

JAHRESBERICHT 2000

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 2000



Titelbild

HSK beaufsichtigt
die schweizerischen
Kernkraftwerke.

Illustration von Rolf Imbach,
Hubersdorf

HSK-AN-3944
KSA-AN-2142

INHALT

Vorwort	4
<hr/>	
Übersicht zum Jahresbericht	5
<hr/>	
Organisation	8
<hr/>	
1. Kernkraftwerk Beznau	9
1.1 Betriebsdaten und Betriebsergebnisse	9
1.2 Anlagensicherheit	9
1.3 Strahlenschutz	13
1.4 Personal und Organisation	15
1.5 Notfallbereitschaft	16
1.6 Radioaktive Abfälle	16
1.7 Gesamteindruck aus der Sicht der HSK	17
<hr/>	
2. Kernkraftwerk Mühleberg	18
2.1 Betriebsdaten und Betriebsergebnisse	18
2.2 Anlagensicherheit	18
2.3 Strahlenschutz	21
2.4 Personal und Organisation	23
2.5 Notfallbereitschaft	23
2.6 Radioaktive Abfälle	24
2.7 Gesamteindruck aus der Sicht der HSK	24
<hr/>	
3. Kernkraftwerk Gösgen	26
3.1 Betriebsdaten und Betriebsergebnisse	26
3.2 Anlagensicherheit	26
3.3 Strahlenschutz	30
3.4 Personal und Organisation	31
3.5 Notfallbereitschaft	32
3.6 Radioaktive Abfälle	32
3.7 Gesamteindruck aus der Sicht der HSK	33
<hr/>	
4. Kernkraftwerk Leibstadt	34
4.1 Betriebsdaten und Betriebsergebnisse	34
4.2 Anlagensicherheit	34
4.3 Strahlenschutz	37
4.4 Personal und Organisation	40
4.5 Notfallbereitschaft	40
4.6 Radioaktive Abfälle	41
4.7 Gesamteindruck aus der Sicht der HSK	41
<hr/>	
5. Zentrales Zwischenlager Würenlingen	42
5.1 Zwischenlagerteile	42
5.2 Konditionierungsanlage	43
5.3 Verbrennungs- und Schmelzanlage	43
5.4 Notfallbereitschaft	43
5.5 Abfälle aus der Wiederaufarbeitung	44
5.6 Beschaffung von Transport- und Lagerbehältern	45

6. Paul Scherrer Institut (PSI)	46
6.1 Das PSI in Villigen und Würenlingen	46
6.2 Forschungsreaktoren	46
6.3 Hotlabor	47
6.4 Beschleuniger, Protonenstrahlführung und Experimentierareale	47
6.5 Behandlung radioaktiver Abfälle	48
6.6 Lagerung radioaktiver Abfälle	49
6.7 Notfallbereitschaft	50
6.8 Besondere Vorkommnisse	50
6.9 Strahlenschutz	51
6.10 Personal und Organisation	52
6.11 Gesamteindruck	52
<hr/>	
7. Weitere Kernanlagen	54
7.1 Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL)	54
7.2 Universität Basel	54
7.3 Versuchatomkraftwerk Lucens	54
<hr/>	
8. Transport von radioaktiven Stoffen	55
8.1 Genehmigungen nach Gefahrgutgesetzgebung	55
8.2 Bewilligungen nach Strahlenschutzgesetzgebung	55
8.3 Bewilligungen nach Atomgesetzgebung	55
8.4 Transport abgebrannter Brennelemente	56
8.5 Inspektionen und Audits	57
8.6 Ausbildung und Information	57
<hr/>	
9. Geologische Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle	58
9.1 SMA-Lager Wellenberg	58
9.2 Lager für hochaktive Abfälle, vorbereitende Handlungen	59
<hr/>	
10. Lehrreiche Vorkommnisse in ausländischen Kernanlagen	62
10.1 Informationsquellen für Vorkommnisse in ausländischen Kernanlagen	62
10.2 Überspeisung des Reaktordruckbehälter bis zur Frischdampfleitung in einem Siedewasserreaktor	62
10.3 Unzulässige Bestrahlung eines Arbeiters bei Unterhaltsarbeiten im Anlagenstillstand in einem Druckwasserreaktor	63
10.4 Reaktorschnellabschaltung mit teilweisem Verlust wichtiger Spannungsversorgungen	64
<hr/>	
11. Meldung und Bewertung von Vorkommnissen in Kernanlagen	65
11.1 HSK-Richtlinien zur Meldepflicht	65
11.2 International Nuclear Event Scale, INES	65
<hr/>	
12. Regulatorische Sicherheitsforschung	67
<hr/>	
Anhang A	71
<hr/>	
Anhang B	101
<hr/>	
Verzeichnis der Abkürzungen	109

VORWORT



Die Schweizer Kernkraftwerke haben auch im Jahre 2000 ihren hohen Sicherheitsstand bewiesen. Es gab wenige Vorkommnisse, die die HSK nach ihren Vorschriften klassieren musste. Es gab kein Vorkommnis, welches auf der internationalen Bewertungsskala in die Stufen 1 oder höher eingereiht wurde. Die Strahlendosis für das gesamte, während des Jahres in den Anlagen beschäftigte Personal war sehr tief, in drei Kernkraftwerken sogar die tiefste seit Aufnahme des kommerziellen Betriebes. Mehrere Verbesserungen von Systemen und Einrichtungen, die zur Sicherheit beitragen, wurden realisiert oder in Angriff genommen.

Die guten Ergebnisse der Schweizer Kernkraftwerke, sowohl betreffend einen störungsarmen Betrieb als auch den Sicherheitsstand, zusammen mit den Auswirkungen der Elektrizitätsmarktöffnung, die nach Sparmassnahmen rufen, lassen immer häufiger die Meinung hören, dass nun die Kernkraftwerke sicher genug sind. Es gelte, den hohen Sicherheitsstand zu halten, aber nicht mehr zu erhöhen.

Als Direktor der HSK muss ich mich fragen, ob ich dieser Argumentation folgen kann. Ist ein weiterer Ausbau von Sicherheitsmassnahmen unverhältnismässig, ein Luxus? Um diese Frage verständlich beantworten zu können, betrachte ich mich einmal selbst. Ich bin 60 Jahre alt. Es ist mir klar, dass ein Bewahren meines geistig und körperlich guten Zustandes nur möglich ist, wenn ich mich ständig zu verbessern versuche. Das Gedächtnis ist nicht mehr so exakt und vor Fehlern gefeit wie früher; ich muss mich also besser organisieren, mehr Dinge aufschreiben, meine Sitzungen exakter vorbereiten und vorher mehr Unterlagen prüfen und zu Rate ziehen. Auch mein Körper spürt das Alter. Beim Bergsteigen, beim Ski fahren konnte ich früher eine ungenaue Technik durch Kraft, durch rasches Reagieren wettmachen. Dies geht heute immer weniger. Um meinen Sicherheitsstand bei den sport-

lichen Betätigungen zu halten, muss ich mich daher bei der Technik verbessern, um weniger Notfallmassnahmen (Kraft, rasche Reaktion) zur Vermeidung eines Absturzes zu benötigen.

Was hat das, was hat mein Älterwerden und meine Reaktion darauf, mit den Kernkraftwerken zu tun? Sehr viel! Personal, welches den Bau der Kernkraftwerke miterlebt hat, geht jetzt langsam in Pension. Wissen geht damit verloren. Dies muss auf gezielte Weise ausgeglichen werden: z.B. durch eine intensivere und erweiterte Aus- und Fortbildung des neuen Personals, durch Bereitstellung vermehrter, ausführlicher Unterlagen über die Funktionsweise und die Besonderheiten der Anlage. Auch die Kernkraftwerke selber werden älter. Dadurch können Störungen auftreten, mit denen sich die Betreiber bisher nicht beschäftigen mussten. Um solche Störungen zu vermeiden, muss die Anlage, müssen die Sicherheitssysteme und die Betriebsführung regelmässig überprüft und verbessert werden.

Den heutigen hohen Sicherheitsstand der Schweizer Kernkraftwerke zu halten bedeutet daher, die Ausbildung des Personals, die betrieblichen Abläufe und den technischen Zustand der Anlage ständig zu verbessern. Die Betreiber müssen Sicherheitsmassnahmen, die bisher selbstverständlich umgesetzt wurden, auch weiterhin in einem liberalisierten Markt vornehmen. Die HSK darf sich nicht mit den sehr guten Sicherheitsresultaten der Schweizer Kernkraftwerke zufrieden geben, sondern sie muss – trotz Liberalisierung des Elektrizitätsmarktes – Verbesserungsmöglichkeiten der Sicherheit prüfen und notwendige Massnahmen verlangen.

Wenn beide, Betreiber und Behörde, in diesem Sinne handeln, dann können auch in den nächsten Jahren die Schweizer Kernkraftwerke sicher betrieben werden.

W. Jeschki

ÜBERSICHT

Allgemeines zur Aufgabe der HSK

Die HSK begutachtet und beaufsichtigt die schweizerischen Kernanlagen. Sie beurteilt die nukleare Sicherheit dieser Anlagen und den Strahlenschutz. Mit Hilfe von Inspektionen und der Berichterstattung der Betreiber verschafft sich die HSK einen umfassenden Überblick über den sicherheitstechnischen Zustand, die Einhaltung der Vorschriften und die Betriebsführung.

Die HSK erstellt Richtlinien, die für die Betreiber wegleitenden Charakter haben. In Zusammenarbeit mit anderen Bundesstellen werden weitere Regelwerke, die sich auf die Nutzung der Kernenergie, die Kernanlagen, die nukleare Sicherheit und den Strahlenschutz beziehen, erarbeitet. Wenn es angezeigt ist, werden die bestehenden Regelwerke überarbeitet.

Die HSK verfasst zuhanden des Bundesrates, der für Nuklearanlagen 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, kompetent, rasch und offen zu informieren. Dies erfolgt in den meisten Fällen über die Medien, übers Internet und bei öffentlichen Veranstaltungen.

Aufsicht

Die behördliche Aufsicht über die schweizerischen Kernkraftwerke von Beznau, Gösgen, Leibstadt und Mühleberg und über das Paul Scherrer Institut (PSI) bildete in diesem Jahr

wieder das Schwergewicht der HSK-Tätigkeit. Unter die Aufsicht über die Transporte radioaktiver Stoffe gehörten insbesondere diejenigen von abgebrannten Brennelementen.

Im vorliegenden Jahresbericht werden in den Kapiteln 1 bis 4 Erläuterungen, Kommentare und Beurteilungen über die Kernkraftwerke abgegeben. Das Kapitel 5 ist dem Zentralen Zwischenlager (ZZL) der ZWILAG gewidmet, das seinen Betrieb noch nicht aufnehmen konnte. In den Kapiteln 6 und 7 berichtet die HSK über ihre Aufsicht über das Paul Scherrer Institut (PSI) sowie über die Forschungsreaktoren an den Hochschulen. Die Transporte radioaktiver Stoffe und insbesondere diejenigen abgebrannter Brennelemente werden im Kapitel 8 behandelt. Die Auswertung relevanter Vorkommnisse in ausländischen Anlagen ist wichtig, um von den Erfahrungen anderer zu lernen und frühzeitig mögliche Defizite in der eigenen Anlage zu erkennen. In Kapitel 10 werden einige solcher in ausländischen Anlagen aufgetretenen Vorkommnisse und ihre Bedeutung für die Schweizer Anlagen kurz diskutiert. In Kapitel 11 wird die Bewertung gemäss der schweizerischen Richtlinien R-15 und der internationalen INES-Skala beschrieben.

Gesamteindruck zu den Kernanlagen

Die HSK legt ihren Gesamteindruck über die Kernkraftwerke Beznau, Mühleberg, Gösgen und Leibstadt am Schluss der Kapitel 1 bis 4 respektive über das PSI in Kapitel 6 dar. Die HSK stellt fest, dass der Zustand und die Betriebsführung aller schweizerischen Kernkraftwerke und des PSI in Bezug auf die nukleare Sicherheit und den Strahlenschutz gut sind.

Die Jahreskollektivdosen sind in allen Kernkraftwerken und am PSI auch in diesem Jahr tief. Dies ist im Wesentlichen das Resultat sorgfältiger Planung der Arbeiten im Strahlenfeld und der angewandten Abschirmungsmassnahmen. Die Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umwelt lagen an allen Standorten weit unterhalb der behördlich festgelegten Grenzwerte.

Gutachten

Vor der Ausführung eines Projektes, zum Beispiel eines Baus oder Umbaus, muss der Betreiber ein Gesuch mit den zugehörigen Sicherheitsberichten einreichen. Die HSK prüft solche Gesuche. Grundlage der Überprüfung bilden die geltenden Regelwerke und der Stand von Wissenschaft und Technik. Zu jedem Gesuch erarbeitet die HSK ein technisch-wissenschaftliches Gutachten, welches dem Bundesrat als Entscheidungsgrundlage für die Erteilung der entsprechenden Bewilligung nach Atomgesetz dient.

Die HSK hat im Jahr 1999 ein Gutachten zum Betrieb der Konditionierungsanlage sowie der Verbrennungs- und Schmelzanlage des Zentralen Zwischenlagers erstellt. Darauf basierend hat der Bundesrat Anfang März 2000 die Betriebsbewilligung für das ZZL erteilt. Vor einer Inbetriebnahme der Anlagen zur Verarbeitung oder Verbrennung von radioaktiven Materialien bedarf es noch der entsprechenden Freigaben durch die HSK.

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.

Mehrere der HSK-Richtlinien werden zurzeit überarbeitet, um sie den aktuellen Gegebenheiten und Anforderungen anzupassen.

Transporte radioaktiver Stoffe

Im Jahr 2000 erfolgten aus den schweizerischen Kernkraftwerken in die französische Wiederaufarbeitungsanlage von La Hague zwölf Transporte mit abgebrannten Brennelementen. Nach Sellafield, wo sich die britische Wiederaufarbeitungsanlage befindet, durften wegen eines von der HSK im Frühjahr 2000 erlassenen Stopps keine Transporte durchgeführt werden.

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. Dies erfolgt unter Anwendung der Empfehlungen der Internationalen Atomenergie-Agentur (IAEA).

Im Oktober 2000 veröffentlichte die HSK eine Zwischenbilanz über die seit Aufhebung des Transportstopps im August 1999 durchgeführten 12 Transporte abgebrannter Brennelemente. Diese und die weiteren Transporte bis Ende 2000 wurden ohne das Auftreten von Kontaminationen abgewickelt. Es kann daraus gefolgert werden, dass sich die neu eingeführten Massnahmen zur Vermeidung von Kontaminationen an Behältern und Eisenbahnwagen bewährt haben.

Ausführlicher berichtet die HSK über die Transporte im Kapitel 8 des vorliegenden Jahresberichts.

Zentrales Zwischenlager Würenlingen

Für das Zentrale Zwischenlager in Würenlingen, das von der ZWILAG betrieben wird, lagen im Frühjahr 2000 alle bundesrätlichen Betriebsbewilligungen vor. ZWILAG hat Ende 2000 den Antrag auf Betriebsfreigabe für die Konditionierungsanlage gestellt. Die HSK hat daraufhin die entsprechenden Prüf- und Inspektionsarbeiten aufgenommen. Beim Verbrennungsofen traten im Verlaufe des inaktiven Probetriebs Schwierigkeiten bei der Einhaltung der konventionellen, nicht radiologischen Grenzwerte auf. Die Lösung der Betriebsprobleme an dieser Anlage kostet viel Zeit, wodurch die Inbetriebnahme des Verbrennungsofens starke Verzögerungen erfährt.

Da bei einigen der von den Kernkraftwerken bestellten Behältertypen höhere als die bis anhin geplanten Oberflächentemperaturen von 60 °C zu erwarten sind, musste ZWILAG ergänzende Untersuchungen zur Auswirkung von höheren Temperaturen auf die Gebäudestrukturen durchführen. Der Nachweis, dass auch Behälter mit höherer Temperatur in das Lager für hochaktive Abfälle ohne Beeinträchtigung des Hallenbodens eingelagert werden können, ist eine der Voraussetzungen für die Freigabe zur Einlagerung von Lagerbehältern ins ZZL durch die HSK. Bis Ende 2000 hat die HSK weder für die Lagerhallen noch für die übrigen Behandlungsanlagen eine Freigabe an die ZWILAG erteilt.

Vorbereitende Handlungen zur Endlagerung

Die vorbereitenden Handlungen zur Realisierung eines geologischen Tiefenlagers für schwach- und mittelaktive Abfälle am Wellenberg im Kanton Nidwalden wurden im Jahr 2000 wieder weitergeführt. Die vom Departement UVEK im Jahre 1999 eingesetzte «Expertengruppe Entsorgungskonzepte für radioaktive Abfälle» (EKRA) verglich unterschiedliche Entsorgungskonzepte. In ihrem Bericht vom Januar 2000 zuhanden des Departements stellte sie fest, dass sich der Standort Wellenberg sowohl für ein Endlager nach dem bisherigen Konzept als auch für eine Anlage nach dem von ihr entwickelten Konzept der kontrollierten geologischen Langzeitlagerung eignen könne. Die Fortsetzung des Projekts wurde im März 2000 nach den Gesprächen zwischen dem Vorsteher des Departements UVEK und der Nidwaldner Regierung in die Wege geleitet. Bund und Kanton setzten einen politischen Koordinationsausschuss ein, dem Vertreter der Kantonsregierungen von Ob- und Nidwalden, der Standortgemeinde Wolfenschiessen und der Direktion des BFE angehören. Der Kanton Nidwalden lässt sich zudem durch eine eigens bestellte, unabhängige Fachgruppe (KFW) beraten. Zum neuen Lagerkonzept mussten Anpassungen erarbeitet werden. Die HSK hat zu den neu aufgeworfenen technischen Bedingungen Stellung genommen und Ausschlusskriterien definiert. Im Kapitel 9.1 des Jahresberichts wird auf die Situation und das Umfeld des Projekts Wellenberg detailliert eingegangen.

Zum Konzept der Endlagerung der hochaktiven und langlebigen mittelaktiven Abfälle hat die EKRA Ende Januar 2000 ihren Schlussbericht vorgestellt (siehe Kapitel 9.2). Darin äussert sie unter anderem die Ansicht, dass die geologische Endlagerung die einzige Methode zur Entsorgung radioaktiver Abfälle ist, welche die Anforderungen an die Langzeitsicherheit

erfüllt. Die Schlussfolgerungen der EKRA wurden im Entwurf zum neuen Kernenergiegesetz mitberücksichtigt.

Im Berichtsjahr wurden die Bohrlöcher der Sondierbohrungen von Böttstein, Leuggern und Kaisten verfüllt. Diese Bohrungen gehören zu den sieben Tiefbohrungen, welche die Nagra zur Erkundung des kristallinen Untergrunds im Hinblick auf die Endlagerung hochaktiver Abfälle in der Nordschweiz in den Achtziger- und Neunzigerjahren abgeteuft hatte. Die Arbeiten zum Entsorgungsnachweis für hochaktive und langlebige mittelaktive Abfälle wurden hinsichtlich der Option Opalinuston weitergeführt. Im Zentrum stand die Auswertung der Resultate aus der Tiefbohrung im zürcherischen Benken. Hier sind zudem erdwissenschaftliche Langzeitmessungen im Gang.

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 lassen hergebrachte Auffassungen in einem neuen Licht erscheinen und tragen dazu bei, den Stand von Wissenschaft und Technik weiterzuentwickeln. Neue Herausforderungen sind zudem auf eine fundierte wissenschaftliche Basis abzustützen.

