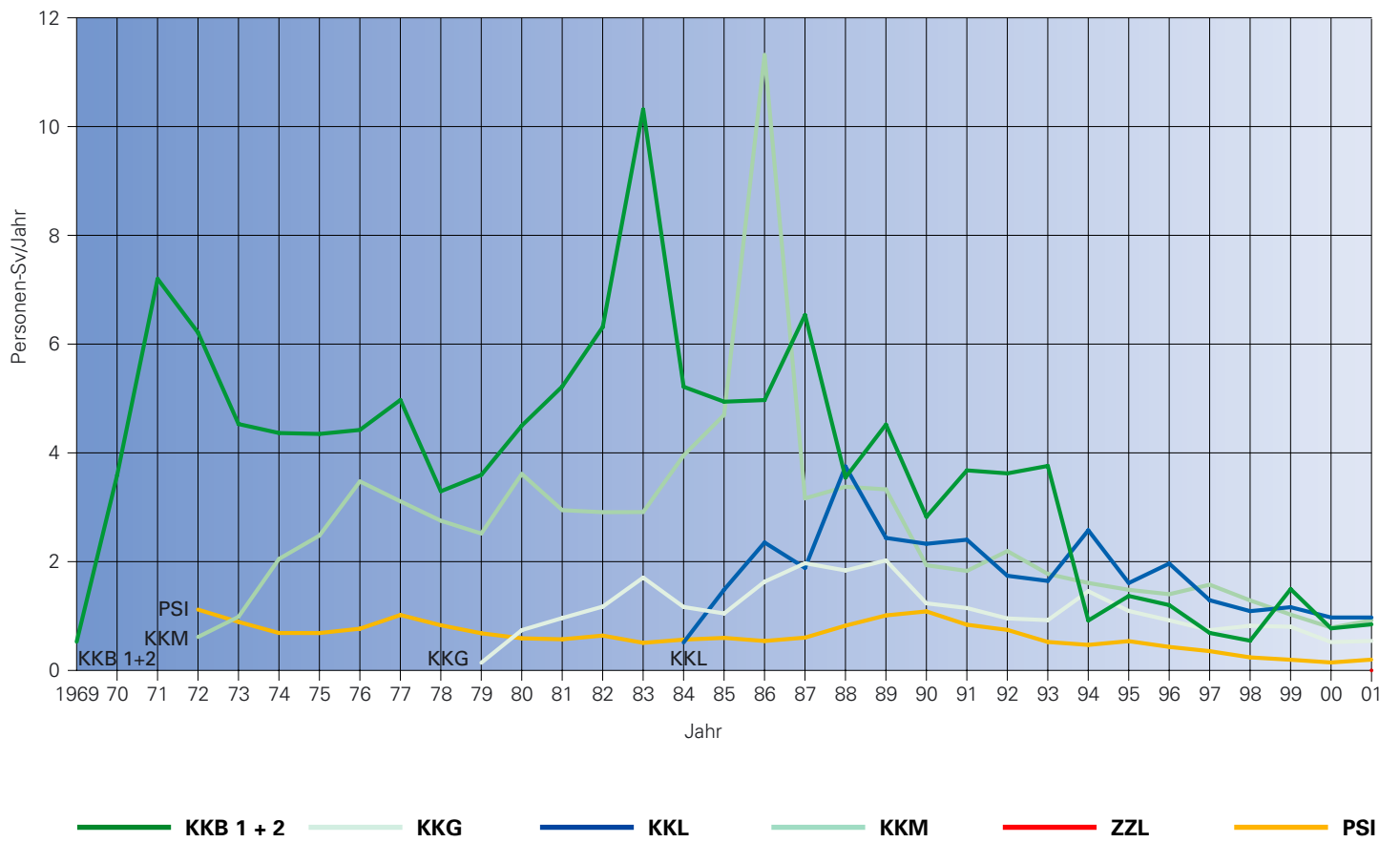


KKL



Figur A6

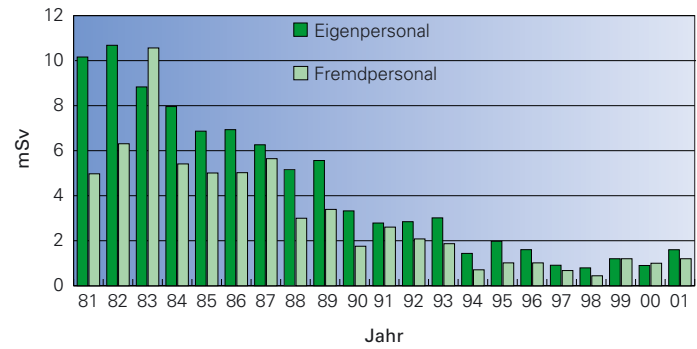
Jahreskollektivdosen (Personen-Sv/Jahr) der Kernanlagen, 1969–2001