Aus diesen Gründen unterstützt die HSK eine Reihe von Forschungsvorhaben mit den Schwerpunkten *Materialforschung*, *Störfall- und Unfallforschung*, *Human Factors* und *Notfall- und Strahlenschutz*. Im Kapitel 12 werden die einzelnen Forschungsprojekte kurz besprochen. Ausführlichere Berichte können auf dem Internet unter www.hsk.psi.ch eingesehen werden.

Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK)

Sekretariat KSA
Chef: B. Hollenstein

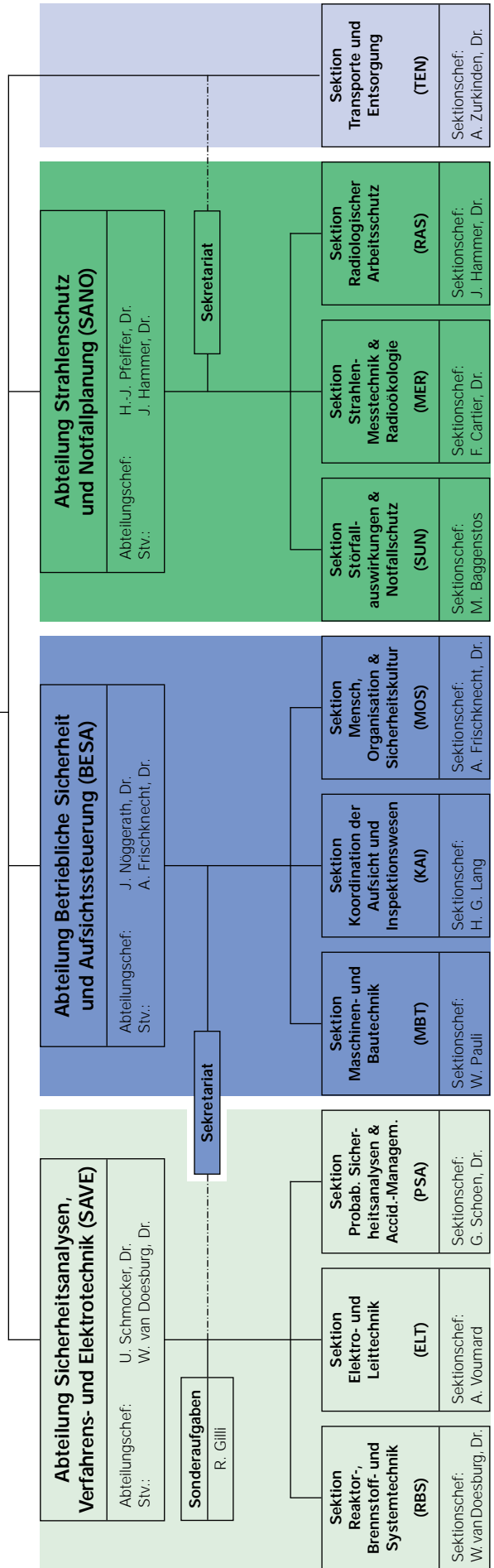
Direktor: W. Jeschki 1. Stv.: U. Schmöcker, Dr. 2. Stv.: J. Nöggerath, Dr.

Führungsteam
W. Jeschki
U. Schmöcker, Dr.
J. Nöggerath, Dr.
H.-J. Pfeiffer, Dr.
G. Schwarz, Dr.
A. Zurkinder, Dr.

Sektion Stab
Sektionschef: G. Schwarz, Dr.
Direktionssekretariat: Fr. A. R. Schneider
Informatik und Logistik: Chef: P. Schmid
Information und Bibliothek: Chef: A. Treier

Dienst für Sicherheitsforschung und Internationales (SF)
Chef: S. Chakraborty

Q-Leiter
E. Blust
Fr. E. Askitoglu, Dr.



1. KERNKRAFTWERK BEZNAU

1.1 Betriebsdaten und Betriebsergebnisse

Das Kernkraftwerk Beznau (KKB) der Nordostschweizerischen Kraftwerke (NOK) umfasst zwei weitgehend identische Zwei-Loop-Druckwasserreaktor-Blöcke (KKB 1 und KKB 2), die im Jahre 1969 bzw. 1971 den Betrieb aufnahmen. Die elektrische Nettoleistung beträgt in beiden Blöcken 365 MW. Weitere Daten sind in den Tabellen A1 und B3 im Anhang zusammengestellt; Figur B1 zeigt das Funktionsschema einer Druckwasserreaktoranlage. Die Blöcke KKB 1 und KKB 2 erreichten im Jahr 2000 eine Arbeitsausnutzung¹ von 79,4% bzw. 95,8% und eine Zeitverfügbarkeit² von 81% bzw. 96,8%, wobei der unproduktive Anteil jeweils im Wesentlichen auf den Revisionsstillstand zurückzuführen ist.

Der Revisionsstillstand zur Durchführung des Brennelementwechsels und der Instandhaltungsarbeiten dauerte im Block 1 auf Grund des Ersatzes des Reaktorschutz- und Regelsystems 70 Tage. Im Block 2 konnte im Rahmen der Optimierung der Stillstandsarbeiten erstmals die Stillstandsdauer auf 12 Tage reduziert werden. Der Stillstand diente fast ausschliesslich dem Brennelementwechsel.

Die Wärmeauskopplung für das regionale Fernwärmenetz (REFUNA) belief sich im Jahr 2000 auf insgesamt 131,8 GWh_{th} für beide Anlagen.

Im *Block 1* erfolgte im Berichtsjahr keine ungeplante Reaktorschneellabschaltung. Im Anschluss an das Wiederanfahren nach dem Revisionsstillstand mussten jedoch für den Nachweis der korrekten Funktion des neuen Reaktorschutz- und Regelsystems diverse Lasttransienten, wie rasche Laständerungen, ein Lastabwurf (plötzliche Trennung des Generators vom Hochspannungsnetz) und ein Turbinienschnellschluss mit anschliessender Reaktorschneellabschaltung durchgeführt werden. Alle Tests verliefen erfolgreich und haben gezeigt, dass die neue Leittechnik ihre Aufgaben auslegungsgemäss erfüllt.

Im *Block 2* erfolgten im Berichtsjahr weder ungeplante noch geplante Reaktorschneellab-

schaltungen. In beiden Blöcken ereigneten sich keine ungeplanten Leistungsreduktionen.

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 drei Vorkommnisse der Klasse B gemäss HSK-Richtlinie R-15 und der Stufe 0 der internationalen Bewertungsskala INES (siehe Kapitel 11 sowie Anhang Tabelle B2) zugeordnet:

- Bei einer Kontrolle des Programms wiederkehrender Prüfungen hat KKB festgestellt, dass in beiden Blöcken bei einigen Messkanälen der Störfallinstrumentierung das in den Technischen Spezifikationen vorgeschriebene Prüfintervall überschritten war. Im Block 1 wurden die entsprechenden Prüfungen im laufenden Revisionsstillstand nachgeholt. Im Block 2, der zu diesem Zeitpunkt schon wieder am Netz war, werden die Prüfungen im Revisionsstillstand 2001 nachgeholt. Die Kalibrierung der betroffenen Messwerte wurde in das entsprechende Programm der wiederkehrenden Prüfungen aufgenommen.
- Drei Tage nach Beginn des Revisionsstillstandes wurde während des Restwärmebetriebs das Blockieren einer der beiden in Betrieb befindlichen Restwärmepumpen festgestellt. Die defekte Pumpe wurde durch ein Reserveaggregat ersetzt, welches am folgenden Tag in Betrieb genommen werden konnte. Der Pumpenausfall verursachte vorübergehend eine Verringerung der Restwärmeabfuhr, was zu einem Temperaturanstieg im Reaktorwasser von etwa 40 °C auf etwa 50 °C führte. Als Ursache des Pumpenschadens wurde eine nicht korrekte Arretierung eines Pumpenlagers ermittelt. Es werden an allen Restwärmepumpen Massnahmen ergriffen, die einen solchen Schaden künftig verhindern.
- Anlässlich eines monatlichen Probelaufes der Notspeisewasserpumpe wurde eine Abnah-

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.

me der Auslaufzeit festgestellt. Die Pumpenwelle liess sich nicht mehr von Hand drehen. Zur Ursachenabklärung und Reparatur wurde der komplette Innenblock der Pumpe gegen einen Reserveblock ausgetauscht.

Im *Block 2* wurde ein Vorkommnis der Klasse B gemäss R-15 und der Stufe 0 der internationalen Bewertungsskala INES zugeordnet:

– Die Notspeisewasserpumpe liess sich nicht zum monatlich stattfindenden Probelauf einschalten. Die Fehlersuche führte zu zwei defekten Feinsicherungen im Steuerkreis des Pumpenschalters. Als Folgemaassnahme wurde die Absicherung und die Überwachung der Verknüpfungsrelais zum Pumpenschalter verbessert.

Drei dieser Vorkommnisse lassen sich auf technische Mängel zurückführen. Bei einem Vorkommnis waren organisatorische Mängel ausschlaggebend.

1.2.2 Arbeiten während der Stillstände zum Brennelementwechsel

Im *Revisionsstillstand des Blockes 1* vom 21. Juli bis zum 28. September 2000 wurden

Routinetätigkeiten wie Brennelementwechsel, elektrische und mechanische Inspektionen, zerstörungsfreie Werkstoffprüfungen, wiederkehrende Funktionsprüfungen an Komponenten und Systemen sowie Instandhaltungs- und Änderungsarbeiten durchgeführt. Schwerpunkte des Stillstandes waren neben den Wiederholungsprüfungen und umfangreichen periodischen Instandhaltungsarbeiten der Ersatz des Reaktorschutz- und Regelsystems inklusive der zugehörigen Stromversorgungen. Zudem sind die Ertüchtigung der Dampferzeuger-Notspeisewasserversorgung, die Ertüchtigung im Bereich Brandschutz, die Erneuerung der Dampferzeuger-Leckageüberwachung mittels N-16-Messung sowie der Ersatz der Reservedurchführungskappen am Deckel des Reaktordruckbehälters erwähnenswert.

Bei den Wiederholungsprüfungen sind besonders die visuelle Inspektion am Reaktordruckbehälterdeckel, die Inspektion diverser Schweisssnähte am Druckhalter und an der Reaktorhauptpumpe A und die Dichtheitsprüfungen an den Containment-Isolationsarmaturen hervorzuheben. Erwähnenswerte Veränderun-

Strahlenschutz bei Kontrollmessungen an der Aufbereitungsanlage für radioaktive Abwässer.

Foto: KKB



gen oder Mängel, die die sichere Funktion dieser Komponenten gefährden könnten, wurden nicht festgestellt.

Der *Revisionsstillstand des Blockes 2* vom 1. bis zum 13. Juli 2000 war im Wesentlichen durch den Brennelementwechsel geprägt. Daneben fanden einige Instandhaltungs- und Nachrüstarbeiten statt. Die notwendigen System- und Komponententests beim Abstellen und Wiederanfahren der Anlage wurden durchgeführt. Es handelte sich um den ersten im Rahmen der Optimierung der Instandhaltungsarbeiten im Block 2 durchgeführten Stillstand. Bei dieser Instandhaltungspraxis wird die Periode für den Brennelementwechsel von anderthalb auf ein Jahr verkürzt, die Periode für einen Grossteil der Instandhaltung von anderthalb auf zwei Jahre verlängert. Die Arbeiten in diesem Kurzstillstand wurden unter Einhaltung einer gleichbleibenden hohen Qualität und der Beachtung des Strahlenschutzes geplant und durchgeführt.

1.2.3 Anlagenänderungen

Im *Block 1* sind im Berichtsjahr folgende erwähnenswerte Anlagenänderungen durchgeführt worden:

- Die wichtigste Anlagenänderung betrifft den bereits erwähnten Ersatz des Reaktorschutz- und Regelsystems durch ein modernes rechnerbasiertes System mit gleicher Funktion. Die Rechner erfassen und digitalisieren die Prozesssignale, bilden Schutzauslösekriterien und verknüpfen diese entsprechend den Vorgaben der verfahrenstechnischen Aufgabenstellung zu Schutzauslösesignalen. Das Reaktorschutzsystem ist vierfach redundant aufgebaut. Die redundanten Ausrüstungen sind neu in getrennten Räumen untergebracht.
- Ersatz der gesicherten Stromversorgung: Mit dem Ersatz des Reaktorschutz- und Regelsystems drängte sich auch ein Ersatz der bestehenden rotierenden Umformer für die unterbrechungslose Stromversorgung durch moderne, dem Stand der Technik entsprechende, statische Umformer auf. Zum vollständigen Ausbau dieser Stromversorgung zu einem durchgehend viersträngigen System wurde neben den bereits vorhandenen drei 120-V-Batterien eine vierte zusätzliche Batterie installiert. Anfang September wurde die neue gesicherte Stromversorgung zusammen mit dem neuen Reaktorschutz- und Regelsystem umfassend geprüft. Das auslegungsgemässe Verhalten wurde nachgewiesen.

- Ertüchtigung der Dampferzeuger-Notspeisewasserversorgung: Mit der Nachrüstung eines zusätzlichen Stranges für die Speisewasserversorgung der Dampferzeuger bei Störfällen (Notspeisewassersystem) steht nun neben dem bereits existierenden Hilfspisewasser- und dem Notstandspisewassersystem eine dritte Möglichkeit für die Dampferzeugerbespeisung zur Verfügung.
- Ertüchtigung im Bereich Brandschutz: Das neue Brandmeldeleitsystem erlaubt auf einfache Weise eine schnelle Abfrage wichtiger Informationen wie z.B. die Lokalisierung eines auftretenden Brandalarms, den Zustand von Lüftungssystemen oder die Stellung von Brandschutzklappen.
- Ersatz des Systems zur Erkennung von Leckagen in Dampferzeuger-Heizrohren vom Primär- zum Sekundärkreislauf: Die Leckageüberwachung erfolgt durch die Bestimmung der Gammastrahlung an der Aussenseite der Frischdampfleitungen. Die neuen Messgeräte erfassen die hochenergetische Gammastrahlung von Stickstoff-16. Dieses System lässt zuverlässigere Aussagen zur Dichtheit der Dampferzeugerheizrohre zu, als dies mit der früheren Messeinrichtung möglich war.
- Ersatz der Reservedurchführungskappen am Reaktordruckbehälterdeckel: Da die Risse an den Kappen von Block 2 auf ungünstige Werkstoffeigenschaften (Empfindlichkeit für Spannungsrissskorrosion) zurückzuführen waren, wurden nun im Block 1, analog dem Vorgehen im Block 2 während des Revisionsstillstands 1999, die vier Verschlusskappen der Regelstab-Reservedurchführungen des RDB-Deckels vorsorglich ersetzt.

Im *Block 2* wurde folgende erwähnenswerte Anlagenänderung durchgeführt:

- Während des letztjährigen Revisionsstillstandes (1999) war im Block 2 ein zusätzlicher Strang für die Bespeisung der Dampferzeuger bei Störfällen installiert und in Betrieb genommen worden (Notspeisewassersystem). Die bisherigen Erfahrungen zeigten bei den in den beiden Einspeiseleitungen untergebrachten Durchflussregelventilen eine unbefriedigende Regelcharakteristik. Zur Verbesserung wurden im Berichtsjahr neue Regelbüchsen eingebaut.

In *beiden Blöcken* des KKB wurden zwei Unterstützungssysteme für die Operateure eingebaut und im Berichtsjahr von der HSK freigegeben:

AWARE ist ein zusätzliches Alarmsystem, welches durch eine intelligente Alarmfilterung

die Störmeldungen auf die wesentlichen Alarmer beschränkt und zudem die Meldungen in aussagekräftigen Worten auf einem Display anzeigt. Dieses System hilft den Alarmschwall bei Störfällen drastisch zu reduzieren und die Operateure durch die Alarmbeschreibung schneller auf die Ursache der Störung hinzuleiten.

Mit COMPRO werden die Notfallvorschriften, welche ursprünglich in Papierform vorlagen, mittels EDV auf dem Bildschirm dargestellt. Zu jedem Schritt in der Vorschrift wird zusätzlich über das Anlageinformationssystem der dazugehörige Anlageparameter eingeblendet. Dies erlaubt dem Schichtchef im Störfall die Vorschrift zügig abzuarbeiten und rasch die volle Übersicht zu gewinnen. Mit COMPRO wird die Störfallbeherrschung bedeutend vereinfacht und beschleunigt. Das durchdachte Benutzerkonzept garantiert, dass allfällige Computerstörungen erkannt werden, und die Schicht ist so ausgebildet, dass sie in solchen Fällen auf die aktualisierte Papierversion der Vorschriften zurückgreifen kann.

1.2.4 Brennelemente

Kurz nach dem Anfahren nach dem Revisionsstillstand 1999 wurden im *Block 1* erhöhte Aktivitätswerte im Primärkreislaufwasser gemessen, sodass mit Brennelementdefekten zu rechnen war. Deshalb wurden im Revisionsstillstand 2000 alle Brennelemente auf ihre Dichtigkeit geprüft. Es wurden 4 defekte Elemente identifiziert, die zu einer Lieferung von 12 Uran-Plutonium-Mischoxid-(MOX)-Brennelementen der britischen Firma BNFL gehören. Zwei dieser MOX-Elemente waren bereits früher defekt (siehe Jahresbericht 1997) und wieder instand gesetzt worden. Da die Schadensursache während des Stillstands nicht ermittelt werden konnte, wurden in Abstimmung mit der HSK alle Brennelemente der betroffenen Lieferung aus dem Kern entladen. Die HSK verlangte, dass vor einem Wiedereinsatz von Brennelementen dieser Lieferung die Schadensursache abgeklärt wird und die Elemente instand gesetzt werden.

Während des Brennelementwechsels von *Block 1* wurden 12 neue Uranoxid-Brennelemente und 16 neue MOX-Brennelemente, die in einer Anlage der belgischen Firma Belgonucléaire gefertigt wurden, dem Kern zugeladen. Der Reaktorkern umfasst insgesamt 121 Brennelemente. Der Kern von *Block 1* enthält im Betriebszyklus 2000/01 insgesamt 20 MOX-Elemente, darunter 4 aus einer früheren BNFL-

Lieferung, die seit November 1997 störungsfrei im Einsatz sind.

Beim Brennelementwechsel in *Block 2* wurden 24 Brennelemente durch neue ersetzt. Darunter sind 4 MOX-Brennelemente, die bei Belgonucléaire gefertigt wurden. Der Reaktorkern enthält insgesamt 16 MOX-Brennelemente, darunter 4 aus einer BNFL-Lieferung, die seit Mai 1998 störungsfrei im Einsatz sind.

1.2.5 Probabilistische Sicherheitsanalyse (PSA) und Accident Management (AM)

Das Erdbebenrisiko wird massgeblich durch die Erdbebengefährdung am Standort bestimmt. Die Methode zur Bestimmung dieser Erdbebengefährdung hat sich in den letzten Jahren vor allem durch die in den USA durchgeführten Studien deutlich weiterentwickelt. Die HSK hat die Werke deshalb im Jahre 1999 aufgefordert, die standortspezifische Erdbebengefährdung neu zu bestimmen. Unter dem Projektnamen PEGASOS (Probabilistische Erdbebengefährdungsanalyse für die KKW-Standorte in der Schweiz) haben die Betreiber nach Vorgaben der HSK die Arbeiten dazu aufgenommen. Das Projekt wird von der Nationalen Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra) geleitet. Die Vorbereitungsarbeiten der HSK für das Projekt PEGASOS umfassen die Unterstützung von paläoseismischen Untersuchungen in Seesedimenten und Tropfsteinhöhlen sowie diverse Stellungnahmen zum Projektplan der Gruppe des Unterausschusses Kernenergie der Überlandwerke (UAK).

Zur Unterstützung der Bewältigung von Kernschmelzunfällen sollen in den nächsten Jahren in allen schweizerischen Kernkraftwerken, trotz den geringen Eintretenswahrscheinlichkeiten für solche Störfälle, technische Entscheidungshilfen (engl. Severe Accident Management Guidance, SAMG) als Erweiterung der Stör- und Notfallvorschriften eingeführt werden. SAMG unterstützt die ausführenden Organe der Notfallorganisation bei der Umsetzung vorbereiteter Strategien für das Unfallmanagement. Die HSK hat 1998 von allen Schweizer KKW die Einführung von SAMG verlangt. Mit einer im Berichtsjahr fertig gestellten Anleitung präzisiert die HSK ihre Forderung.

Ende des Jahres 1999 reichte KKB eine vollständig überarbeitete und aktualisierte PSA-Studie der Stufe 1 (Bestimmung der Kernschadenshäufigkeit) ein. Laut KKB stellt diese neue Studie eine noch realistischere Beschreibung des Anlagenverhaltens bei schweren Unfällen

dar. Die HSK hat im Rahmen der Überprüfung dieser Studie im Berichtsjahr mehrtägige Inspektionen in der Anlage durchgeführt. Ziel war, die Randbedingungen und Annahmen in den Analysen der durch Erdbeben, anlageinterne Brände und Überflutungen ausgelösten Unfälle zu verifizieren.

1.2.6 Alterungsüberwachungsprogramm

Die Alterungsüberwachungsprogramme (AÜP) dienen der Überprüfung der sicherheitsrelevanten Bereiche der Kernanlage auf Alterungsmechanismen, die aus werkstofftechnischer Sicht zu einer Minderung der Sicherheitseigenschaften führen könnten. Die Resultate führen, falls erforderlich, zur Einleitung von ergänzenden oder vorbeugenden Massnahmen und tragen zur Beurteilung des Anlagezustandes bei.

Nach dem Austausch der beiden Dampferzeuger des KKB 2 im Jahr 1999 wurden im Bereich Maschinentchnik bestehende AÜP-Dokumentationen aktualisiert und der HSK vorgelegt. Die neuen Dampferzeuger in beiden Kraftwerksblöcken, die mit verbesserten Eigenschaften konstruiert und gefertigt wurden, zeigen bis heute keine Anzeichen von Schadensmechanismen, wie sie bei den alten Dampferzeugern gefunden wurden. Auf Grund der Schäden im Jahr 1999 an den Kappen der Reservedurchführungen am RDB-Deckel von Block 2 liess KKB weitere werkstofftechnische Abklärungen durchführen. Die Wiederholungsprüfungen für diesen Bereich wurden durch den Einsatz videounterstützter visueller Prüfungen verbessert.

Es wurde mit der Ausarbeitung der Dokumentation für die sicherheitstechnisch relevanten Systeme ausserhalb des Primärkreislaufs begonnen. Zwischenergebnisse wurden der HSK präsentiert und erläutert. Die HSK prüfte die AÜP-Dokumentation und konnte sich im Rahmen von mehreren Aufsichtsgesprächen und Inspektionen von der sorgfältigen Umsetzung von Massnahmen zum Alterungsüberwachungsprogramm überzeugen.

In der Bautechnik wurde die revidierte AÜP-Dokumentation zu Teilen des Reaktorgebäudes und weitere Dokumentation zu nuklearen Nebengebäuden und dem hydraulischen Kraftwerk erstellt und eingereicht. Ebenso wurden Referenzinspektionen zur Aufnahme des Istzustands vorbereitet und durchgeführt. Die HSK prüfte und auditierte die Dokumentation und führte gezielte Inspektionen durch.



Am Dach des Rückstandslagers für die Zwischenlagerung radioaktiver Abfälle wurden kleine Undichtheiten festgestellt. Das Dach wird im Jahre 2001 instand gestellt.

Im Bereich Elektrotechnik sind die AÜP-Dokumentationen für alle elektrischen Komponenten, die eventuell Störfallbedingungen (hohe Temperatur, Druck und Strahlung) ausgesetzt sein können, erstellt und von der HSK beurteilt worden. Für die Dokumentation anderer elektrischer Komponenten wurden Terminpläne ausgearbeitet.

Die bisher von der HSK geprüfte AÜP-Dokumentation zeigte Ergebnisse, die den sicheren Betrieb in den nächsten Jahren nicht in Frage stellen.

Kommandoraum des KKB 1. Nach dem Ersatz des zentralen Schutz- und Regelsystems war die zweiwöchige Wiederinbetriebsetzungsphase mit diversen Tests und Kontrollen verbunden.

Foto: KKB

1.3 Strahlenschutz

1.3.1 Schutz des Personals

Im Kalenderjahr 2000 (Daten für 1999 in Klammern) wurden im KKB folgende Kollektivdosen ermittelt:

KKB 1		
Aktionen	Kollektivdosis Personen-Sv	
Revisionsstillstand	0,58	(0,25)
Leistungsbetrieb	0,06	(0,06)
gesamte Jahreskollektivdosis	0,64	(0,31)

KKB 2		
Aktionen	Kollektivdosis Personen-Sv	
Revisionsstillstand (1999: inkl. Dampferzeugeraustausch)	0,07	(1,10)
Reparaturstillstand	–	(0,03)
Leistungsbetrieb	0,06	(0,06)
gesamte Jahreskollektivdosis	0,13	(1,19)

KKB 1 + 2		
Aktionen	Kollektivdosis Personen-Sv	
Revisionsstillstand	0,65	(1,35)
Reparaturstillstand	–	(0,03)
Leistungsbetrieb	0,12	(0,12)
gesamte Jahreskollektivdosis	0,77	(1,50)

Die Kollektivdosis ist angesichts des Umfangs der durchgeführten Arbeiten sehr tief. Die höchste im KKB akkumulierte Individualdosis beträgt 10,4 mSv (11,8 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 A9 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.

Im Jahr 2000 wurden in beiden Blöcken Revisionsabstellungen vorgenommen. In Block 1 blieb die Dosisleistung an den Primärkomponenten im Vergleich zum Vorjahr auf tiefem Niveau stabil. Im Block 2 lagen die Dosisleistungen an den Primärkomponenten nach dem

Dampferzeugeraustausch von 1999 auf einem erwarteten tiefen Niveau. Die tiefen Dosisleistungen wirken sich auf die Strahlenexposition des Personals günstig aus. Zur Reduktion der Strahlenexposition wurden während der Revision in beiden Blöcken die bewährten, temporären Abschirmungen am RDB-Deckel aufgebaut. In Block 1 wurden weiter die temporären Standardabschirmungen aus Bleiblechen (insgesamt etwa 81 t) angebracht. Die erforderlichen Gerüste und Abschirmungen wurden an die Arbeiten zum Ersatz des Reaktorschutz- und Regelsystems angepasst. Im Block 2 wurde im Berichtsjahr nur der Brennstoffwechsel durchgeführt, weshalb ausser am Reaktordeckel auf den Aufbau der Standardabschirmungen verzichtet wurde.

In beiden Blöcken der Anlage Beznau traten keine unzulässigen Kontaminationen auf, wie laufend durchgeführte Kontaminationskontrollen der Luft und der Oberflächen bestätigten. Während der Revision im Block 1 wurden nebst den Routinearbeiten mit den üblichen Strahlenschutzplanungen drei Projekte mit besonderer strahlenschutztechnischer Planung durchgeführt, welche mit einer laufend nachgeführten arbeitsbezogenen Dosimetrie begleitet wurden.

Am RDB-Deckel im Block 1 wurden die Abschlusskappen der Reservedurchführungen ausgetauscht. Da die gleichen Arbeiten bereits 1999 im Block 2 durchgeführt worden waren, konnten die damaligen Erfahrungen ausgewertet und die Strahlenschutzmassnahmen verbessert werden. Trotz einer deutlich höheren Dosisleistung am RDB gegenüber dem Block 2 konnte daher diese Arbeit mit einer Dosis von nur 108 Personen-mSv abgewickelt werden. Die Arbeiten im Zusammenhang mit dem Ersatz des Reaktorschutz- und Regelsystems wurden strahlenschutztechnisch detailliert vorbereitet, optimiert und unter Berücksichtigung des ALARA-Prinzips durchgeführt. Die akkumulierte Dosis betrug 123 Personen-mSv. Bei den Gerüstbau-Arbeiten wurden 46 Personen-mSv akkumuliert.

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

Die HSK überzeugte sich anlässlich strahlenschutzspezifischer Inspektionen davon, dass im KKB ein moderner und effektiver Strahlenschutz betrieben wird, der sowohl Routinearbeiten wie auch sehr komplexe Arbeiten gut bewältigt.

1.3.2 Abgaben an die Umwelt und Direktstrahlung

Die Grenzwerte für die Abgaben radioaktiver Stoffe aus dem KKB, die Jahresabgaben 2000 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 KKB betragen etwa 12% des Grenzwertes. 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. Auf Grund der tatsächlich über die Abluft und das Abwasser abgegebenen radioaktiven Stoffe wird unter ungünstigen Annahmen die Jahresdosis für Einzelpersonen der Bevölkerung in der Umgebung des KKB berechnet. Sie liegt mit etwa 0,001 mSv für Erwachsene und 0,002 mSv für Kleinkinder deutlich unterhalb des Dosisrichtwerts von 0,2 mSv/Jahr gemäss der 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 A11). Die von KKB ausgewerteten Thermolumineszenz-Dosimeter (TLD), die an mehreren Stellen am Zaun des Kraftwerkareals 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 Art. 102 Absatz 3

der Strahlenschutzverordnung wurden somit auch im Berichtsjahr 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 korrekte Anzeigen liefern.

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

Die vierteljährlichen Kontrollmessungen der HSK und die halbjährlich durchgeführten Vergleichsmessungen der SUeR an Aerosol- und Jodfiltern sowie an Abwasserproben zeigten eine gute Übereinstimmung der Ergebnisse der beteiligten Labors mit den Werten des Kernkraftwerks Beznau.

An der von der Eidgenössischen Kommission für Strahlenschutz (EKS) organisierten, jährlich stattfindenden Vergleichsmessung für Personendosimetriestellen hat die Dosimetriestelle des KKB auch im Berichtsjahr wieder teilgenommen und den Nachweis der am Referenzpunkt (Cs-137) erforderlichen Messgenauigkeit von $\pm 10\%$ erbracht.

Die Leckageüberwachung der Dampferzeuger ist, wie im Kapitel 1.2.3 beschrieben, nun auch im Block I mit neuen Detektoren zur Bestimmung der N-16-Strahlung ausgerüstet worden. Die HSK hat dafür die Betriebsfreigabe erteilt.

1.4 Personal und Organisation

1.4.1 Organisation und Betriebsführung

Im Berichtsjahr wurde die Organisation des KKB nicht geändert, und in naher Zukunft sind im KKB weder am Personalbestand noch an der Organisation grössere Veränderungen vorgesehen. Ende 2000 umfasste die Werksbelegschaft 451 Personen (1999: 461), wobei die geringere Zahl nur vorübergehend vorherrscht und Anstellungen stattfinden, um den Sollbestand wieder zu

erreichen. Der Nachfolgeplanung bei Pensionierungen wird besondere Beachtung geschenkt, indem frühzeitig potenzielle Nachfolger ausgewählt und gezielt gefördert werden.

KKB und KKL pflegen seit einiger Zeit eine enge Zusammenarbeit auf Gebieten, welche gemeinsame Aktivitäten und auch Personalaus-tausch erlauben. Dies betrifft besonders die Gebiete des Strahlenschutzes, der Instandhaltung und der Sicherheitskultur. Durch diese Zusammenarbeit lassen sich externe Ressourcen sparen, und gleichzeitig fördert die kontinuierlichere Tätigkeit des eingesetzten Personals dessen Fachkompetenz. Das Programm zur Förderung der Sicherheitskultur «Safe» im KKB wurde ebenfalls in Zusammenarbeit mit KKL weiterentwickelt. Insbesondere wurde dazu ein Fragebogen erstellt, der eine Selbstbewertung des Kadern zur Sicherheitskultur erlauben soll.

Die HSK hat festgestellt, dass die bevorstehende Elektrizitätsmarktöffnung zu keinen Änderungen geführt hat, die die Sicherheit der Anlagen von Beznau beeinträchtigen. In Inspektionen und Betriebsgesprächen orientiert sich die HSK über Veränderungen in der Organisation, in den Aufgaben des Kaderpersonals, bei der Aus- und Fortbildung des Kraftwerkspersonals, bei Instandhaltungsarbeiten, bei Motivationsmassnahmen für das Personal, bei dem Einsatz und der Auswahl von Fremdfirmen usw.

1.4.2 Personal und Ausbildung

Zwei Schichtchefs, vier Reaktoroperateure der Stufe A und drei Reaktoroperateure der Stufe B bestanden im Berichtsjahr ihre Lizenzprüfung. Die neu lizenzierten Schichtchefs sind Ingenieure, die sich zu Pikettingenieuren ausbilden. Sieben Personen begannen ihre Ausbildung, die Mehrheit ist für die Weiterbildung zum Reaktoroperateur vorgesehen. Die Anzahl lizenzierter Personen ist in Tabelle A2 enthalten. Die Lizenzierungen von Schichtpersonal und Pikettingenieuren erfolgen unter Aufsicht der HSK. Das Vorgehen ist in der HSK-Richtlinie R-27 geregelt. Die Anerkennung des Strahlenschutzpersonals erfolgt durch die HSK gemäss Strahlenschutz-Ausbildungsverordnung (SR 814.501.261) und HSK-Richtlinie R-37.

Das lizenzierte Schichtpersonal absolvierte ein fünftägiges Teamtraining am Grosssimulator des Reaktorlieferanten in Pittsburgh (USA). Themen des Trainings waren die Störfallbewältigung mit Hilfe des zusätzlichen Alarmierungssystems (AWARE) und der neu auf Computer vorhandenen Notfallvorschriften (COMPRO). Am KKB-

Kompaktimulator wurde die Bedienung des neu installierten Reaktorschutz- und Regelsystems in Kleingruppen geübt. Weiter wurde der Kompaktimulator für ein Spezialtraining zur Schulung der Zusammenarbeit im Team eingesetzt.

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 genannt sei die Teilnahme eines Instructors am Betriebsausbilder-Seminar des Instituts für angewandte Psychologie (IAP).

1.5 Notfallbereitschaft

Im November wurde im KKB die Werksnotfallübung «Wasserfall» unter Beobachtung der HSK durchgeführt. Ziel war es, die Zusammenarbeit der Notfallkräfte unter der Bedingung zu üben, dass beide Anlagen (KKB 1 und KKB 2) gleichzeitig von einer Notfallsituation betroffen sind. Vorbereitung, Durchführung und Nachbearbeitung erfolgten auf Basis der HSK-Richtlinie R-45.

Das Übungsszenario postulierte ein rasches Absinken des Oberwasserkanalniveaus um mehrere Meter, was zum Ausfall dieser primären Kühlwasserquelle für beide Anlagen und damit zu einer Notfallsituation führte. KKB 1 war zu diesem Zeitpunkt beim Brennstoffwechsel, KKB 2 wurde auf Vollast betrieben. Im KKB 1 musste für eine alternative Kühlung des Brennelementlagerbeckens gesorgt werden. Im KKB 2 traten zusätzlich ein Kühlmittelverluststörfall bei einer Komponentendichtung innerhalb des Containments sowie Kühlprobleme beim isolierten Containment auf.

Die HSK stellte fest, dass die KKB-Notfall-equipen auch bei den gleichzeitig in beiden Werken eingetretenen Notfallsituationen den Überblick bewahrten und die notwendigen Gegenmassnahmen korrekt einleiteten. Die Übungsziele sind erreicht worden. Verbesserungsmöglichkeiten sind mit dem Werk besprochen worden.

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

1.6 Radioaktive Abfälle

Der Anfall an radioaktiven Rohabfällen (vgl. Tabelle A11) lag im Berichtsjahr im Bereich der Erfahrungswerte vergangener Jahre. In zwei

Kampagnen im Januar und im Dezember wurden Schlämme aus der Abwasserreinigungsanlage in der Verfestigungsanlage zementiert. Im November wurden ferner ausgediente Harze im Hinblick auf deren spätere Verfestigung in die dafür vorgesehenen Fässer abgefüllt. Brennbare Abfälle wurden im Frühjahr und im Herbst zur Verbrennung an das PSI abgeliefert. Die Verbrennungsrückstände der Frühjahrskampagne wurden im Dezember vom KKB konditioniert zurückgenommen. Diejenigen der Herbstkampagne werden erst im Jahr 2001 konditioniert.

Das KKB verfügt für alle Typen der gegenwärtig hergestellten Abfallgebinde über eine Freigabe gemäss HSK-Richtlinie R-14. Die Nachdokumentation gemäss R-14 von fünf noch verbleibenden Gebindetypen, die früher produziert wurden, erfolgt gemäss Terminplanung. Im Berichtsjahr erstellte das KKB zwei Nachdokumentationen, drei befinden sich noch in Bearbeitung. Diese Arbeiten sollen bis Ende 2001 abgeschlossen sein.

Verschiedene Rohabfälle werden im Hinblick auf eine spätere Behandlung in Räumlichkeiten der kontrollierten Zone unter zulässigen Bedingungen unkonditioniert aufbewahrt. Die konditionierten Abfallgebinde werden routinemässig in das Rückstandslager und in die Halle für schwachaktive Abfälle des Zwischenlagers ZWIBEZ eingelagert.

1.7 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. Mit dem Ersatz der bisherigen Leittechnik für das Reaktorschutz- und Regelsystem im Block 1 durch ein rechnerbasiertes Leittechniksystem wurde ein wichtiger Schritt getan, um die Anlage auf dem aktuellen Stand der Technik zu halten. Der Einsatz einer modernen rechnerbasierten Technik in diesem Umfang war für die Schweiz erstmalig und stellte sowohl für den Betreiber wie auch für die Aufsichtsbehörde eine anspruchsvolle und neuartige Aufgabe dar.