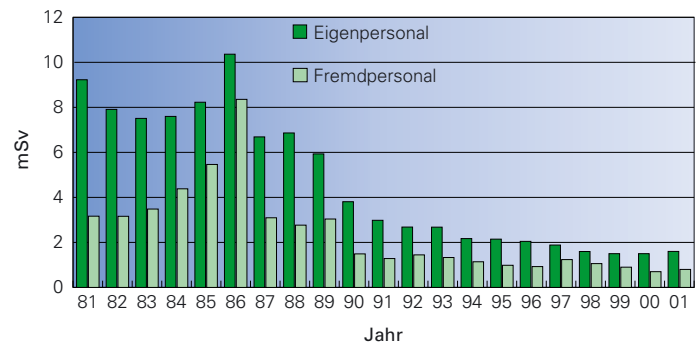
Figur A7

Mittlere Jahresindividualdosen (mSv) der Kraftwerke, 1981–2001

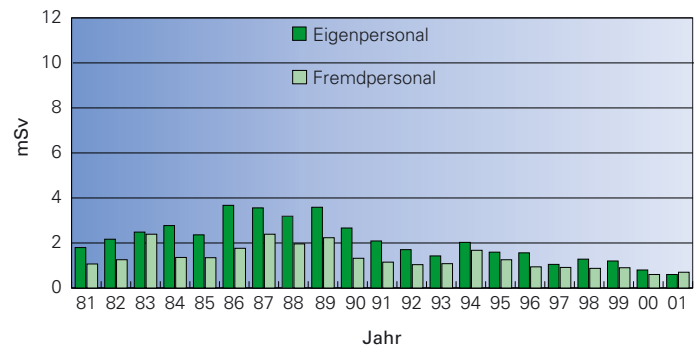
KKB 1, 2



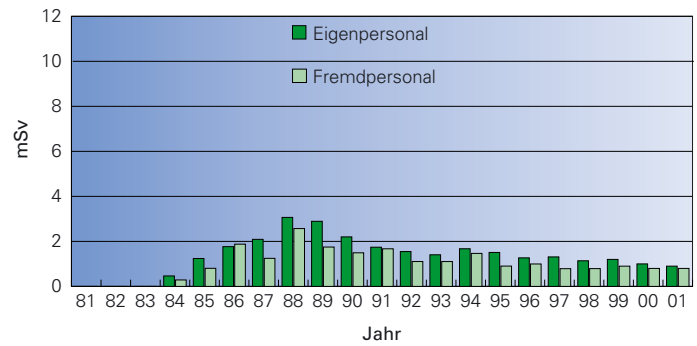
KKM



KKG



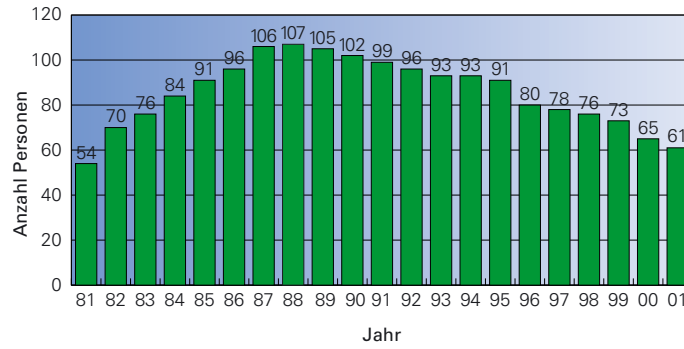
KKL



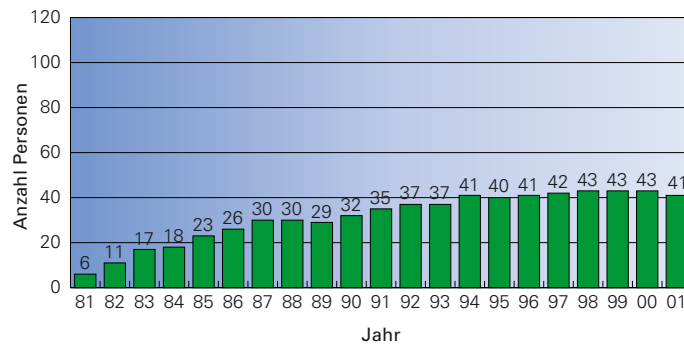
Figur A8

Personen mit einer beruflichen Lebensdosis >200 mSv, Kraftwerke, 1981–2001