Mit der Inbetriebnahme des zusätzlichen Alarmmeldesystems (AWARE) und den auf Computer vorhandenen Notfallvorschriften (COMPRO) verfügen die Operateure nun über ein modernes, dem aktuellen Stand der Technik

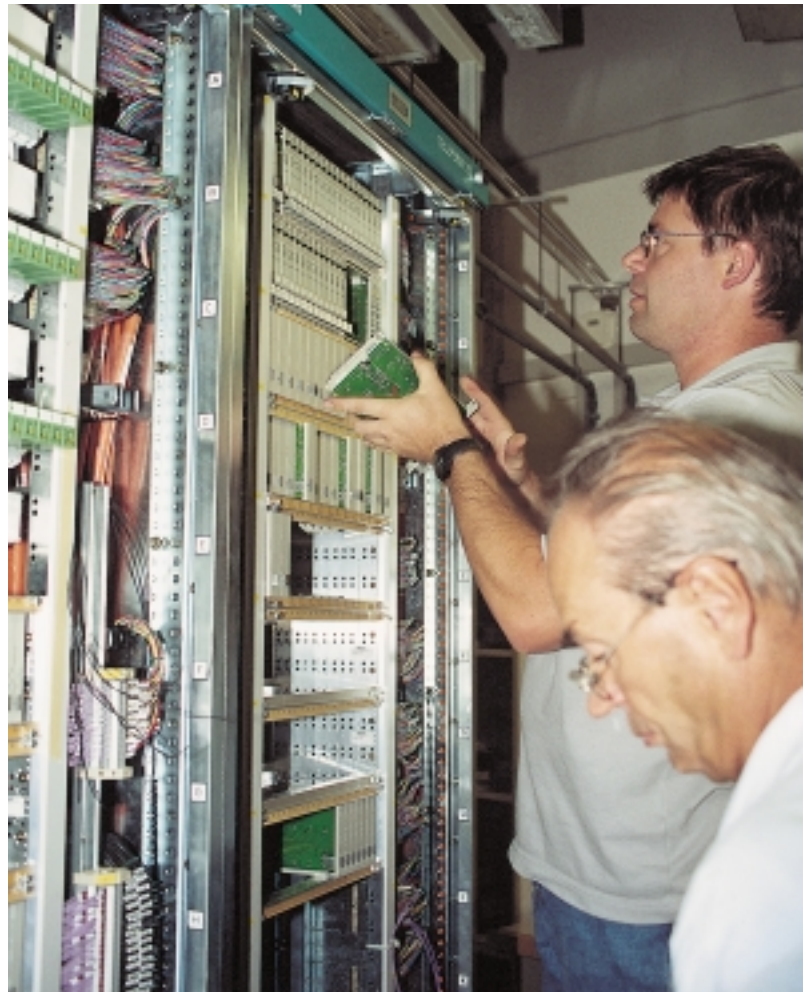
entsprechendes Werkzeug zur Störfallidentifizierung und -beherrschung.

Im Rahmen ihrer Aufsichtstätigkeit führte die HSK während des Berichtsjahres rund 120 Inspektionen durch. Schwerpunkte waren dabei der Betrieb, der Strahlenschutz, die umfangreichen Wartungs- und Erneuerungsarbeiten im Block 1 sowie die umfangreichen Tests während der Inbetriebsetzungsphase des neuen Reaktorschutz- und Regelsystems. Die Ergebnisse der Inspektionen wurden dem Betreiber mitgeteilt und erkannte Verbesserungsmassnahmen durch ihn umgesetzt.

Der Strahlenschutz konnte seine Aufgabe sehr gut erfüllen. Trotz den umfangreichen Arbeiten im Block 1 im Zusammenhang mit dem präventiven Ersatz der Verschlusskappen der Regelstab-Reservedurchführungen am RDB-Deckel sowie dem Ersatz des Reaktorschutz- und Regelsystems resultierte eine sehr tiefe Kollektivdosis des Eigen- und Fremdpersonals. Die Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umgebung lagen deutlich unterhalb der behördlich festgelegten Grenzwerte. Damit ergab sich auch eine nur unbedeutende Strahlendosis für die Bevölkerung.

Im Rahmen des Ersatzes des zentralen Schutz- und Regelsystems im KKB 1 wurden in den Leittechnikschränken unzählige Karten eingebaut und bei den Kabelführungen mehr als 30 000 Anschlusspunkte verbunden, geprüft und kontrolliert.

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 2000 eine Arbeitsausnutzung von 90,1% und eine Zeitverfügbarkeit von 94,4%. Die Revisionsarbeiten mit dem Brennstoffwechsel dauerten 19 Tage und bestimmten wesentlich die Nichtverfügbarkeit der Anlage. Am Ende des Betriebszyklus 1999/2000 wurde zum ersten Mal im KKM Edelmetall (Platin und Rhodium) ins Reaktorwasser eingespeist; dies erfolgte nach einem international erprobten Verfahren, um der Spannungsrissskorrosion der Einbauten im Reaktordruckbehälter entgegenzuwirken.

Für die Heizung der Wohnsiedlung «Steinriesel» wurden 1,2 GWh thermische Energie abgegeben. Neben der geplanten Durchführung von wiederkehrenden Prüfungen führten drei Störungen im Bereich der Turbinengruppen und der Reaktorumwälzpumpen zu kurzen Leistungsreduktionen. Im Berichtszeitraum ereignete sich keine ungeplante Reaktorschnellabschaltung.

2.2 Anlagensicherheit

2.2.1 Besondere Vorkommnisse

Entsprechend der Richtlinie R-15, Berichterstattung über den Betrieb von Kernkraftwerken, wurde in diesem Betriebsjahr kein Vorkommnis der Klasse B oder höher bzw. der internationalen Bewertungsskala INES zugeordnet (siehe Kapitel 11 sowie Anhang Tabelle B2).

2.2.2 Arbeiten während des Stillstands zum Brennelementwechsel

In der Revision vom 4. bis 23. August 2000 wurden die geplanten Tätigkeiten wie Brenn-

elementwechsel, Inspektionen, zerstörungsfreie Werkstoffprüfungen, Wiederholungsprüfungen, Funktionsprüfungen an Komponenten und Systemen, Instandhaltungsarbeiten und Anlagenänderungen durchgeführt. Als besondere Tätigkeiten und Ergebnisse sind hervorzuheben:

Am Reaktordruckbehälter wurden die Deckelstützen visuell und teilweise zusätzlich volumetrisch und auf Oberflächenrisse geprüft. Acht Bolzen wurden ebenfalls volumetrisch und die zugehörigen Muttern sowie Flanschdichtflächen visuell geprüft. Alle Prüfungen waren ohne Fehlerbefunde.

Am Kernmantel und anderen Reaktordruckbehälter-Einbauten wurden, wie jedes Jahr, umfangreiche Prüfungen vorgenommen. Dabei ergaben sich keine neuen Rissbefunde. Ultraschall- und Wirbelstromkontrollmessungen an den bekannten Rissbereichen der Rundnaht 11, die am stärksten von Rissbildung betroffen ist, ergaben ein Risswachstum, das im Trend der vergangenen Jahre liegt. Keiner der bisher gefundenen Risse durchdringt die Wand des Kernmantels. Die präventiv eingebaute Zugankerkonstruktion und ausgewählte Teile des Kernmantels wurden visuell überprüft. Ihre Sicherheitsfunktion ist gewährleistet. Auf Grund dieser Prüfergebnisse bleibt die erstellte Sicherheitsbeurteilung für den Kernmantel gültig. Die HSK kommt darin zum Schluss, dass der Kernmantel auch weiterhin seine betrieblichen und sicherheitsrelevanten Aufgaben vollumfänglich erfüllt.

Die durchgeführten zerstörungsfreien Prüfungen an Schweißnähten der Reaktorumwälzleitungen sowie der Frischdampf- und Speisewasserleitungen waren ohne Fehlerbefund.

Ein Frischdampfableitventil sowie die Vakuumbrechklappen in dessen Abblaseleitung, die nach der Reaktorschnellabschaltung im September 1999 undicht waren, wurden instand gestellt.

Im Bereich der elektrischen Ausrüstungen wurden die gemäss dem Instandhaltungs- und wiederkehrenden Prüfprogramm geplanten Arbeiten und Funktionsprüfungen ohne relevante Fehlerbefunde durchgeführt. Im Bereich

der elektrischen Versorgung wurden die Batterien der Notstanddivision A und von Schutz- und Steuersystemen ersetzt. Routinemässig fanden die periodischen Funktionsprüfungen im Bereich des Reaktorschutzsystems statt. Alle Prüfungen bestätigen den einwandfreien Zustand der Systeme und Komponenten.

2.2.3 Anlagenänderungen

Im Berichtsjahr sind zwei erwähnenswerte Anlagenänderungen durchgeführt worden. Bei der einen Änderung wurde zum Schutz der Reaktordruckbehältereinbauten vor Spannungsrisskorrosion die kontinuierliche Dosierung von Wasserstoff ins Speisewasser im Zusammenhang mit der periodischen Zugabe von Edelmetallen (Noble Metal Chemical Addition) ins Reaktorwasser eingeführt. Durch die katalytische Wirkung der Edelmetalle kann die Einspeisung von Wasserstoff bei gleichbleibender Schutzwirkung gegen Spannungsrisskorrosion minimiert werden. Im Juli wurde ein Wasserstoffgenerator installiert und während des dies-

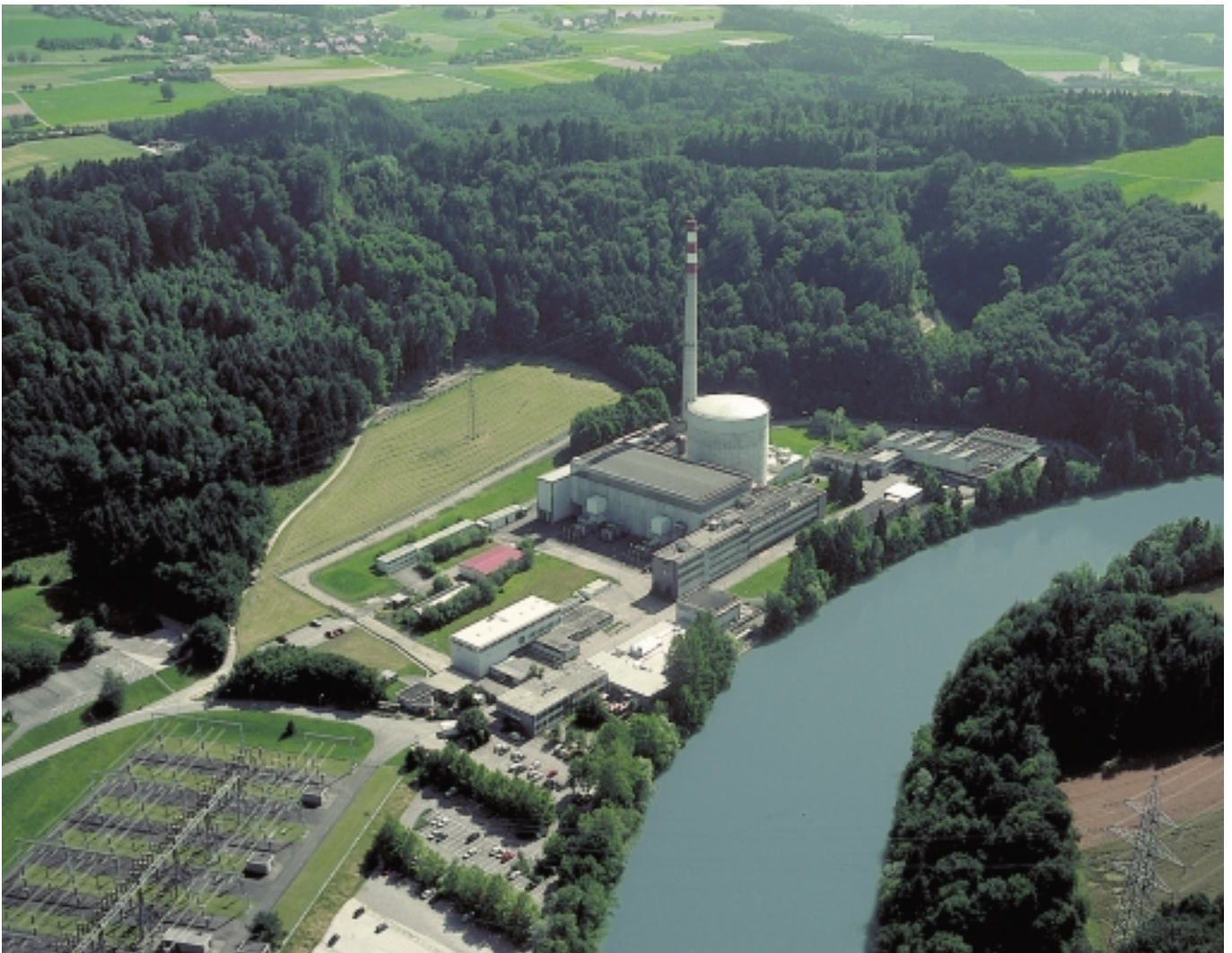
jährigen Abfahrens des Reaktors über einen Zeitraum von 36 Stunden die erste Edelmetalleinspeisung vorgenommen. Im Leistungsbetrieb wurde bis Ende 2000 die Dosierung der kontinuierlichen Wasserstoffmenge hinsichtlich der Strahlenschutz Auswirkungen optimiert (vgl. Kapitel 2.3.2). In den nächsten Revisionen wird im Rahmen des unverändert weitergeführten Programms der wiederkehrenden Prüfungen die Auswirkung auf das Risswachstum verfolgt.

Die andere Änderung betraf den Ersatz der Turbinensteuerung der Turbinengruppe A. Die vorgenommenen Arbeiten umfassten den Ersatz der Turbinenanfahr- und -abstellautomatik (Turbomat) und der Turbinenregelung durch eine rechnerbasierte Leittechnik.

2.2.4 Brennelemente und Steuerstäbe

Die geringen Aktivitätskonzentrationen im Reaktorwasser und im Abgas aus den Turbinenkondensatoren während des ganzen Jahres lassen den Schluss zu, dass keine Brennstab-

**Luftaufnahme des
Kernkraftwerks
Mühleberg.**
Foto: KKM



Hüllrohrdefekte aufgetreten sind. Dies ist bereits das 10. Jahr in Folge ohne Brennstab-schäden, ein weltweit hervorragendes Ergebnis. Für den 28. Zyklus (2000/01) 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 zu prüfen, wurden während des Revisionsstillstands zwölf Brennelemente mit unterschiedlichen Einsatzzeiten mittels einer Unterwasservideokamera inspiziert; an sechs dieser Brennelemente wurden zudem Dimensionsmessungen vorgenommen. Alle inspizierten Brennelemente befinden sich in einem guten Zustand. In den nächsten Jahren wird der Einfluss der Edelmetallzugabe zum Reaktorwasser auf die Brennelemente durch regelmässige Inspektionen überprüft (siehe Kapitel 2.2.3). Die erforderliche Basis-messung von Hüllrohr-Oxidschichtdicken wurde während des diesjährigen Revisionsstillstands durchgeführt.

Während des diesjährigen Revisionsstillstands wurden keine Steuerstäbe ersetzt.

2.2.5 Probabilistische Sicherheitsanalyse (PSA) und Accident Management (AM)

Eine erste Stufe der Überprüfung der Stillstand-PSA Mühleberg wurde von der HSK abgeschlossen. Die abschliessende Überprüfung wird im Rahmen der Periodischen Sicherheitsüberprüfung (PSÜ KKM) erfolgen, die in den nächsten zwei Jahren stattfindet. Der Betreiber hat begonnen, seine PSA-Studie für den Leistungsbetrieb im Hinblick auf die PSÜ zu aktualisieren.

Das Erdbebenrisiko wird massgeblich durch die Erdbebengefährdung am Standort bestimmt. Die Methode zur Bestimmung dieser Erdbebengefährdung hat sich in den letzten Jahren vor allem durch die in den USA durchgeführten Studien deutlich weiterentwickelt. Die HSK hat die Werke im Jahre 1999 deshalb aufgefordert, die standortspezifische Erdbebengefährdung neu zu bestimmen. Unter dem Projektnamen PEGASOS (Probabilistische Erdbebengefährdungsanalyse für die KKW-Standorte in der Schweiz) haben die Betreiber nach Vorgaben der HSK die Arbeiten dazu aufgenommen. Das Projekt wird von der Nationalen Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra) geleitet. Die Vorbereitungsarbeiten der HSK für das Projekt PEGASOS umfassen die Unterstützung von paläoseismischen

Untersuchungen in Seesedimenten und Tropfsteinhöhlen sowie diverse Stellungnahmen zum Projektplan der Gruppe des Unterausschusses Kernenergie der Überlandwerke (UAK).

Zur Unterstützung der Bewältigung von Kernschmelzunfällen sollen in den nächsten Jahren in allen schweizerischen Kernkraftwerken, trotz den geringen Eintretenswahrscheinlichkeiten für solche Störfälle, technische Entscheidungshilfen (engl. Severe Accident Management Guidance, SAMG) als Erweiterung der Stör- und Notfallvorschriften eingeführt werden. SAMG unterstützt die ausführenden Organe der Notfallorganisation bei der Umsetzung vorbereiteter Strategien für das Unfallmanagement. Die HSK hat 1998 von allen Schweizer KKW die Einführung von SAMG verlangt. Mit einer im Berichtsjahr fertig gestellten Anleitung präzisiert die HSK ihre Forderung.

2.2.6 Alterungsüberwachungsprogramm

Die Alterungsüberwachungsprogramme (AÜP) dienen der Überprüfung der sicherheitsrelevanten Bereiche der Kernanlage auf Alterungsmechanismen, die aus werkstofftechnischer Sicht zu einer Minderung der Sicherheitseigenschaften führen könnten. Die Resultate führen, falls erforderlich, zur Einleitung von ergänzenden oder vorbeugenden Massnahmen und tragen zur Beurteilung des Anlagezustandes bei.

Im Bereich Maschinenteknik wurden im KKM an der Aktualisierung der bestehenden Alterungsüberwachungsprogramme gearbeitet und Zwischenergebnisse mit der HSK diskutiert. Wandstärkemessungen an Rohrleitungen des Primärkreislaufs, die vom KKM während des Revisionsstillstands 2000 durchgeführt wurden, ergaben einen unverändert guten Zustand dieser Rohrleitungen. Für weitere Prüfungen wurden Vorbereitungen getroffen, unter anderem für die Installation von Inspektionsöffnungen für endoskopische Untersuchungen in den Frischdampfleitungen. Die HSK konnte sich im Rahmen von Aufsichtsgesprächen und Inspektionen von der sorgfältigen Umsetzung der Massnahmen überzeugen. Als wichtige vorbeugende AÜP-Massnahme wurde im Jahr 2000 die Edelmetall/Wasserstoffeinspeisung in den Primärkreislauf vorgenommen. Die Wirkung dieser Massnahme zum Schutz vor Risskorrosion wird langfristig im Rahmen der AÜP beobachtet werden.

Im Bereich Bautechnik wurden vom KKM Überwachungen und vorbeugende Instandsetzungen durchgeführt. Die HSK inspizierte den Stand der Umsetzung des AÜP und prüfte die Dokumentation.

Im Bereich Elektrotechnik ist die AÜP-Dokumentation der elektrischen Komponenten, die eventuellen Störfallbedingungen (hohe Temperaturen, Druck und Strahlung) ausgesetzt sein können, weitgehend erstellt worden. Für die AÜP-Dokumentation weiterer elektrischer Komponenten sind die Terminpläne ausgearbeitet worden.

Die bisher von der HSK geprüfte AÜP-Dokumentation zeigte Ergebnisse, die den sicheren Betrieb in den nächsten Jahren nicht in Frage stellen.

2.3 Strahlenschutz

2.3.1 Schutz des Personals

Im Kalenderjahr 2000 (Daten für 1999 in Klammern) wurden im KKM folgende Kollektivdosen ermittelt:

Aktionen	Kollektivdosis Personen-Sv	
Revisionsstillstand	0,36	(0,61)
Leistungsbetrieb	0,43	(0,42)
gesamte Jahreskollektivdosis	0,79	(1,03)

Die Jahreskollektivdosis hat im Berichtsjahr den tiefsten Wert seit dem kommerziellen Betriebsbeginn erreicht. Die höchste im KKM akkumulierte Individualdosis beträgt 9,5 mSv (12,3 mSv) und liegt 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 A9 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 Inkorporation.

Die mittlere Dosisleistung an den Umwälzleitungen ist im Vergleich zum Vorjahr leicht angestiegen und betrug im Stillstand 4,61 mSv/h gegenüber 4,35 mSv/h im Jahr 1999.

Damit ist die während der letzten Jahre beobachtete Reduktion der Dosisleistung, die unter anderem auf einem Ersatz von kobalthaltigen Komponenten im Reaktorkern und einer günstigen Wasserchemie beruhte, unterbrochen. Die Entwicklung der Dosisleistungen an den Umwälzleitungen muss weiter beobachtet werden. Insbesondere kann die geänderte Wasserchemie (Wasserstoff- und Edelmetalleinspeisung ins Reaktorwasser) einen Einfluss auf die Höhe der Dosisleistungen haben. Tiefe Dosisleistungen in diesem Bereich wirken sich bei den Revisionsarbeiten auf die Strahlenexposition des Personals günstig aus.

Zur Reduktion der Strahlenexposition des Personals wurden im Drywell die bewährten, temporären Standardabschirmungen aus Bleiblechen (insgesamt etwa 75 t) aufgebaut.

In der Anlage traten keine unzulässigen Kontaminationen auf, wie laufend durchgeführte Kontrollmessungen der Luft und an Oberflächen bestätigten. Insbesondere profitiert das KKM davon, dass seit zehn Jahren keine Brennstabschäden aufgetreten sind. Dies führt zu tiefen Kontaminationswerten im Frischdampf- und im Speisewassersystem, was sich günstig für Arbeiten im Turbinenbereich auswirkt. Auch die Leckage von Frischdampf aus einer Abblaseleitung in den Drywell während des Leistungsbetriebes infolge Undichtheit einer Vakuumbrechklappe (siehe HSK-Jahresbericht 1999) führte daher zu keiner Kontamination.

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 worden. Die HSK überzeugte sich anlässlich strahlenschutzspezifischer Inspektionen davon, dass im KKM ein moderner und effektiver Strahlenschutz betrieben wird.

2.3.2 Abgaben an die Umwelt und Direktstrahlung

Die Grenzwerte für die Abgaben radioaktiver Stoffe aus dem KKM, die Jahresabgaben 2000 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 unter-

halb 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.

Auf Grund der tatsächlich über die Abluft und das Abwasser abgegebenen radioaktiven Stoffe 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 0,007 mSv für Erwachsene und 0,006 mSv für Kleinkinder und damit deutlich unterhalb des Dosisrichtwerts von 0,2 mSv pro Jahr gemäss der HSK-Richtlinie R-11. Der Anteil an den errechneten Dosen auf Grund der Abgaben im Jahr 2000 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.

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 A11). 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 Herbst des Berichtsjahres 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. Gemessen wurden Dosisleistungen zwischen 0,08 μ Sv/h (entspricht dem natürlichen Untergrund) und 0,58 μ Sv/h. Die hohen Dosisleistungen traten

jedoch nur während weniger Stunden auf. Im Wochenmittel ergaben sich Nettowerte von 0,061 mSv pro Woche. Dies entspricht etwa 60% 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 Höchstwert von 1,6 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 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 korrekte Anzeigen liefern.

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 und die halbjährlich durchgeführten Vergleichsmessungen der SUeR an Aerosol- und Jodfiltern sowie an Abgas- und Abwasserproben zeigten eine gute Übereinstimmung der Ergebnisse mit den Werten des Kernkraftwerks Mühleberg.

Im Kernkraftwerk Mühleberg wurden sechs Aerosolmonitore zur Raumüberwachung ersetzt, da die Ersatzteilkhaltung vom Hersteller nicht mehr gewährleistet wurde.

An der von der Eidgenössischen Kommission für Strahlenschutz (EKS) organisierten, jährlich stattfindenden Vergleichsmessung für Personendosimetriestellen hat die Dosimetriestelle des KKM auch im Berichtsjahr wieder teilgenommen und den Nachweis der am Referenzpunkt (Cs-137) erforderlichen Messgenauigkeit von $\pm 10\%$ erbracht.

2.4 Personal und Organisation

2.4.1 Organisation und Betriebsführung

Die Organisation des KKM hat im Berichtsjahr keine wesentliche Änderung erfahren. Die Organisation wurde durch eine Projektgruppe zur Bearbeitung der Periodischen Sicherheitsüberprüfung (PSÜ KKM) ergänzt. Ende 2000 betrug die Werksbelegschaft 284 Personen (1999: 289).

KKM ist dafür besorgt, dass die Fachkompetenz im Werk auch unter veränderten Bedingungen erhalten bleibt und sieht dazu für wichtige Funktionen bei bevorstehenden Pensionierungen längere Überlappungszeiten vor. In naher Zukunft sind kein Personalabbau oder grössere Veränderungen in der Organisation vorgesehen.

KKM wurde vom 6. bis zum 23. November 2000 durch ein Experten-Team, zusammengestellt durch die IAEA, auf Betriebliche Sicherheit überprüft (OSART-Mission). Das Team hat festgestellt, dass im KKM eine motivierte Belegschaft mit gutem Teamgeist für einen sicheren Betrieb sorgt. Das Team war positiv überrascht über den ausgezeichneten Zustand des Werkes, insbesondere angesichts seiner Betriebsdauer. Einige gute Beispiele aus der Praxis der Betriebsführung wird das OSART-Team anderen Werken zur Nachahmung empfehlen. Ausserdem wurden Möglichkeiten für Verbesserungen im KKM festgestellt und dem Werk als Anregung oder Empfehlung mitgeteilt. Zum Beispiel hat das Team dem KKM, ähnlich wie bei den vorausgegangenen OSART-Missionen in den anderen Schweizer KKW, empfohlen, die Ausbildung stärker zu systematisieren und die Schwelle für die eingehende Analyse von Anlagenstörungen tiefer anzusetzen. KKM wird diese Empfehlungen aufnehmen und entsprechende Massnahmen ergreifen.

Die HSK hat festgestellt, dass die bevorstehende Elektrizitätsmarktöffnung zu keinen Änderungen geführt hat, die die Sicherheit der Anlage von Mühleberg beeinträchtigen. In Inspektionen und Betriebsgesprächen orientiert sich die HSK über Veränderungen in der Organisation, in den Aufgaben des Kaderpersonals, bei der Aus- und Fortbildung des Kraftwerkspersonals, bei Instandhaltungsarbeiten, bei Motivationsmassnahmen für das Personal, bei dem Einsatz und der Auswahl von Fremdfirmen usw.

2.4.2 Personal und Ausbildung

Ein Physiker und zwei Ingenieure wurden im Rahmen ihrer Ausbildung zum Pikettingenieur

als Schichtchef lizenziert. Drei Reaktoroperateure bestanden die Lizenzprüfung der Stufe B. Der Bestand an lizenziertem Personal ist in Tabelle A2 dargestellt. Die Lizenzierungen von Schichtpersonal und Pikettingenieuren erfolgen unter Aufsicht der HSK und sind in der HSK-Richtlinie R-27 geregelt. Die Anerkennung des Strahlenschutzpersonals erfolgt durch die HSK gemäss Strahlenschutz-Ausbildungsverordnung (SR 814.501.261) und HSK-Richtlinie R-37.

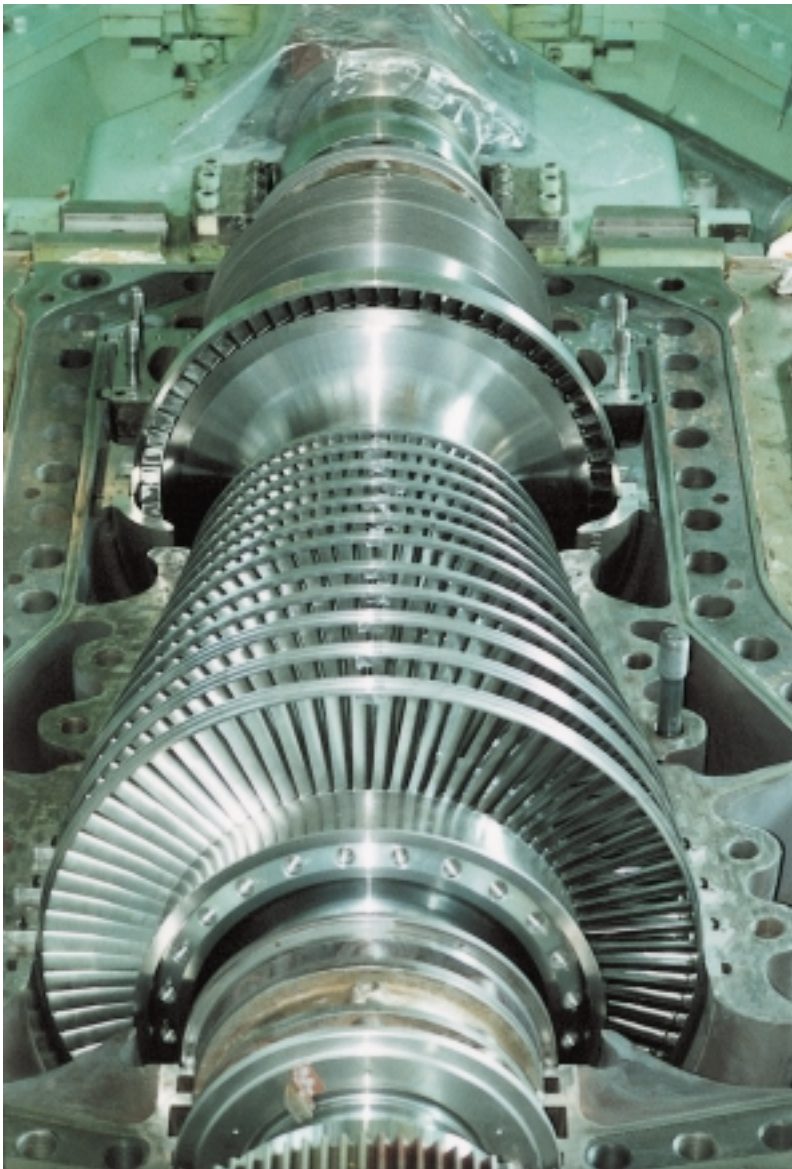
Die Schichtgruppen absolvierten am KKM-Simulator ein Teamtraining von einer Woche, in dem das neue Prozessvisualisierungssystem (PVS) und der Umgang mit Stress Schwerpunkte bildeten. Die Pikettingenieure nahmen an dieser Schulung teil.

In einer grossen Anzahl von Kursen aktualisierten Angehörige aller Abteilungen ihr Fachwissen, erweiterten ihre praktischen und persönlichen Fähigkeiten und schulten ihre Kenntnisse im Strahlenschutz. Speziell erwähnt sei der von General Electric durchgeführte Kurs für Nuklearingenieure (Station Nuclear Engineering Course), welcher von der designierten Leiterin des Ressorts Physik und einem Nuklearingenieur erfolgreich absolviert wurde. Die Aus- und Weiterbildungen im Strahlenschutz werden regelmässig durchgeführt.

2.5 Notfallbereitschaft

Auf Antrag der Behörden des Kantons Bern wurde die im Berichtsjahr vorgesehene Gesamtnotfallübung «Hermes» auf das Jahr 2001 verschoben. Deshalb führte KKM im Mai die Stabsnotfallübung «Hermes I» durch. Vorbereitung, Durchführung und Nachbearbeitung erfolgten auf Basis der HSK-Richtlinie R-45. An der unter Leitung der Eidg. Kommission für AC-Schutz (KOMAC) durchgeführten Übung nahmen auch die NAZ, die Polizei-Einsatz-Zentrale des Kantons Bern und die HSK als Übende teil. Schwerpunkt der Übung war die Überprüfung technischer Abläufe.

Das Übungsszenario postulierte einen totalen Ausfall der externen Stromversorgung, was zum Abschalten der Anlage und später zu einem Kühlmittelverlust mit kleineren Brennstoffschäden und dem Eintrag von radioaktiven Stoffen ins Primärcontainment führte. Eine sehr geringe Edelgasabgabe an die Umgebung erfolgte über das Notabluftsystem. Ab einem bestimmten Zeitpunkt stand für die interne Stromversorgung nur noch ein einziger Not-



Abgedeckte Hochdruckturbine mit Rotor.
Foto: KKM

stromdiesel zur Verfügung. Bei Ausfall dieses Diesels wäre die sichere Nachkühlung nicht mehr sichergestellt gewesen.

Die HSK stellte fest, dass KKM im Rahmen der Stabsarbeit die Lage jederzeit richtig einschätzte und die notwendigen Gegenmassnahmen korrekt einleitete. Die Übungsziele sind erreicht worden. Verbesserungsmöglichkeiten in Teilbereichen sind mit KKM und weiteren Beübten besprochen worden.

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

2.6 Radioaktive Abfälle

Der Anfall an radioaktiven Rohabfällen (vgl. Tabelle A11) lag im Berichtsjahr im Bereich der

Erfahrungswerte vergangener Jahre. Die aus dem Betrieb neu angefallenen Ionenaustauscherharze wurden routinemässig mit der Verfestigungsanlage CVRS konditioniert. Zusätzlich wurden mit dieser Anlage Altharze endkonditioniert, die im Zwischenlager des KKM aufbewahrt sind. Ende 2000 verblieben noch 1747 Fässer mit unkonditionierten Harzen und Schlämmen im Zwischenlager, die in den kommenden Jahren planmässig verfestigt werden. Brennbare Abfälle wurden im Frühjahr und im Herbst zur Verbrennung an das PSI abgeliefert. Die konditionierten Verbrennungsrückstände wurden im November vom KKM zurückgenommen.

Das KKM verfügt für alle Typen der gegenwärtig im Werk hergestellten Abfallgebände über eine Freigabe gemäss HSK-Richtlinie R-14. Die Spezifikation des letzten beim PSI für das KKM produzierten Abfallgebändetyps wurde vom KKM erstellt. Die Endlagerfähigkeit dieses Abfallgebändetyps wird gegenwärtig von der Nagra geprüft. Im Berichtsjahr wurde von der HSK die Nachdokumentation eines früher produzierten Gebändetyps geprüft und gutgeheissen. Zurzeit prüft die Nagra die Endlagerfähigkeit von zwei verbleibenden, früher hergestellten Gebändetypen, die vom KKM nachdokumentiert wurden.

Verschiedene Rohabfälle werden im Hinblick auf eine spätere Behandlung in Räumlichkeiten der kontrollierten Zone, insbesondere im Zwischenlager, unter zulässigen Bedingungen unkonditioniert aufbewahrt. Die konditionierten Abfallgebände werden routinemässig in das Zwischenlager des KKM eingelagert.

2.7 Gesamteindruck aus der Sicht der HSK

Der Zustand der Anlage Mühleberg in Bezug auf die nukleare Sicherheit und den Strahlenschutz sowie die Betriebsführung sind gut. Es ist im Jahr 2000 kein zu klassierendes Vorkommnis aufgetreten.

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

Im Rahmen ihrer Aufsicht hat die HSK während des Betriebsjahres rund 75 Inspektionen durchgeführt, wovon etwa die Hälfte während der Jahresrevision stattgefunden hat. Schwerpunkte der Inspektionen waren der Be-

trieb, der Strahlenschutz, die Wiederholungsprüfungen und die Edelmetall/Wasserstoffeinspeisung. Die Ergebnisse der Inspektionen wurden dem Betreiber mitgeteilt und erkannte Verbesserungsmassnahmen von ihm umgesetzt.

Auf dem Gebiet des Strahlenschutzes zeigten die dosisreduzierenden Massnahmen weitere Erfolge. Für einen Siedewasserreaktor erreichte die Kollektivdosis (Eigen- und Fremd-

personal) wieder einen sehr tiefen Wert; es war der tiefste Wert seit Aufnahme des kommerziellen Betriebs. Die Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umgebung lagen deutlich unterhalb der behördlich festgelegten Grenzwerte. Damit ergab sich eine unbedeutende Strahlendosis für die Bevölkerung.

Die von internationalen Experten der IAEA durchgeführte OSART-Mission hat die sichere Betriebsführung bestätigt.

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 2000 eine Arbeitsausnutzung von 92,3% und eine Zeitverfügbarkeit von 92,2%. Der geplante Revisionsstillstand dauerte 27 Tage und ist damit Hauptursache der Nichtverfügbarkeit der Anlage. Im Berichtsjahr lieferte die Anlage 174 GWh Prozesswärme für die Versorgung der nahe gelegenen Kartonfabrik.

Der Anlagebetrieb wurde durch drei geplante Abststellungen des Reaktors kurz nach dem Revisionsstillstand auf Grund der Notwendigkeit von Wuchtläufen am ausgetauschten Generator unterbrochen. Sonstige geringfügige Leistungsreduktionen ergaben sich nur im

Zusammenhang mit periodischen Funktionsprüfungen.

Im Berichtszeitraum erfolgte keine ungeplante Reaktorschnellabschaltung. Dies ist bereits das 10. Jahr in Folge ohne Reaktorschnellabschaltung und weltweit ein herausragendes Ergebnis.

3.2 Anlagensicherheit

3.2.1 Besondere Vorkommnisse

Auf Grund der Richtlinie R-15, Berichterstattung über den Betrieb von Kernkraftwerken, wurde kein Vorkommnis der Klasse B bzw. der Stufe 0 oder höher gemäss der internationalen Bewertungsskala INES zugeordnet (siehe Kapitel 11 sowie Anhang Tabelle B2).

3.2.2 Arbeiten während des Stillstands zum Brennelementwechsel

Im Stillstand vom 8. Juli bis 4. August 2000 wurden alle geplanten Tätigkeiten wie Brennelementwechsel, Inspektionen, zerstörungsfreie Werkstoffprüfungen, Wiederholungsprüfungen an mechanischen und elektrischen Komponenten, Funktionsprüfungen, Instandhaltungs- und Änderungsarbeiten durchgeführt. Einige wichtige Tätigkeiten seien erwähnt:

- Am Dampferzeuger 10 wurden umfangreiche Oberflächenriss- und Ultraschallprüfungen an Schweißnähten der Wasserkammer und des Mantels sowie an tragenden Teilen durchgeführt. Die Oberflächenrissprüfungen zeigten keine Befunde. Die Ultraschallprüfungen ergaben nur unwesentliche Veränderungen gegenüber früheren Prüfungen.
- Bei einer Schweißnaht im Übergangsbereich von der Volumenausgleichsleitung zur Hauptkühlmittelleitung des Primärkreislaufs wurde 1995 mittels Ultraschall eine Anzeige festgestellt, die einen Riss nicht ausschliessen lässt. Im Jahre 1997 wurde der Anzeigenbereich mit einer Potenzialsondenmesseinrichtung versehen. Diese Messtechnik beruht auf der elektrischen Spannungsänderung in einem stromdurchflossenen Bereich infolge Rissbildung oder Risswachstum. Bisher zeigte die

Austausch eines Frischdampf-Abblase-regelventils.

Foto: KKG



Messeinrichtung keine Veränderung der Anzeige. Auch die früher vorgelegte bruchmechanische Bewertung, durchgeführt unter konservativen Annahmen, behält ihre Gültigkeit. Für den Betriebszyklus 2000/01 besteht dadurch keine Einschränkung für den sicheren Betrieb der Anlage.