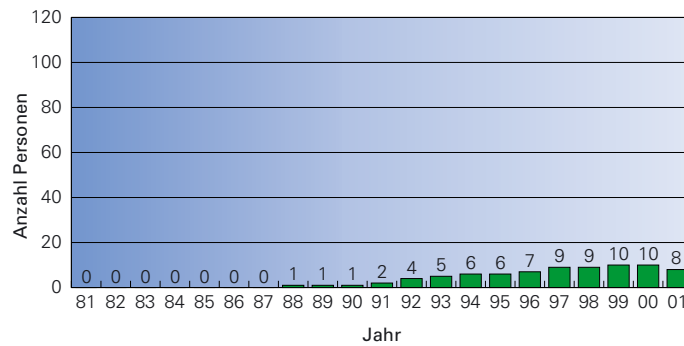
KKB 1, 2



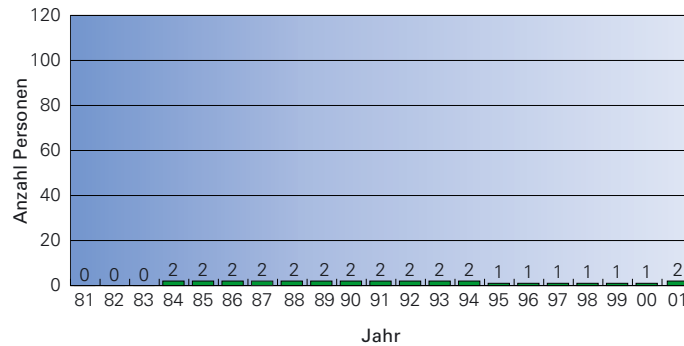
KKM



KKG

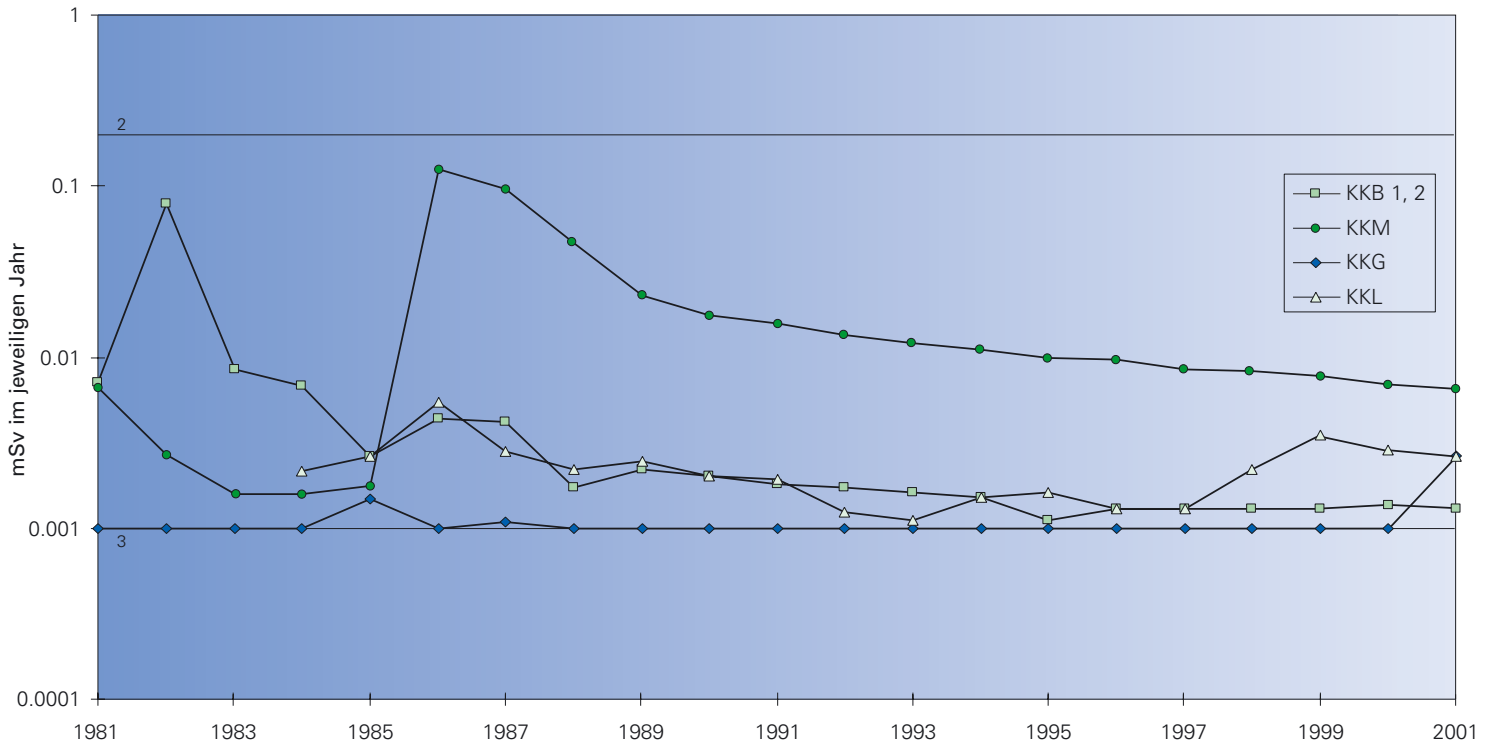


KKL



Figur A9

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



¹ Fiktive Person, die sich dauernd am kritischen Ort aufhält, ihre gesamte Nahrung von diesem Ort bezieht und nur Trinkwasser aus dem Fluss unterhalb des jeweiligen Kernkraftwerkes konsumiert.

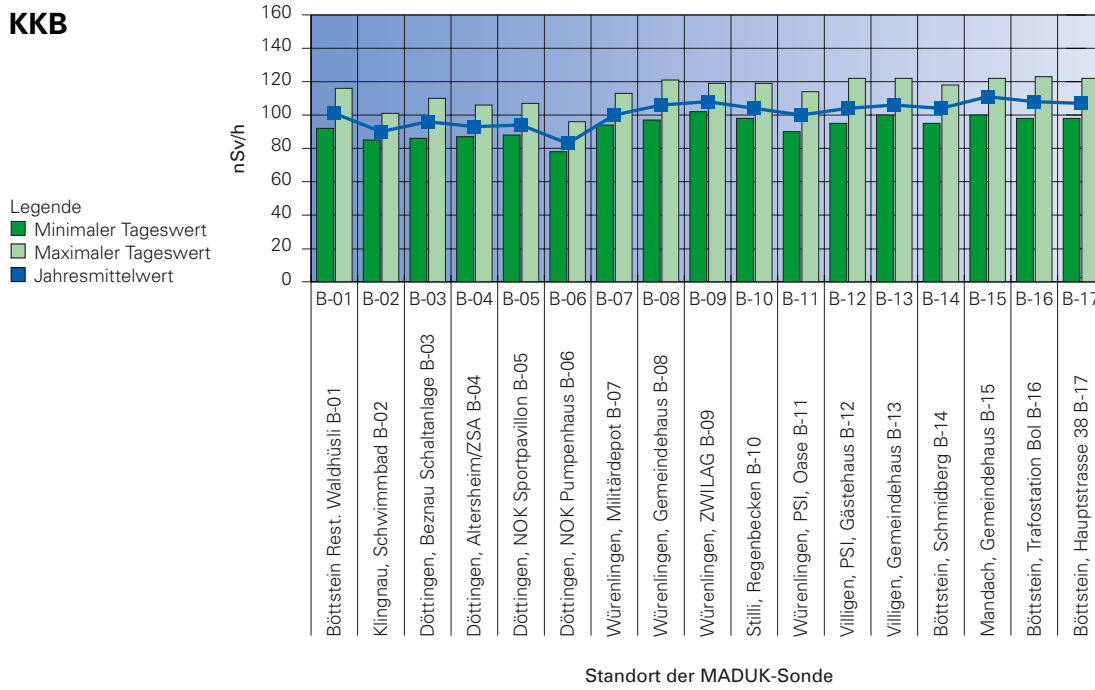
² Quellenbezogener Dosisrichtwert (StSV Art. 7, HSK-Richtlinie R-11).

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

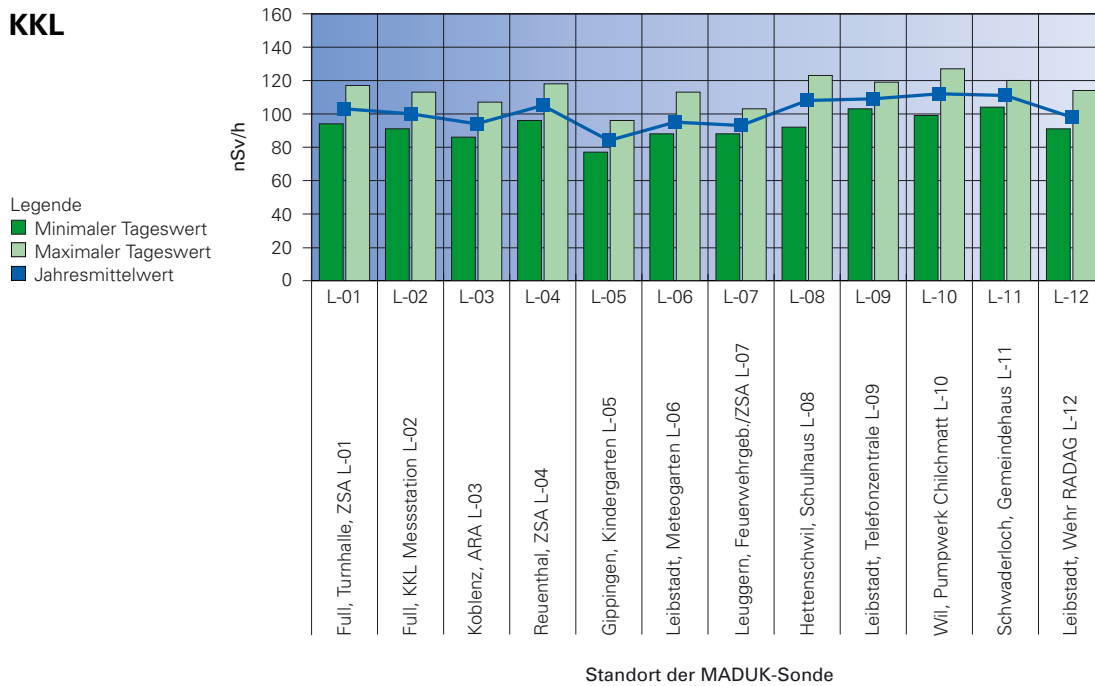
Diese Werte sind mit Vorsicht zu geniessen, da im Laufe der Zeit die Berechnungsgrundlagen für die Dosisberechnungen mehrmals geändert wurden.