- An austenitischen Rohrleitungen des nuklearen Nachkühlsystems fanden Ultraschall- und Oberflächenrissprüfungen ohne erwähnenswerte Befunde statt.
- An der Hauptkühlmittelpumpe 20 erfolgte die Inspektion der Axial- und Radiallager des Motors und der Pumpe. Am Motor fand eine Grossrevision statt. An den Pumpen 10 und 30 wurden routinemässig die Dichtungen ausgetauscht. An der Pumpenwelle der Pumpe 10 fand die Ultraschallprüfung über die Zentralbohrung statt. Bei allen Aktionen ergaben sich keine neuen Erkenntnisse.
- Die Revision an der Speisewasser-Vorpumpe 1 ergab keine wesentlichen Befunde. An der Speisewasser-Hauptpumpe erfolgte der Austausch der Gleitringdichtungen durch ein neues, bewährtes Fabrikat.
- Die Prüfungen in der Steuerungs- und Leittechnik sowie des Reaktorschutzsystems zeigten keine besonderen Befunde.

Die übrigen Inspektionen und Prüfungen gaben zu keinen Beanstandungen Anlass.

3.2.3 Anlagenänderungen

Im Berichtsjahr sind folgende wesentliche Änderungen durchgeführt worden:

- Als Folge des TMI-Unfalles hat die HSK 1979 eine Reaktordruckbehälter-Niveaumessung verlangt. Die Forderung wurde durch eine Druckdifferenzmessung über die Hauptkühlmittelleitungen erfüllt. Dieses Messsystem hatte sich im Betrieb nicht bewährt und wurde deshalb 1985 stillgelegt und abgesperrt. Im Revisionsstillstand 2000 ist an einigen Stellen dieses Messsystems, unter Manschetten von Mauerdurchführungsabdichtungen, Korrosion festgestellt worden. Umfangreiche Untersuchungen haben ergeben, dass vermutlich das in diesem Nachrüstbereich ursprünglich zur Montage der Manschetten verwendete Klebematerial Verursacher der lokalen Korrosion ist. Bei anderen Messleitungen in denselben Räumen, mit anderen Manschettenfabrikaten und anderen Klebstoffen, ist keine Korrosion aufgetreten.
- Zwei Frischdampf-Abblaseregelventile wurden auf Grund von Verschleisserscheinungen aus-

getauscht. Bei den Inbetriebnahmetests ergab sich bei einer Armatur beim Öffnen ein Ansprechen des Aggregateschutzes, d. h. das benötigte Drehmoment, um die Armatur zu öffnen, war grösser als der eingestellte Schutzwert. Untersuchungen ergaben, dass bei allen drei Abblaseregelarmaturen dieser Aggregateschutz zu tief eingestellt war. Nach der Richtigstellung konnte die Inbetriebnahme der Armatur erfolgreich durchgeführt werden.

- An der An- und Abfahrpumpe 1 wurde zur Verhinderung eines Rückwärtslaufs beim Versagen der Rückschlagklappe eine Rücklauf Sperre nachgerüstet.
- Auf Grund von beobachteten Heissstellen am Generatorstator hat sich KKG entschlossen, diesen im Revisionsstillstand auszuwechseln. Nach dem Statortausch traten erhöhte Schwingungen am Generator auf. Durch Wuchten des Rotors konnten diese verringert werden. Provisorische Versteifungsmassnahmen der Generatorkonstruktion brachten eine weitere Verminderung der Lagerschwingungen. Es ist vorgesehen, beim nächsten Brennelementwechsel definitive Massnahmen zur Behebung der erhöhten Schwingungen durchzuführen.

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 22. Betriebszyklus (2000/01) wurden während des Revisionsstillstandes 44 von insgesamt 177 Brennelementen durch neue ersetzt. Darunter befanden sich 20 Uran/Plutonium-Mischoxid-(MOX)-Brennelemente (Hersteller: Belgonucléaire) und 4 Brennelemente mit wiederaufgearbeitetem Uran als Brennstoff (WAU-Brennelemente). Insgesamt sind im 22. 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 ist.

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. Auf Grund der Messergebnisse wurden 14 Steuerstäbe durch neue oder durch solche ersetzt, die bereits früher eingesetzt waren und gemäss der durchgeführten Prüfung noch funktionstüchtig sind.

3.2.5 Probabilistische Sicherheitsanalyse (PSA) und Accident Management (AM)

Das Erdbebenrisiko wird massgeblich durch die Erdbebengefährdung am Standort bestimmt. Die Methode zur Bestimmung dieser Erdbebengefährdung hat sich in den letzten Jahren vor allem durch die in den USA durchgeführten Studien deutlich weiterentwickelt. Die HSK hat die Werke deshalb im Jahre 1999 aufgefordert, die standortspezifische Erdbebengefährdung neu zu bestimmen. Unter dem Projektnamen PEGASOS (Probabilistische Erdbebengefährdungsanalyse für die KKW-Standorte in der Schweiz) haben die Betreiber nach Vorgaben der HSK die Arbeiten dazu aufgenommen. Das Projekt wird von der Nationalen Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra) geleitet. Die Vorbereitungsarbeiten der HSK für das Projekt PEGASOS umfassen die Unterstützung von paläoseismischen Untersuchungen in Seesedimenten und Tropfsteinhöhlen sowie diverse Stellungnahmen zum Projektplan der Gruppe des Unterausschusses Kernenergie der Überlandwerke (UAK).

Zur Unterstützung der Bewältigung von Kernschmelzunfällen sollen in den nächsten Jahren in allen schweizerischen Kernkraftwerken, trotz den geringen Eintretenswahrscheinlichkeiten für solche Störfälle, technische Entscheidungshilfen (engl. Severe Accident Management Guidance, SAMG) als Erweiterung der Stör- und Notfallvorschriften eingeführt werden. SAMG unterstützt die ausführenden Organe der Notfallorganisation bei der Umsetzung vorbereiteter Strategien für das Unfallmanagement. Die HSK hat 1998 von allen Schweizer KKW die Einführung von SAMG verlangt. Mit einer im Berichtsjahr fertig gestellten Anleitung präzisiert die HSK ihre Forderung.

3.2.6 Alterungsüberwachungsprogramm

Die Alterungsüberwachungsprogramme (AÜP) dienen der Überprüfung der sicherheitsrelevanten Bereiche der Kernanlage auf Alterungsmechanismen, die aus werkstofftechnischer Sicht

zu einer Minderung der Sicherheitseigenschaften führen könnten. Die Resultate führen, falls erforderlich, zur Einleitung von ergänzenden oder vorbeugenden Massnahmen und tragen zur Beurteilung des Anlagezustandes bei.

Im Bereich Maschinentechnik wurden AÜP-Dokumentationen zu den Dampferzeugern und zum Stahlcontainment sowie eine Verfahrens-anweisung zum Alterungsüberwachungsprogramm vorgelegt und von der HSK geprüft. Der Aktualisierungsbedarf der AÜP-Dokumentation für Systeme des Primärkreislaufs wurde mit der HSK im Rahmen von Aufsichtsgesprächen diskutiert. Die HSK hat die Umsetzung von Massnahmen und Prüfungen zur Alterungsüberwachung im Bereich Maschinentechnik in Inspektionen und Fachgesprächen verfolgt.

Im Bereich Bautechnik wurden im KKG Inspektionen mit Schwerpunkt Befestigungskonzept sowie Fachgespräche durchgeführt. Die Vorlage weiterer AÜP-Dokumentation bei der HSK ist vorgesehen. Im Bereich Elektro-



technik wurden vom KKG die AÜP-Dokumentation der Ventil-Stellantriebe erstellt und von der HSK beurteilt.

Die bisher von der HSK geprüfte AÜP-Dokumentation zeigte Ergebnisse, die den sicheren Betrieb in den nächsten Jahren nicht in Frage stellen.

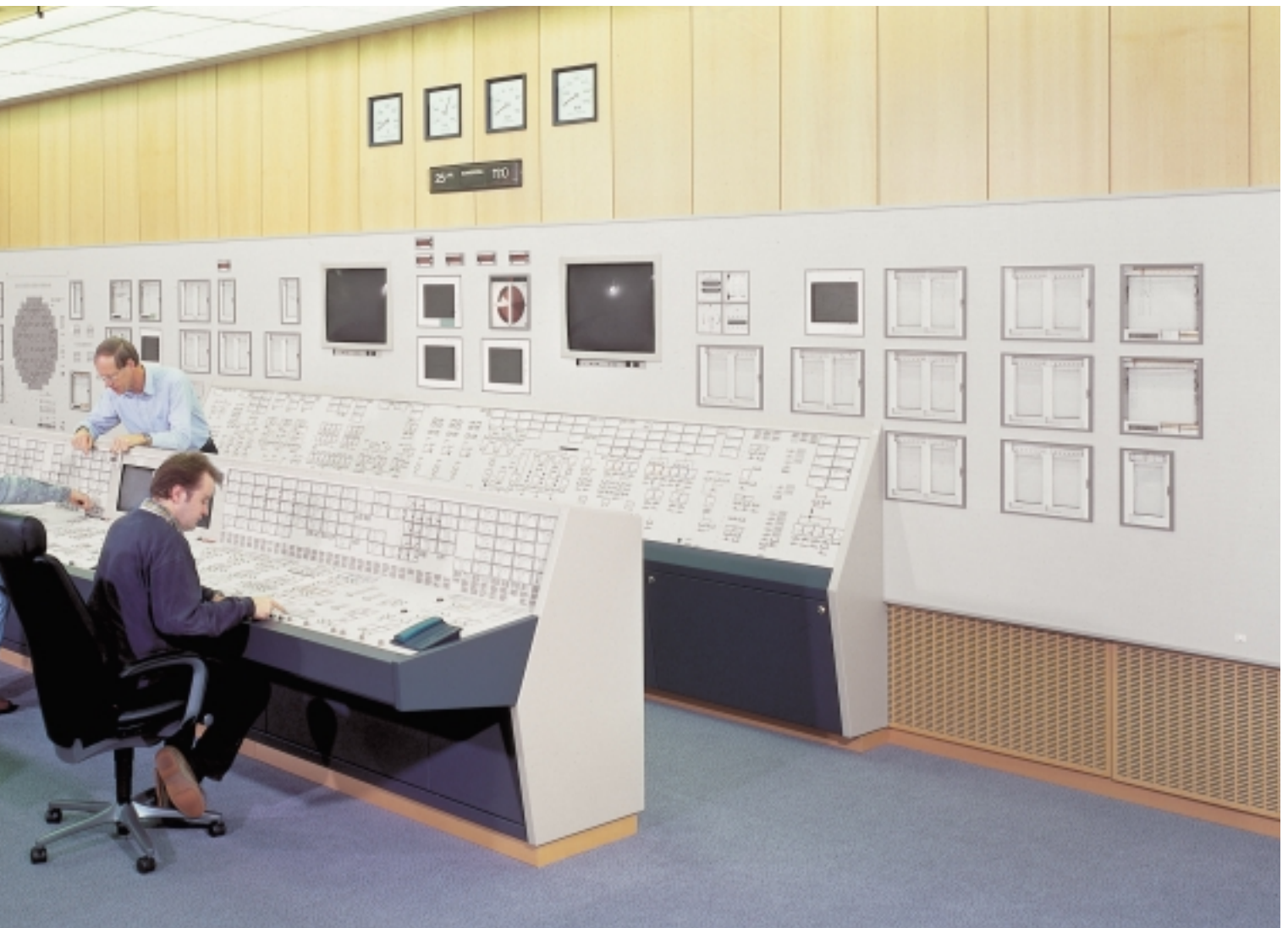
3.2.7 Periodische Sicherheitsüberprüfung (PSÜ)

Der Bericht der HSK zur Überprüfung des KKW Gösgen wurde Ende 1999 fertig gestellt. Die Überprüfung hat bestätigt, dass im KKW Gösgen ein hohes Mass an technischer Sicherheitsvorsorge getroffen ist. Dennoch hat die HSK einige Abweichungen zum heutigen Stand von Wissenschaft und Technik festgestellt. Der Anlagenbetreiber hat von sich aus bereits verschiedene Verbesserungsmassnahmen eingeleitet. In einigen Fällen hat die HSK weitere Massnahmen verfügt. Gegen diese Verfügung hat KKG im Januar 2000 Beschwerde beim De-

partement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) eingereicht. Das Generalsekretariat (GS) des Departements hat eine Anhörung der Parteien durchgeführt, an welcher neue Verhandlungen vereinbart wurden. Diese Verhandlungen ergaben bei elf von insgesamt 16 Forderungen eine Klärung beim Vorgehen, dem genauen Umfang der Forderung sowie der Termine. Zu diesen Forderungen hat KKG die Beschwerde zurückgezogen. Die HSK hat auf Aufforderung des GS-UVEK zu diesen elf Forderungen eine neue Verfügung verfasst. Von den verbliebenen fünf Forderungen hat KKG inzwischen eine erfüllt, und zu den restlichen vier Forderungen wurde die KSA vom GS zu einer Stellungnahme aufgefordert. Zwei dieser Forderungen betreffen die Nachrüstung einer Füllstandsmessung im Reaktordruckbehälter für schwere Störfälle sowie die Nachrüstung eines Reaktorabschaltsignals bei hohem Frischdampfdruck. Weiter sind die Forderungen nach einem Konzept zur Wasserstoffbe-

**Simulator des
Kernkraftwerks
Gösgen.**

Foto: KKG



herrschaft im Containment bei schweren Störfällen und nach einer ferngesteuerten, zeitverzugslosen Auslösung der Sirenen für den Notfallschutz in der Zone 1 noch zu klären. Die Stellungnahme der KSA unterstützt diese vier Forderungen der HSK. Das Verfahren war bei Redaktionsschluss noch nicht abgeschlossen.

3.3 Strahlenschutz

3.3.1 Schutz des Personals

Im Kalenderjahr 2000 (Daten für 1999 in Klammern) wurden im KKG folgende Kollektivdosen ermittelt:

Aktionen	Kollektivdosis Personen-Sv	
Geplanter Stillstand	0,38	(0,63)
Leistungsbetrieb	0,14	(0,17)
gesamte Jahreskollektivdosis	0,52	(0,80)

Die Jahreskollektivdosis ist, gemessen am Arbeitsumfang, sehr tief; es ist der tiefste Wert seit dem kommerziellen Betriebsbeginn. Die höchste im KKG akkumulierte Individualdosis beträgt 11,1 mSv (14,9 mSv) und liegt 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 A9 ersichtlich.

Während der gesamten Berichtsperiode ist eine leichte Personenkontamination aufgetreten, die mit den üblichen Mitteln (Händewaschen, Duschen) nicht unmittelbar entfernt werden konnte. Nach rund einer Woche war der betroffene Mitarbeiter wieder kontaminationsfrei. Es wurde bei ihm keine Inkorporation festgestellt. Die Inkorporationsüberwachung mit den Personenmonitoren ergab keinen Hinweis auf Inkorporationen.

Die Dosisleistung an den Komponenten des Primärkreislaufs ist im Vergleich zum Vorjahr konstant geblieben oder vereinzelt leicht gestiegen. Zur Reduktion der Strahlenexposition wurden während der Revision temporäre Abschirmungen aus Bleiblechen (insgesamt etwa 12 t), vorwiegend um Armaturen, Rohrleitungen und Behälter des Primärkreislaufs aufgebaut. Selbst an 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. Auf Grund von defektfreien Brennelementen war die Konzentration von radioaktivem Iod-131 im Beckenwasser gering.

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

Die HSK überzeugte sich anlässlich strahlenschutzspezifischer 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 2000 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 Tritiumabgaben des KKG betragen etwa 20% des Grenzwertes. 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.

Auf Grund der tatsächlich über die Abluft und das Abwasser abgegebenen radioaktiven Stoffe wird unter ungünstigen Annahmen die Jahresdosis für Einzelpersonen der Bevölkerung in der Umgebung des KKG berechnet. Sie liegt mit etwa 0,001 mSv für Erwachsene und für Kleinkinder deutlich unterhalb des Dosisrichtwerts von 0,2 mSv/Jahr gemäss der 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 A11). 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 Kraftwerkareals 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 Art.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 Kraftwerkpersonal vorschriftsgemäss durchgeführt wurden und dass die Messgeräte korrekte Anzeigen liefern.

Nach Artikel 46 der Strahlenschutzverordnung ist die Anerkennung einer Dosimetriestelle fünf Jahre gültig. Deshalb wurde die Anerkennung der Dosimetriestelle des KKG im Berichtsjahr erneuert. Die HSK stützte sich dabei auf eigene Überprüfungen und auf den Bericht eines externen Experten.

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 an Aerosol- und Jodfiltern sowie an Abwasserproben zeigten eine gute Übereinstimmung der Ergebnisse der beteiligten Labors mit den Werten des Kernkraftwerks Gösgen.

An der von der Eidgenössischen Kommission für Strahlenschutz (EKS) organisierten, jährlich stattfindenden Vergleichsmessung für Personendosimetriestellen hat die Dosimetriestelle des KKG auch im Berichtsjahr wieder teil-

genommen und den Nachweis der am Referenzpunkt (Cs-137) erforderlichen Messgenauigkeit von $\pm 10\%$ erbracht.

3.4 Personal und Organisation

3.4.1 Organisation und Betriebsführung

Im März 2000 hat der neue Direktor seine Aufgaben im KKG übernommen. Die Organisation des KKG hat im Berichtsjahr eine leichte Änderung erfahren, indem das Ressort Nukleartechnik aus der Abteilung Elektrotechnik ausgegliedert und direkt der Direktion unterstellt wurde. Die Werksbelegschaft umfasste Ende Berichtsjahr 377 Personen (1999: 381).

Der Betreiber des KKG ist überzeugt, mit den bestehenden organisatorischen Strukturen auf die bevorstehende Strommarktilberalisierung gut vorbereitet zu sein. Über die Notwendigkeit gewisser Aufgabenbereiche, welche nicht sicherheitsrelevant sind, wird nachgedacht, aber zurzeit sind bei KKG keine speziellen Massnahmen bezüglich Personalbestand und Organisation vorgesehen. Gemäss seiner bewährten Vorgehensweise bei der Personalplanung erhöht KKG die Anzahl der Beschäftigten vorübergehend, um für bevorstehende Pensionierungen genügend Überlappungszeit zur Einarbeitung der Nachfolger zu gewährleisten.

Die Fertigstellung des Qualitätsmanagement-Systems hat sich gegenüber dem ursprünglichen Zeitplan verzögert. Es wurde eine spezielle Stelle für einen Qualitätsverantwortlichen geschaffen und besetzt. Ende Jahr wurden vorhandene Dokumente auf Doppelspurigkeiten und Einheitlichkeit überprüft und entsprechend geändert oder, wo nötig, ergänzt. Das System soll im Jahr 2001 operativ werden. Die HSK verfolgt aufmerksam die Fertigstellung des Systems.

Die Empfehlungen, welche das OSART-Team anlässlich seiner Mission im Jahre 1999 an KKG abgab, wurden vom Werk aufgenommen, und mit der Umsetzung entsprechender Massnahmen wurde begonnen. Der Bericht des OSART-Teams wurde im November 2000 veröffentlicht und ist auch auf der HSK-Homepage des Internets einsehbar. Es ist vorgesehen, dass KKG im Jahre 2002 einer OSART-Nachprüfung unterzogen wird.

Die HSK hat festgestellt, dass die bevorstehende Elektrizitätsmarktöffnung zu keinen Änderungen geführt hat, die die Sicherheit der



Montage des Deckels am Reaktordruckbehälter.