Ortsdosisleistung der MADUK-Sonden im Jahre 2001

KKB



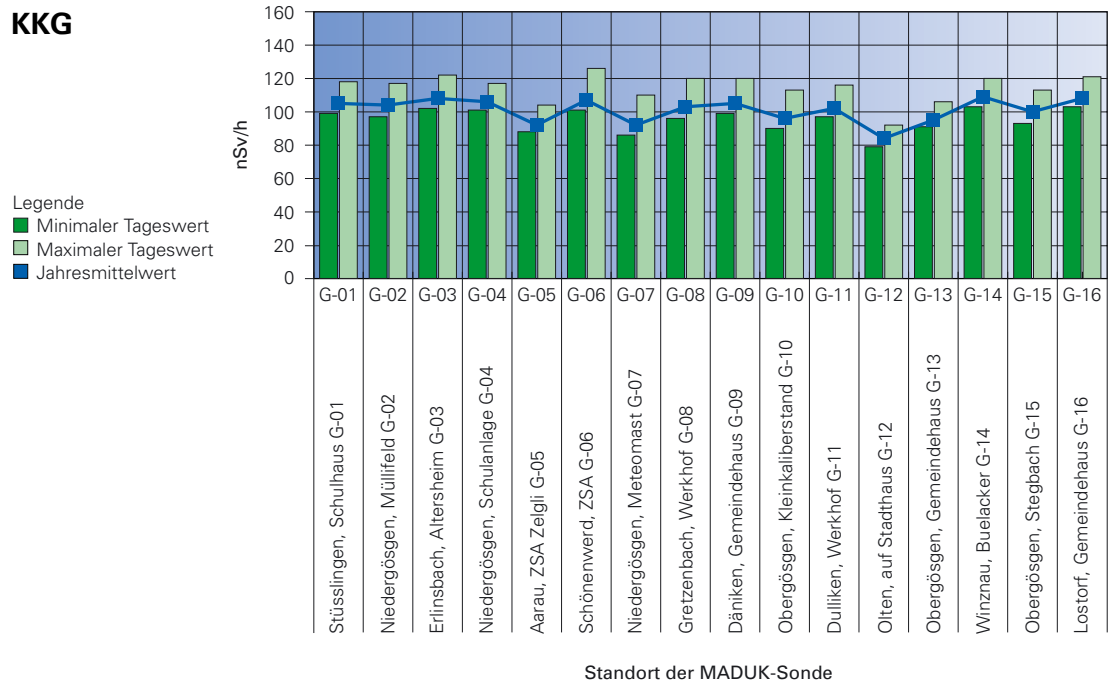
KKL



Figur A10 (Fortsetzung)

Ortsdosisleistung der MADUK-Sonden im Jahre 2001

KKG



KKM

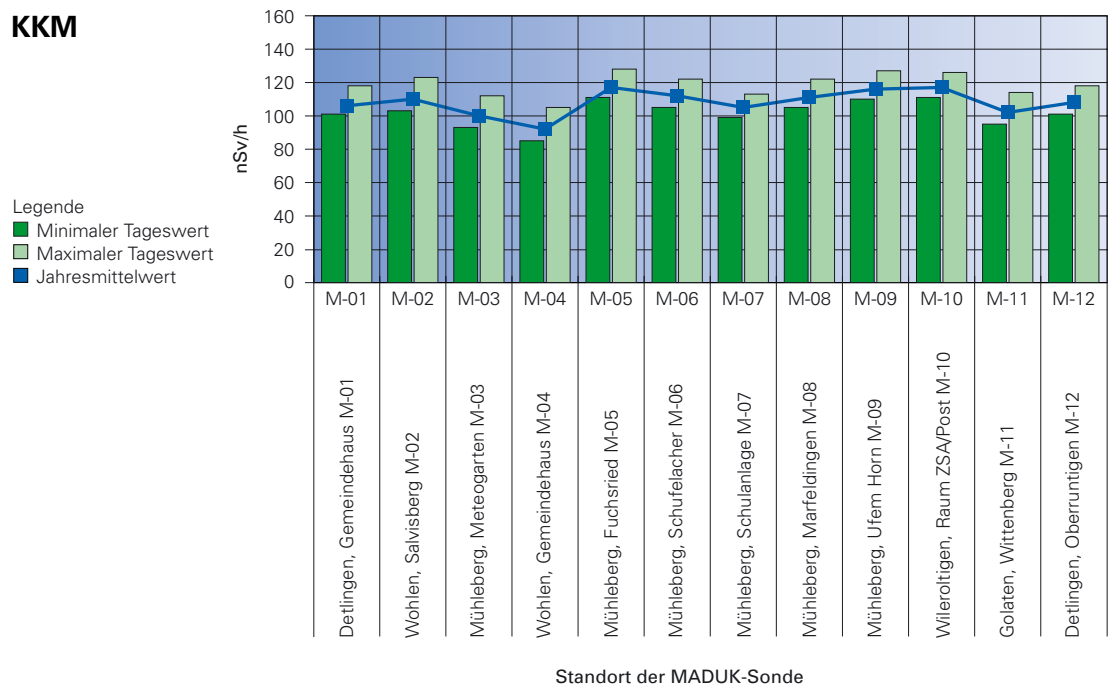


Tabelle B1	Liste der schweizerischen Richtlinien und Empfehlungen	110
Tabelle B2	Internationale Störfall-Bewertungsskala für Kernanlagen (INES)	113
Tabelle B3	Die Hauptdaten der schweizerischen Kernkraftwerke	115
Figur B1	Funktionsschema eines Kernkraftwerks mit Druckwasserreaktor	116
Figur B2	Funktionsschema eines Kernkraftwerks mit Siedewasserreaktor	116
Verzeichnis der Abkürzungen		117

Tabelle B1

Liste der schweizerischen Richtlinien und Empfehlungen

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

Richtlinie	Titel der Richtlinie	Datum der gültigen Ausgabe
R-04/d	Aufsichtsverfahren beim Bau von Kernkraftwerken; Projektierung von Bauwerken	Dezember 1990
R-05/d	Aufsichtsverfahren beim Bau von Kernkraftwerken; mechanische Ausrüstungen	Oktober 1990
R-06/d	Sicherheitstechnische Klassierung, Klassengrenzen und Bauvorschriften für Ausrüstungen in Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren	Mai 1985
R-07/d	Richtlinie für den überwachten Bereich der Kernanlagen und des Paul Scherrer Instituts	Juni 1995
R-08/d	Sicherheit der Bauwerke für Kernanlagen, Prüfverfahren des Bundes für die Bauausführung	Mai 1976
R-11/d	Ziele für den Schutz von Personen vor ionisierender Strahlung im Bereich von Kernkraftwerken	Mai 1980
R-11/f	Objectifs de la protection des personnes contre les radiations ionisantes dans la zone d'influence des centrales nucléaires	Juli 1978
R-12/d	Erfassung und Meldung der Dosen des strahlenexponierten Personals der Kernanlagen und des Paul Scherrer Instituts	Oktober 1997
R-14/d	Konditionierung und Zwischenlagerung radioaktiver Abfälle	Dezember 1988
R-14/e	Conditioning and Interim Storage of Radioactive Wastes	Dezember 1988
R-15/d	Berichterstattung über den Betrieb von Kernkraftwerken	Dezember 1999
R-16/d	Seismische Anlageninstrumentierung	Februar 1980
R-17/d	Organisation und Personal von Kernkraftwerken	August 1986
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 Wastes	November 1993
R-21/f	Objectifs de protection pour le stockage final des déchets radioactifs	November 1993
R-23/d	Revisionen, Prüfungen, Ersatz, Reparaturen und Änderungen an elektrischen Ausrüstungen in Kernanlagen	Dezember 1993

Tabelle B1 (Fortsetzung)

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

Richtlinie	Titel der Richtlinie	Datum der gültigen Ausgabe
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-30/d	Aufsichtsverfahren beim Bau und Betrieb von Kernanlagen	Juli 1992
R-31/d	Aufsichtsverfahren beim Bau von Kernkraftwerken, E1 klassierte elektrische Ausrüstungen	Januar 1994
R-32/d	Richtlinie für die meteorologischen Messungen an Standorten von Kernanlagen	September 1993
R-35/d	Aufsichtsverfahren beim 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 aufgrund 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-45/d	Planung und Durchführung von Notfallübungen in den schweizerischen Kernanlagen	Juli 1997
R-45/e	Planning and Execution of Emergency Exercises in Swiss Nuclear Power Plants	Februar 1998
R-47/d	Prüfung von Strahlenmessgeräten	Oktober 1999
R-48/d	Periodische Sicherheitsüberprüfung von Kernkraftwerken	November 2001
R-49/d	Sicherheitstechnische Anforderungen an die Sicherung von Kernanlagen	März 2001

Tabelle B1 (Fortsetzung)

Liste der schweizerischen Richtlinien und Empfehlungen

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

Richtlinie	Titel der Richtlinie	Datum der gültigen Ausgabe
R-100/d	Anlagezustände eines Kernkraftwerks	Juni 1987
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

Empfehlung	Titel der Empfehlung	Datum der gültigen Ausgabe
E-04/d	Steuerstellen und Notfallräume von KKW: Anforderungen betreffend Ausführung und Ausrüstung für Accident Management	Dezember 1989

Internationale Störfall-Bewertungsskala für Kernanlagen (INES)

Die internationale Skala für den Schweregrad von Störfällen in Kernanlagen (International Nuclear Event Scale INES), seit Anfang 1990 in Probeanwendung und seit 1992 definitiv in Funktion, unterscheidet die folgenden sieben Stufen von Vorkommnissen nach ihrer Sicherheitsbedeutung:

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

Tabelle B2 (Fortsetzung)**Internationale Störfall-Bewertungsskala für Kernanlagen (INES)**

Stufe	Bezeichnung	Kriterien	Beispiele
3	Ernsthafter Zwischenfall	<ul style="list-style-type: none"> • Freisetzung radioaktiver Stoffe über bewilligten Grenzwerten, die zu einer Dosis in der Grössenordnung von einigen Zehntel Millisievert für die meistexponierte Person führen kann. • Bestrahlung von Personal derart, dass eine akute Strahlenerkrankung zu erwarten ist. Schwerwiegende Kontamination in der Anlage. • Störfälle, bei denen ein zusätzliches Versagen von Sicherheitseinrichtungen zu Unfällen führen könnte, oder eine Situation, in welcher Sicherheitseinrichtungen einen Unfall nicht verhindern könnten, falls bestimmte auslösende Vorkommnisse eintreten würden. 	Vandellos, Spanien, 1989
2	Zwischenfall	<ul style="list-style-type: none"> • Vorkommnisse mit wesentlichem Versagen von Sicherheitseinrichtungen, aber mit ausreichender Sicherheitsvorsorge, um auch mit zusätzlichen Fehlern fertig zu werden. • Vorkommnisse mit Bestrahlung von Personal höher als die jährliche Dosislimite. Signifikante Verbreitung von Radioaktivität innerhalb der Anlage, welche auslegungsgemäss nicht zu erwarten war. 	Blayais, Frankreich, 1999
1	Anomalie	<ul style="list-style-type: none"> • Anomalie ausserhalb der vorgeschriebenen Betriebsbedingungen. Sie kann auf Versagen von Ausrüstungen, menschliche Fehlhandlungen oder Verfahrensmängel zurückzuführen sein. 	
0	Nicht sicherheits-signifikante Vorkommnisse	<ul style="list-style-type: none"> • Hierher gehören Vorkommnisse ohne Überschreitung von betrieblichen Grenzwerten und Bedingungen, welche mit geeigneten Verfahren beherrscht werden. <p>Beispiele: Einzelfehler in einem redundanten System. Einzelner Bedienungsfehler mit Konsequenzen wie ein Einzelfehler. Bei periodischen Inspektionen oder Prüfungen festgestellte Funktionsstörung (kein Mehrfachversagen). Automatische Reaktorabschaltung mit normalem Anlageverhalten. Erreichen von limitierenden Betriebsbedingungen, mit Befolgung der zutreffenden Vorschriften.</p>	