Foto: KKG

Anlage von Gösgen beeinträchtigen. In Inspektionen und Betriebsgesprächen orientiert sich die HSK über Veränderungen in der Organisation, in den Aufgaben des Kaderpersonals, bei der Aus- und Fortbildung des Kraftwerkspersonals, bei Instandhaltungsarbeiten, bei Motivationsmassnahmen für das Personal, bei dem Einsatz und der Auswahl von Fremdfirmen usw.

3.4.2 Personal und Ausbildung

Ein Mitarbeiter des Strahlenschutzes erhielt von der HSK nach erfolgreichem Abschluss eines Kurses an der IHK-Umwelt-Akademie in Freudenstadt, Deutschland, und nach einem Prüfungsgespräch die Anerkennung als Strahlenschutz-Sachverständiger. Der Bestand an lizenziertem Personal ist in Tabelle A2 aufgeführt. Im Berichtsjahr fanden keine Betriebspersonal-Lizenzierungen statt. Die Anerkennung des Strahlenschutzpersonals erfolgt durch die HSK gemäss Strahlenschutz-Ausbildungsverordnung (SR 814.501.261) und HSK-Richtlinie R-37.

Der KKG-Simulator wurde nach den erfolgreich durchgeführten Abnahmetests im April 2000 in Betrieb genommen. Damit steht KKG ein Simulator zur Verfügung, der sich durch ein sehr genaues Abbild der Realanlage auszeichnet. Die lizenzierten Angehörigen der Schichtgruppen absolvierten am Simulator viertägige störfallorientierte Teamtrainings und dreitägige

Teamtrainings zum Normalbetrieb. Für die Pikettingenieure fanden spezielle Kurse statt, in denen sie sich auf ihre Aufgaben als Betreuer der Teamtrainings vorbereiteten und sich für ihre funktionsspezifischen Aufgaben schulten. Die verglichen mit dem früher benutzten GfS-Simulator in Essen verbesserte Anlagentreue des KKG-Simulators wurde gezielt benutzt, um bisher nicht trainierbare Abläufe zu schulen.

Ein Teil des lizenzierten Personals vertiefte seine Kenntnisse im Bereich Thermohydraulik in einem zweitägigen Kurs am Glasmodell in Biblis, welches die Strömungen im Primärkreislauf und im Dampferzeuger sichtbar macht.

In einer grossen Zahl von Kursen bauten Angehörige aller Abteilungen ihr Fachwissen aus, trainierten ihre praktischen und persönlichen Fähigkeiten und schulten ihre Kenntnisse im Strahlenschutz. Speziell erwähnt sei die Schulung des Notfallstabs zu auslegungsüberschreitenden Störfällen und Stabsarbeit. Ausserdem wurde von allen beruflich strahlenexponierten Mitarbeitern des KKG eine eintägige, interne Weiterbildung im Strahlenschutz absolviert, welche werkspezifische Themen sowie generelle Grundlagen des Strahlenschutzes behandelte.

3.5 Notfallbereitschaft

Im November fand im KKG die Sicherungsstabsnotfallübung «Donnerschlag» unter Beobachtung der für die Sicherung zuständigen Fachsektion des BFE statt. Die HSK war ebenfalls mit einem Beobachter beteiligt. Vorbereitung, Durchführung und Nachbearbeitung erfolgten auf Basis der HSK-Richtlinie R-45. Zweck der Übung war neben der Ausbildung des Pikettingenieurs und des Notfallstabes auch die Klärung von Zuständigkeiten bei den sich aus dem Szenario ergebenden Aufgaben in der Zusammenarbeit mit der Polizei.

Die Übungsziele wurden nach Meinung der Behördenbeobachter erreicht.

3.6 Radioaktive Abfälle

Der Anfall an radioaktiven Rohabfällen (vgl. Tabelle A11) war im Berichtsjahr kleiner als in den vergangenen Jahren. Der Grund liegt darin, dass während des Stillstandes keine grösseren Anlagenänderungen vorgenommen wurden. Es wurden zwei Verfestigungskampagnen von

Konzentraten in Bitumen durchgeführt. Im Herbst wurden ferner brennbare Abfälle ins PSI zur Verbrennung geliefert. Die konditionierten Verbrennungsrückstände werden Anfang 2001 zurückgenommen.

Im Berichtsjahr hat die HSK zwei Abfallgebindetypen, die im PSI für KKG hergestellt werden, geprüft und freigegeben. KKG verfügt damit für alle bisherigen Abfallgebindetypen über eine Freigabe gemäss HSK-Richtlinie R-14. Die Spezifikation für einen zukünftigen Gebindetyp ist in Bearbeitung.

Verschiedene Rohabfälle werden im Hinblick auf eine spätere Behandlung in Räumlichkeiten der kontrollierten Zone unter zulässigen Bedingungen unkonditioniert aufbewahrt. Die konditionierten Abfallgebinde werden routinemässig in das Zwischenlager des KKG eingelagert.

3.7 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. Es trat in diesem Jahr kein zu klassierendes Vorkommnis auf.

Die HSK hat ihre Aufsicht unter anderem durch Inspektionen bei Anlagenänderungen, Strangrevisionen, Wiederholungsprüfungen und beim Strahlenschutz während des ganzen Jahres wahrgenommen. Die rund 70 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 erhobene Beschwerde des Kernkraftwerkes Gösgen gegen die Verfügung der HSK konnte weitgehend behandelt werden. Zu vier Forderungen ist das Verfahren beim Generalsekretariat des Departements UVEK noch im Gange.

Die Jahreskollektivdosis für das Eigen- und Fremdpersonal erreichte einen sehr tiefen Wert. Es ist der tiefste Wert seit Aufnahme des kommerziellen Betriebes. Die Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umgebung lagen weit unterhalb der behördlich festgelegten Grenzwerte. Damit sind die Strahlendosen für die Bevölkerung unbedeutend.

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 Anfang 2000 zunächst 1115 MW. Auf Grund der Bewilligung des Bundesrates für die Leistungserhöhung und der Freigaben der HSK hat das KKL die thermische Leistung am 17. März 2000 von 3420 auf 3440 MW und am 11. Oktober 2000 auf 3515 MW erhöht. Die elektrische Nettoleistung beträgt nun 1145 MW. Weitere Daten des Werkes sind in den Tabellen A1 und B3 des Anhangs zu finden; Figur B2 zeigt das Funktionsschema einer Siedewasserreaktoranlage.

Revision einer Hauptkühlwasserpumpe.
Foto: KKL



Die Anlage KKL erreichte in ihrem 16. Betriebsjahr eine Arbeitsausnutzung von 90,2% und eine Zeitverfügbarkeit von 92,9%. Der Revisionsstillstand dauerte in diesem Jahr 25 Tage und trug den Hauptteil zur Nichtverfügbarkeit der Anlage bei. Der Anlagenbetrieb wurde Ende August durch eine ungeplante Reaktorschnellabschaltung unterbrochen. Darüber hinaus fanden kurzzeitige Leistungsreduktionen für Funktionsprüfungen und Steuerstabmusteranpassungen sowie bei Anfahrtests statt.

4.2 Anlagensicherheit

4.2.1 Besondere Vorkommnisse

Gemäss der HSK-Richtlinie R-15, Berichterstattung über den Betrieb von Kernkraftwerken, wurden drei Vorkommnisse der Klasse B und der Stufe 0 auf der internationalen Bewertungsskala INES zugeordnet (siehe Kapitel 11 sowie Anhang Tabelle B2).

- Das erste Vorkommnis war eine Kraftstoffleckage am Druckrohranschluss einer Einspritzpumpe an einem Notstromaggregat des Notstands-systems, die während des monatlichen Testlaufs auftrat. Der Testlauf wurde abgebrochen und der Druckrohranschluss ersetzt. Bei den nachfolgenden Untersuchungen wurde ein Riss am Druckrohranschluss festgestellt, der sich auf Grund eines Herstellungsfehlers ausgebildet hatte. Das Vorkommnis wurde der Klasse B zugeordnet, da bei der Freisetzung von Dieseltreibstoff Brandgefahr besteht.
- Beim zweiten Vorkommnis erfolgte nach einer Generator-Schutzabschaltung die auslegungsgemässe Reduktion der Reaktorleistung auf 60%. Diese Transiente führte wegen einer etwas zu langen Laufzeit des Hotwell-Regelventils zur Abschaltung der Stützdampfversorgung des Speisewasserbehälters. Als Folge kavitierten die Speisewasserpumpen. Dem fallenden Füllstand im Reaktordruckbehälter wirkte die Regelung der Speisewasserpumpen durch Erhöhung der Drehzahl entgegen. Nachdem die Pumpenkavitation beendet war, wurde wegen der hohen Drehzahl der Speisewasserpumpen der Reaktordruckbehälter überspeist, worauf der Reaktor automatisch abschaltete. Das KKL wird nach sorgfältiger Abklärung der Ursachen im Jahr 2001 eine Optimierung der betroffenen Regelsysteme vornehmen.
- Das dritte Vorkommnis betrifft die Brennstabdefekte im 16. Betriebszyklus. Bei den Untersuchungen während des Jahresstillstands im August 2000 wurde festgestellt, dass neun Brennelemente defekt waren. Da Brennstoff ausgewaschen wurde, hat die HSK das Vorkommnis der Klasse B zugeordnet. Die neun Brennelemente wurden ersetzt (vgl. Kapitel 4.2.4).

4.2.2 Arbeiten während des Stillstands zum Brennelementwechsel

Im Revisionsstillstand vom 31. Juli bis zum 25. August 2000 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. Auf Grund der hohen Ortsdosisleistungen an den Umwälzschleifen hat das Prüfpersonal die Prüftätigkeiten zuvor an einem nicht radioaktiven Modell geübt, um die Aufenthaltsdauer für die Prüftätigkeiten im Strahlenfeld zu minimieren. Von den ursprünglich geplanten zehn zu prüfenden Schweißnähten konnten aus Strahlenschutzgründen nur acht geprüft werden. Das mehrjährige Prüfprogramm lässt eine Verschiebung der Prüfung der zwei nicht geprüften Nähte zu. Zwei der acht geprüften Schweißnähte wiesen Anzeigen auf, die von den Prüfern als planare Materialfehler mit Verbindung zur Innenoberfläche beurteilt wurden. Zur Erfüllung der Bedingungen für das Wiederanfahren hat das KKL die Anzeigen bruchmechanisch bewertet und ihre Zulässigkeit für den nächsten Betriebszyklus nachgewiesen. Die HSK hat die bruchmechanische Bewertung geprüft und akzeptiert. Das KKL wird der HSK rechtzeitig vor dem nächsten Revisionsstillstand Vorschläge für die weitere Vorgehensweise unterbreiten.

Weitere Prüfkaktivitäten waren die manuelle Ultraschallprüfung von 22 Schweißnähten und die Oberflächenrissprüfung von sechs Nähten der Speisewasserleitungen, die keine Fehlerbefunde ergaben.

Die drei gedämpften Rückschlagventile im Strang B der Speisewasserleitungen wurden einer internen Rückström-Dichtheitsprüfung unterzogen. Zwei Armaturen zeigten Ergebnisse, die unter der spezifizierten Leckrate lagen. Für die dritte Armatur wurde ein Wert gemessen, der den vorgeschriebenen Wert deutlich überschritt. Daraufhin hat das KKL anhand von Berechnungen nachgewiesen, dass trotzdem alle Grenzwerte aus dem Sicherheitsbericht und den Technischen Spezifikationen eingehalten werden. Die HSK konnte sich dem Nachweis des KKL für den 17. Betriebszyklus anschliessen, stellte jedoch die Forderung, dass unter Zugrundelegung einer umfassenden Störfallbetrachtung die zulässigen Einzelkomponentenleckagen

der Speisewasser-Rückschlagventile vor dem nächsten Jahresstillstand neu ermittelt werden.

Der Kernmantel und andere Reaktoreinbauten wurden mit einer Unterwasser-Videokamera inspiziert. Ausser einem mechanischen Schaden an einem Kerninstrumentierungsrohr ergaben sich keine Befunde. Das defekte Kerninstrumentierungsrohr wurde ausgetauscht.

Das Wanddickenmessprogramm zur Schwachstellenanalyse infolge Erosionskorrosion an Rohrleitungen im Sekundärteil der Anlage wurde fortgesetzt. Das bisherige Programm, bestehend aus visuellen Prüfungen, Ultraschall- und Durchstrahlungsprüfungen, wurde an zahlreichen Komponenten weitergeführt. Besondere Befunde wurden nicht festgestellt.

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

4.2.3 Anlagenänderungen

Wichtige Anlagenänderungen im Berichtsjahr betrafen die seit 1997 laufende Ertüchtigung von sicherheitstechnisch bedeutenden Armaturen mit Motorantrieb. Diese war notwendig, da auf Grund neuer Erkenntnisse die Belastungen im Störfall für die Armaturen grösser sein können als ursprünglich angenommen. Die Ertüchtigung der letzten acht Armaturen betraf u. a. die Erhöhung von Drehmomenten an Gehäuse-schrauben, den Austausch eines Motors und den Ersatz von Stellantrieben. Das Ertüchtigungsprogramm wurde damit abgeschlossen.

Die Tellerfedern an einer der Frischdampf-Abschlussarmaturen wurden ersetzt, da im offenen Zustand die Schieberplatten in der Strömung vibrierten. Dies führte zu Schädigungen für Federn und Führungen zwischen den Platten. Durch den Einbau einer zusätzlichen Feder wird jetzt eine Restkraft im offenen Zustand aufrechterhalten und damit die Vibration unterbunden.

Im Rahmen der Leistungserhöhung musste das Schluckvermögen der Hochdruckturbine vergrössert werden. Dazu wurde der Rotor ausgebaut und die Beschaukelung der ersten drei Leitreiben ersetzt.

In Fortführung der Ertüchtigung der Überwachung der Notstromdieselaggregate wurde auch die Notstromdieselanlage der Division 31 nachgerüstet.

4.2.4 Brennelemente und Steuerstäbe

Im 16. Betriebszyklus (1999/2000) wies der Verlauf der Reaktorwasser- und Abgasaktivität

auf Brennelementschäden hin. Beim Abfahren zum Jahresstillstand und der anschliessenden Dichtheitsprüfung aller Brennelemente wurden neun defekte Brennelemente identifiziert. Eine erste visuelle Inspektion ergab, dass die Mehrzahl der Schäden höchstwahrscheinlich durch Fremdkörperreibung verursacht wurde. Darauf wiesen auch die in etlichen Brennelementen gefundenen Fremdkörper hin. Auf Verlangen der HSK werden detailliertere Inspektionen im Frühjahr 2001 durchgeführt, um die angenommene Schadensursache zu erhärten. (Die inzwischen vorgenommenen Inspektionen bestätigten Fremdkörperreibung als Schadensursache.) Zur Vermeidung fremdkörperbedingter Schäden an den Brennelementen sind gegenwärtig etwa 55% aller Brennelemente mit Fremdkörperfiltern ausgerüstet. Da diese Filter nicht alle Arten von Fremdkörpern zurückhalten, wurden vom KKL zusätzliche Massnahmen ergriffen, um den Eintrag von Fremdkörpern in den Reaktorkühlkreislauf zu verhindern.

Für den Wiedereinsatz der von lokal erhöhter Korrosion betroffenen SVEA96-Brennelemente blieben die speziellen HSK-Kriterien (siehe Jahresbericht 1998) in Kraft. Der Nachweis der Einhaltung dieser Kriterien wurde wie in den Jahren 1998 und 1999 durch umfangreiche Wirbelstrom-Messungen der Oxidschichtdicken im Abstandhalterbereich durchgeführt. Dabei kam ein verbessertes Wirbelstromverfahren zum Einsatz. Die Messergebnisse zeigen, dass die seit 1997 geänderte und strikt kontrollierte Wasserchemie sowie der zunehmende Einsatz besserer Hüllrohrmaterialien sich weiter positiv auswirken. Die Korrosionsrate im Abstandhalterbereich ist heute wieder mit derjenigen in anderen Anlagen vergleichbar. Auf Grund dessen hob die HSK die administrative Begrenzung der Einsatzdauer von SVEA96-Brennelementen auf fünf Einsatzzyklen auf und gestattete die Fortführung des Hochabbrandprogramms mit Testbrennelementen.

Während des Brennelementwechsels wurden 140 der 648 Brennelemente durch frische SVEA96-Brennelemente ersetzt. Bei der Mehrzahl dieser Brennelemente bestehen die Brennstab-Hüllrohre aus Material mit verbessertem Korrosionsverhalten. Teststäbe dieser Ausführung haben im KKL bis einschliesslich 6. Einsatzzyklus eine deutlich geringere Anfälligkeit gegenüber Korrosion im Abstandhalterbereich gezeigt.

Während des Revisionsstillstandes wurden vier Steuerstäbe, darunter ein defekter,

durch neuartige, langlebige Steuerstäbe ausgetauscht.

Im laufenden Zyklus 17 traten bis zum Ende des Jahres 2000 keine Brennelementschäden auf.

4.2.5 Probabilistische Sicherheitsanalyse (PSA) und Accident Management (AM)

Das Erdbebenrisiko wird massgeblich durch die Erdbebengefährdung am Standort bestimmt. Die Methode zur Bestimmung dieser Erdbebengefährdung hat sich in den letzten Jahren vor allem durch die in den USA durchgeführten Studien deutlich weiterentwickelt. Die HSK hat die Werke deshalb im Jahre 1999 aufgefordert, die standortspezifische Erdbebengefährdung neu zu bestimmen. Unter dem Projektnamen PEGASOS (Probabilistische Erdbebengefährdungsanalyse für die KKW-Standorte in der Schweiz) haben die Betreiber nach Vorgaben der HSK die Arbeiten dazu aufgenommen. Das Projekt wird von der Nationalen Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (NAGRA) geleitet. Die Vorbereitungsarbeiten der HSK für das Projekt PEGASOS umfassen die Unterstützung von paläoseismischen Untersuchungen in Seesedimenten und Tropfsteinhöhlen sowie diverse Stellungnahmen zum Projektplan der Gruppe des Unterausschusses Kernenergie der Überlandwerke (UAK).

Zur Unterstützung der Bewältigung von Kernschmelzunfällen sollen in den nächsten Jahren in allen schweizerischen Kernkraftwerken, trotz der geringen Eintretenswahrscheinlichkeit für solche Störfälle, technische Entscheidungshilfen (engl. Severe Accident Management Guidance, SAMG) als Erweiterung der Stör- und Notfallvorschriften eingeführt werden. SAMG unterstützt die ausführenden Organe der Notfallorganisation bei der Umsetzung vorbereiteter Strategien für das Unfallmanagement. Die HSK hat 1998 von allen Schweizer KKW die Einführung von SAMG verlangt. Mit einer im Berichtsjahr fertig gestellten Anleitung präzisiert die HSK ihre Forderung.

Die HSK hat die überarbeitete, in einigen Punkten verbesserte «Human Reliability Analysis (HRA)» der Leibstadt-PSA überprüft. Ferner verlangte die HSK eine aktualisierte Version der Leibstadt-PSA für den Volllastzustand. Der Betreiber hat im Berichtsjahr die PSA-Studie für die Schwachlast- und Stillstandsphase begonnen. Die Arbeit soll im Jahr 2001 abgeschlossen werden.

4.2.6 Alterungsüberwachungsprogramm

Die Alterungsüberwachungsprogramme (AÜP) dienen der Überprüfung der sicherheitsrelevanten Bereiche der Kernanlage auf Alterungsmechanismen, die aus werkstofftechnischer Sicht zu einer Minderung der Sicherheitseigenschaften führen könnten. Die Resultate führen, falls erforderlich, zur Einleitung von ergänzenden oder vorbeugenden Massnahmen und tragen zur Beurteilung des Anlagezustandes bei.