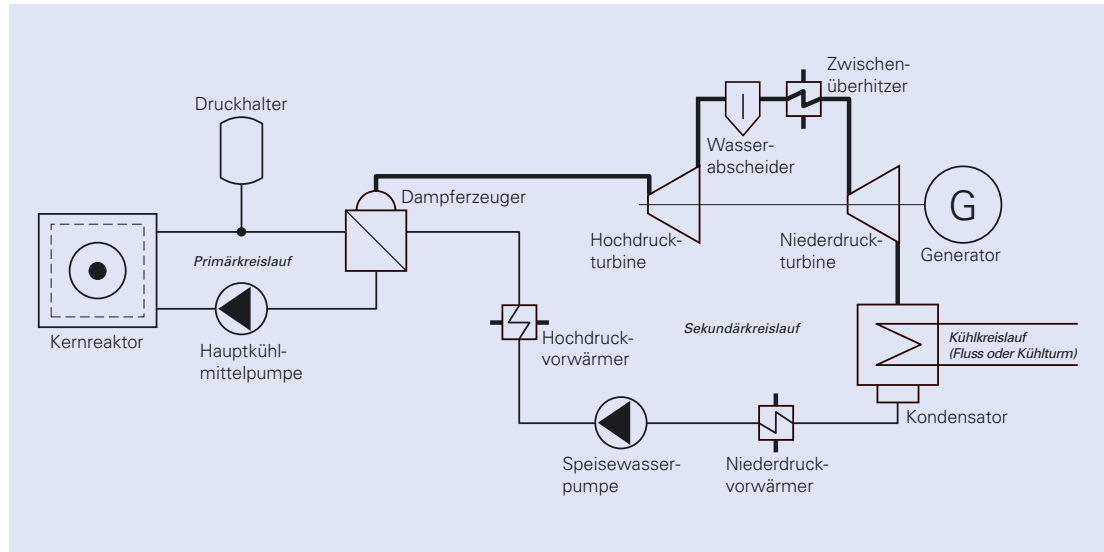
Tabelle B3

Die Hauptdaten der schweizerischen Kernkraftwerke

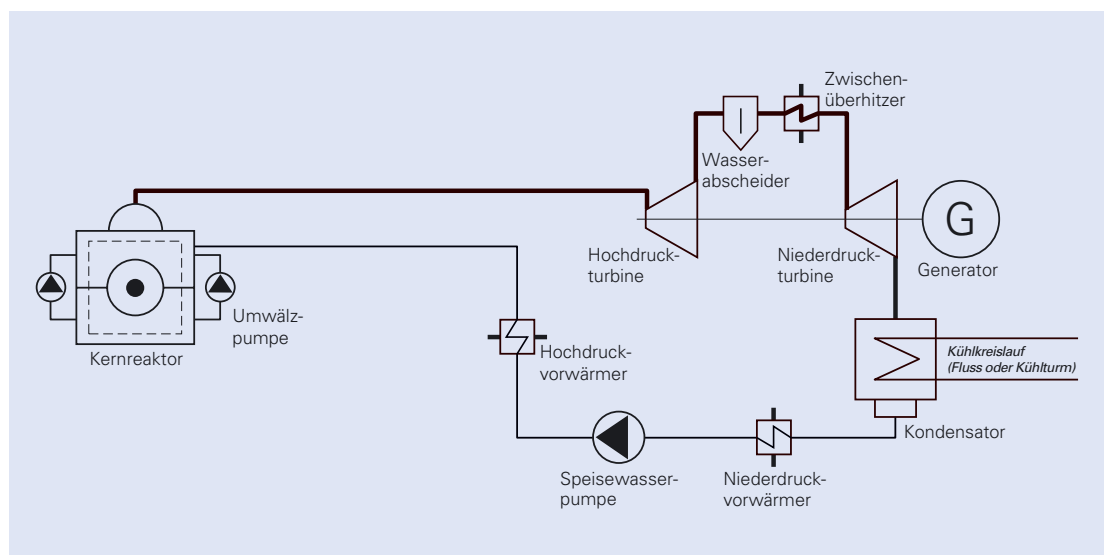
	KKB 1	KKB 2	KKM	KKG	KKL
Thermische Leistung [MW]	1130	1130	1097	3002	3515
Elektrische Bruttoleistung [MW]	380	380	372	1020	1200
Elektrische Nettoleistung [MW]	365	365	355	970	1145
Reaktortyp	Druck- wasser	Druck- wasser	Siede- wasser	Druck- wasser	Siedewasser
Reaktorlieferant	Westing- house	Westing- house	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

Figur B1

Funktionsschema eines Kernkraftwerks mit Druckwasserreaktor

**Figur B2**

Funktionsschema eines Kernkraftwerks mit Siedewasserreaktor



VERZEICHNIS DER ABKÜRZUNGEN

ADR	European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road
AGT	Abfallgebindetypen
AM	Accident Management
ANPA	System zur automatischen Übertragung der Anlageparameter der KKW zur HSK
AÜP	Alterungsüberwachungsprogramm
<hr/>	
BAG	Bundesamt für Gesundheit
BBT	Bundesamt für Berufsbildung und Technologie
BFE	Bundesamt für Energie
BNFL	British Nuclear Fuels Ltd.
Bq	Becquerel
BZL	Bundeszwischenlager
BE	Brennelement
<hr/>	
CFS	Commission Franco-Suisse de Sûreté des Installations Nucléaires
CIS/DAISY	Chemie Informationssystem/Daten-Analyse- und Informationssystem
COGEMA	Compagnie Générale des Matières Nucléaires, La Hague
<hr/>	
DE	Dampferzeuger
DSK	Deutsch-Schweizerische Kommission für die Sicherheit kerntechnischer Einrichtungen
DWR	Druckwasserreaktor
<hr/>	
EK	Erdbebenklasse
EKRA	Expertengruppe Entsorgungskonzepte für Radioaktive Abfälle
EOR	Einsatzorganisation bei erhöhter Radioaktivität
EPFL	Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne
EPRI	Electric Power Research Institute, USA
ETH	Eidgenössische Technische Hochschule
EU	Europäische Union
<hr/>	
GfS	Gesellschaft für Simulatorschulung
GNW	Genossenschaft für die Nukleare Entsorgung Wellenberg
GRS	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit
GSKL	Gruppe der schweizerischen Kernkraftwerksleiter
GWh	Gigawattstunde = 10 ⁹ Wattstunden
<hr/>	
HAA	Hochradioaktive Abfälle
HRA	Human Reliability Analysis
HRP	Halden Research Projekt, Norwegen
HSK	Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen, Würenlingen
HTR	Hochtemperatur-Reaktor
<hr/>	
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
KGL	Kontrollierte geologische Langzeitlagerung
KKB	Kernkraftwerk Beznau
KKG	Kernkraftwerk Gösgen
KKL	Kernkraftwerk Leibstadt
KKM	Kernkraftwerk Mühleberg
KKW	Kernkraftwerk
KNE	Kommission Nukleare Entsorgung
KOMAC	Eidgenössische Kommission für AC 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
LWR	Leichtwasserreaktor
MAA	Mittelradioaktive Abfälle
MADUK	Messnetz zur automatischen Dosisleistungsüberwachung in der Umgebung der Kernanlagen
MeV	Mega-Elektronenvolt = 10^8 Elektronenvolt
MGy	Mega-Gray = 10^6 Gray (1 Gray = 100 rad)
MIF	Medizin, Industrie und Forschung
MOX	Mischoxid (Uran-Plutonium-Gemisch)
mSv	Millisievert = 10^{-3} Sievert
μ Sv	Mikrosievert = 10^{-6} Sievert
MW	Megawatt = 10^6 Watt, Leistungseinheit
MW _e	Megawatt elektrische Leistung
MW _{th}	Megawatt thermische Leistung
NADAM	Netz für automatischen Dosis-Alarm und Messung
Nagra	Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle
NANO	Nachrüstung Notstandsystem, KKB
NAZ	Nationale Alarmzentrale, Zürich
NFO	Notfallorganisation
NOK	Nordostschweizerische Kraftwerke AG
NRC	Nuclear Regulatory Commission, USA
NSC	Convention on Nuclear Safety
NTB	Nagra Technischer Bericht
OECD	Organisation of Economic Cooperation and Development
OSART	Operational Safety Review Team (IAEA)
Personen-mSv	Personen-Millisievert = 10^{-3} Personen-Sievert
Personen-Sv	Personen-Sievert = Kollektivstrahlendosis (1 Personen-Sv = 100 Personen-rem)
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
SBB	Schweizerische Bundesbahnen
SK	Sicherheitsklasse
SMA	Schwach- und mittelradioaktive Abfälle
SR	Systematische Sammlung des Bundesrechts
StSG	Strahlenschutzgesetz
StSV	Strahlenschutzverordnung
SUeR	Sektion Überwachung der Radioaktivität, Freiburg
SUSAN	Spezielles unabhängiges System zur Abfuhr der Nachzerfallswärme, KKM
SUVA	Schweizerische Unfallversicherungsanstalt, Luzern
Sv	Sievert = Strahlendosisäquivalent (1 Sv = 100 rem)
SVA	Schweizerische Vereinigung für Atomenergie
SVTI	Schweizerischer Verein für Technische Inspektionen
SWR	Siedewasserreaktor
TBq	Terabecquerel (1 TBq = 10 ¹² Bq)
THORP	Thermal Oxyde Reprocessing Plant
TL-Behälter	Transport- und Lagerbehälter
TLD	Thermolumineszenz-Dosismeter
UVEK	Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation
VAKL	Versuchsatomkraftwerk Lucens
VSE	Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Wh	Wattstunde
ZWIBEZ	Zwischenlager für radioaktive Abfälle, KKW Beznau
ZWILAG	Zwischenlager Würenlingen AG
ZZL	Zentrales Zwischenlager Würenlingen