Im Bereich Maschinentechnik wurde die AÜP-Dokumentation aktualisiert und für die sicherheitstechnisch relevanten Systeme ausserhalb des Primärkreislaufs vorbereitet. Die HSK hat die AÜP-Dokumentation geprüft und Zwischenergebnisse sowie die aktuelle Version der Verfahrensvorschrift zum AÜP mit KKL anlässlich von Fachgesprächen diskutiert. Im Rahmen von Inspektionen konnte sich die HSK von der Umsetzung von Prüfungen und Instandhaltungsmassnahmen überzeugen, die die Basis der Alterungsüberwachung der sicherheitsrelevanten Komponenten und Systeme bilden.

Im Bereich Bautechnik ist die weitere Ausarbeitung und Vorlage einer AÜP-Dokumentation durch KKL vorgesehen. Im Bereich Elektrotechnik ist die AÜP-Dokumentation derjenigen elektrischen Komponenten, die eventuellen Störfallbedingungen (hohe Temperatur, Druck und Strahlung) ausgesetzt werden könnten, weitgehend erstellt worden. Für die AÜP-Dokumentation weiterer elektrischer Komponenten sind die Terminpläne ausgearbeitet worden.

Die bisher von der HSK geprüfte AÜP-Dokumentation zeigte Ergebnisse, die den sicheren Betrieb in den nächsten Jahren nicht in Frage stellen.

4.3 Strahlenschutz

4.3.1 Schutz des Personals

Im Kalenderjahr 2000 (Daten für 1999 in Klammern) wurden im KKL folgende Kollektivdosen ermittelt:

Aktionen	Kollektivdosis Personen-Sv	
Geplanter Stillstand	0,69	(0,79)
Leistungsbetrieb	0,29	(0,38)
gesamte Jahreskollektivdosis	0,98	(1,17)

Die Jahreskollektivdosis ist die tiefste seit dem kommerziellen Betriebsbeginn. Die höchste im KKL akkumulierte Individualdosis beträgt 15,9 mSv (13,7 mSv) und liegt 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 A9 ersichtlich.

Während der gesamten Berichtsperiode sind bei sechs Personen Kontaminationen aufgetreten, die nicht mit den üblichen Mitteln (Händewaschen, Duschen) sofort entfernt werden konnten und weiter untersucht wurden. Die betroffenen Personen wurden auf dem Ganzkörperzähler des PSI ausgemessen. In einem Fall konnte durch eine zweite Messung nachgewiesen werden, dass keine Inkorporation stattgefunden hat. In einem anderen Fall konnte eine Inkorporation nicht ausgeschlossen werden. Für die betroffene Person wurde eine Folgedosis von 1 mSv gemäss Dosimetrieverordnung berechnet und registriert. Bei den weiteren Personen ergaben die Untersuchungen Folgedosen kleiner als 1 mSv. Repräsentativ für diese Gruppe wurde eine Person am Paul Scherrer Institut zusätzlich auf Inkorporationen von α -Nukliden ausgemessen. Es wurde kein Hinweis auf eine Inkorporation von α -Nukliden gefunden.

Die Inkorporationsüberwachung mittels Quickcounter ergab, mit Ausnahme der oben erwähnten Fälle, keine Hinweise auf weitere Inkorporationen.

Die mittlere Dosisleistung an den Umwälzschleifen ist im Vergleich zum Vorjahr leicht gestiegen und lag im Stillstand mit 2,32 mSv/h (1999: 2,19 mSv/h) über dem Richtwert der Betriebsbewilligung von 2 mSv/h. Das bedeutet, dass die Dosisleistung an den Umwälzschleifen weiterhin sorgfältig überwacht werden muss. Die Dosisleistungen an den langjährig überwachten Reaktoreinbauten haben sich nur unwesentlich geändert. Der Betrieb der Anlage mit erhöhter Leistung hat bis jetzt keinen negativen Einfluss auf die radiologische Situation gezeigt.

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.

In der Anlage traten keine unzulässigen Kontaminationen auf, wie laufend durchgeführ-

te Kontrollmessungen an Luft- und Oberflächenproben bestätigten. Die im Zusammenhang mit früheren und neueren Brennstoffdefekten durchgeführten Messprogramme zur Bestimmung der Kontamination durch α -strahlende Nuklide wurden weitergeführt. An Orten, an denen eine Kontamination durch α -Nuklide auftreten könnte, wurden Geräte zur direkten Messung von α -Nukliden in der Luft eingesetzt. Es wurde kein am Messgerät eingestellter α -Grenzwert überschritten.

Während des Revisionsstillstands wurden nebst den üblichen Routinearbeiten Wiederholungsprüfungen an acht Schweissnähten der Umwälzschleifen durchgeführt (siehe Kapitel 4.2.2). Ursprünglich umfasste der Prüfumfang zehn Nähte; die Arbeit wurde aber auf Grund strahlenschutztechnischer Überlegungen abgebrochen, da die Dosisleistungen an den zu prüfenden Nähten teilweise drei- bis fünfmal über den Planwerten gelegen hatten. Akkumuliert wurde eine arbeitsspezifische Kollektivdosis von 97 Personen-mSv bei geplanten 84 Personen-mSv. Das Prüfpersonal hätte bei einem weiteren Einsatz eine Dosis über dem Jahresgrenzwert akkumulieren können. Das Wiederholungsprüfprogramm erlaubt es, die Prüfung der zwei verbleibenden Schweissnähte auf nächstes Jahr zu verschieben (vgl. Kapitel 4.2.2). Die Strahlenschutzplanungen für diese Arbeiten müssen in Zukunft von realistischeren Dosisleistungswerten vor Ort ausgehen. Ebenso muss Reservepersonal vorgesehen werden, um bei unerwarteten Umständen alle Prüfungen wie vorgesehen durchführen zu können. 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 anlässlich strahlenschutzspezifischer 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 2000 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 Aeroso-

len, 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.

Auf Grund der tatsächlich über die Abluft und das Abwasser abgegebenen radioaktiven Stoffe wird unter ungünstigen Annahmen die Jahresdosis für Einzelpersonen der Bevölkerung in der Umgebung des KKL berechnet. Sie liegt mit etwa 0,003 mSv für Erwachsene und 0,005 mSv für Kleinkinder deutlich unterhalb des Dosisrichtwerts von 0,2 mSv/Jahr gemäss der 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. Die Produktionsrate in Kernkraftwerken ist primär von der Reaktorleistung abhängig. Die HSK berücksichtigt die abgeschätzten bzw. gemessenen C-14-Abgaben bei ihren Dosisberechnungen (Tabelle A4a und Figur A10), da in Jahren mit geringen Abgaben der übrigen Nuklide die C-14-Abgaben bestimmend für die Dosis werden. KKL führt die C-14-Messungen in den Abgaben aus eigener Veranlassung durch und hat während des Jahres 1998 das System zur Messung von C-14 erneuert und auf Grund der Resultate einer internationalen Vergleichsmessung neu kalibriert. Die Änderung der Kalibrierung in der Mitte des Jahres 1998 führt nun dazu, dass die in Figur A10 dargestellte, errechnete Dosis in den Jahren 1998 und 1999 angestiegen ist. Bei den anderen schweizerischen Kernkraftwerken werden bei der Dosisberechnung für die C-14-Abgaben Erfahrungswerte eingesetzt, die in den nächsten Jahren Gegenstand einer Überprüfung sein werden.

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 A11). Im Nahbereich eines Siedewasserreaktors ist die Ortsdosisleistung durch Direkt- und Streustrahlung aus dem Maschinenhaus erhöht. Die bei den Zaunmessungen quartalsweise von der HSK ermittelten Werte lagen im Rahmen der Vorjahre. Gemessen wurden Dosisleistungen zwischen $0,08 \mu\text{Sv/h}$ (natürlicher Untergrund) und $0,28 \mu\text{Sv/h}$. Dieser Wert ergibt umgerechnet auf ein Jahr und unter Berücksichtigung der Betriebszeit eine Dosis von $1,6 \text{ mSv}$ 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 $2,8 \text{ mSv}$. 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 somit auch im Berichtsjahr eingehalten.

4.3.3 Strahlenschutzinstrumentierung

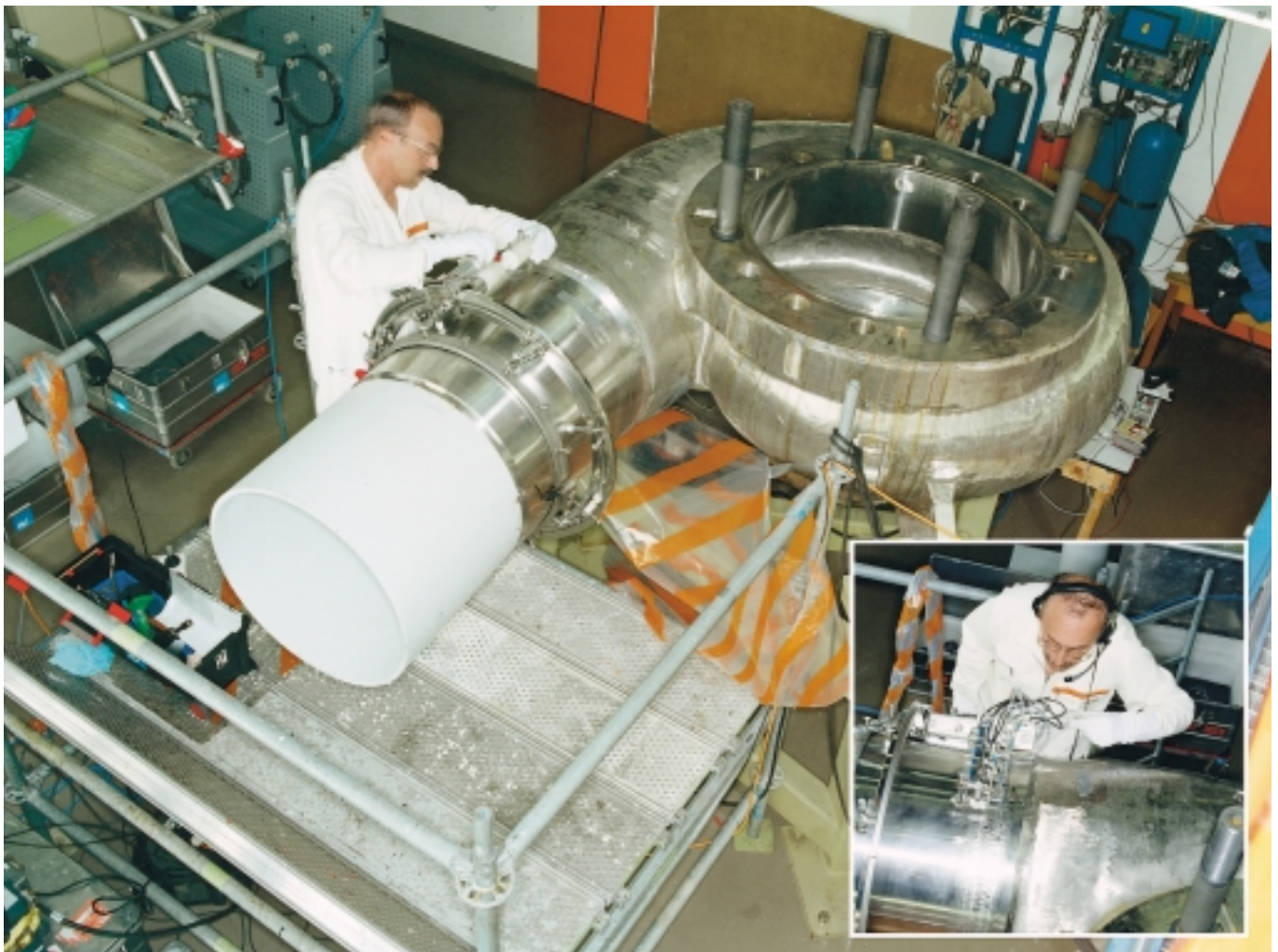
Die Messgeräte zur Überwachung der Aktivitäts- und Strahlenpegel in der Anlage sowie der radioaktiven Abgaben an die Umwelt, die Personenmonitore und die Personendosimetriesysteme wurden von der HSK stichprobenweise inspiziert. Die HSK hat sich anhand der entsprechenden Prüfprotokolle und Dokumente des 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 korrekte Anzeigen liefern.

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 und die halbjährlich durchgeführten Vergleichsmessungen der SUeR an Aerosol- und Jodfiltern sowie an Abwasserproben zeigten eine gute Übereinstimmung der Ergeb-

Schweisssnahtprüfung am Übungsmodell.

Foto: KKL



nisse mit den Werten des Kernkraftwerks Leibstadt.

An der von der Eidgenössischen Kommission für Strahlenschutz (EKS) organisierten, jährlich stattfindenden Vergleichsmessung für Personendosimetriestellen hat die Dosimetriestelle des KKL auch im Berichtsjahr wieder teilgenommen und den Nachweis der am Referenzpunkt (Cs-137) erforderlichen Messgenauigkeit von $\pm 10\%$ erbracht. In der diesjährigen Vergleichsmessung wurden die Dosimeter auch mit niederenergetischen Photonen bestrahlt. Die Dosimetriestelle des Kernkraftwerks Leibstadt besitzt für diese Strahlung ebenfalls die Anerkennung der HSK. Sie hat die diesbezüglichen Anforderungen erfüllt.

Auf Veranlassung der HSK wurden die als Zweitsystem eingesetzten elektronischen Dosimeter durch das Institut de radiophysique appliquée (IRA) in Lausanne am Ende des Vorjahres untersucht. Das Zweitsystem wird von der Aufsichtsbehörde gemäss Strahlenschutzverordnung zur täglichen Überwachung der Personendosis (Warnung im Strahlenfeld) und für die arbeitsspezifische Dosimetrie (Jobdosimetrie) verlangt. Die Untersuchung hat gezeigt, dass die elektronischen Dosimeter für diese Aufgabe geeignet sind.

4.4 Personal und Organisation

4.4.1 Organisation und Betriebsführung

Um für die Strommarkliberalisierung gewappnet zu sein, wurde im Jahr 1999 die Organisation des KKL gestrafft. Zusammen mit der Fertigstellung grösserer Projekte bewirkt dies, dass das KKL in Zukunft weniger Personal benötigt. Der Abbau erfolgt plangemäss durch natürliche Abgänge. Organisatorische Änderungen wurden im Berichtsjahr nicht vorgenommen und sind für die nahe Zukunft auch nicht vorgesehen. Das KKL beschäftigte Ende Berichtsjahr 396 Personen (1999: 401).

Die HSK hat festgestellt, dass die bevorstehende Elektrizitätsmarktöffnung zu keinen Änderungen geführt hat, die die Sicherheit der Anlage von Leibstadt beeinträchtigen. In Inspektionen und Betriebsgesprächen orientiert sich die HSK über Veränderungen in der Organisation, in den Aufgaben des Kaderpersonals, bei der Aus- und Fortbildung des Kraftwerkspersonals, bei Instandhaltungsarbeiten, bei Motivationsmassnahmen für das Personal, bei dem Einsatz und der Auswahl von Fremdfirmen usw.

KKL pflegt seit einiger Zeit eine engere Zusammenarbeit mit KKB in Bereichen, welche für Kernkraftwerke unabhängig von ihren technischen Ausführungen gemeinsam sind. Dies betrifft besonders den Strahlenschutz, die Instandhaltung während des Revisionsstillstands und die Förderung der Sicherheitskultur im Werk.

Zur Selbstbewertung der Sicherheitskultur hat KKL zusammen mit KKB einen Fragebogen entwickelt, mit dem Angehörige des Kaders zu ihrer Einschätzung der Sicherheitskultur im Werk befragt werden sollen.

4.4.2 Personal und Ausbildung

Ein Mitarbeiter wurde zum Reaktoroperateur der Stufe A lizenziert. Ein Elektroingenieur und ein Maschineningenieur bestanden die Lizenzprüfung zum Reaktoroperateur Stufe B. Der Maschineningenieur absolvierte damit die erste Lizenzprüfung im Rahmen der Ausbildung zum Pikettingenieur; der Elektroingenieur schloss so seine Ausbildung im Bereich Betrieb ab, er wird in der Fachabteilung für Elektrotechnik tätig sein. Der Bestand an lizenziertem Personal ist in Tabelle A2 aufgeführt. Die Lizenzierungen von Schichtpersonal und Pikettingenieuren erfolgen unter Aufsicht der HSK und sind in der HSK-Richtlinie R-27 geregelt. Die Anerkennung des Strahlenschutzpersonals erfolgt durch die HSK gemäss Strahlenschutz-Ausbildungsverordnung (SR 814.501.261) und HSK-Richtlinie R-37.

Am KKL-Simulator absolvierte das lizenzierte Schichtpersonal ein viertägiges Teamtraining mit Schwerpunkt Beherrschung von Störfällen, in das auch die Pikettingenieure einbezogen wurden. Ein dreitägiges Teamtraining war auf den Normalbetrieb ausgerichtet. Zur Bedienung des Notstandsystems SEHR, dem speziellen System zur Wärmeabfuhr bei Notfällen, fand eine viertägige individuelle Schulung am Simulator statt.

Eine grosse Anzahl weiterer Kurse diente Angehörigen aller Abteilungen zur Vertiefung des Fachwissens, zur Erweiterung praktischer und persönlicher Fähigkeiten sowie zum Kenntniserhalt im Strahlenschutz. Speziell erwähnt sei die Führungsschulung für das gesamte Kaderpersonal.

4.5 Notfallbereitschaft

Im November wurde im KKL die Werksnotfallübung «Seismo» durchgeführt. Vorbereitung,

Durchführung und Nachbearbeitung erfolgten auf Basis der HSK-Richtlinie R-45. Zweck war die Beübung des Notfallstabes und der Notfallgruppen, wobei Stab und Schicht im Ersatznotfallraum resp. in Ausweichstandorten zu arbeiten hatten.

Das Übungsszenario sah vor, dass ein Erdbeben zu Beschädigungen im Betriebsgebäude und verzögert zu einem Brandausbruch in der Heissen Werkstatt führte. Eine Ölleckage im Bereich einer Speisewasserpumpe entzündete sich und führte zum Versagen der Pumpe und zu einer Leckage der Speisewasserleitung. In der Folge war mit Aktivitätsabgaben über die Maschinenhausabluft an die Umgebung zu rechnen. Ein Nachbeben machte später den Hauptkommandoraum unbenutzbar, was das Abfahren der Anlage von der Notsteuerstelle aus notwendig machte.

Die HSK stellte fest, dass die Führung aus den Ausweichstandorten im Rahmen des Szenarios erfolgreich war und die Übenden die notwendigen Gegenmassnahmen korrekt einleiten konnten. Die Übungsziele sind erreicht worden. Verbesserungsmöglichkeiten in Teilbereichen sind mit dem Werk besprochen worden.

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

4.6 Radioaktive Abfälle

Der Anfall an radioaktiven Rohabfällen (vgl. Tabelle A11) lag im Berichtsjahr im Bereich der Erfahrungswerte vergangener Jahre. In drei Kampagnen (Februar/März, Juni/Juli und November/Dezember) wurden Ionentauscherharze zusammen mit Konzentraten spezifikationskonform zementiert. Brennbare Abfälle wurden im Herbst zum PSI zur Veraschung gebracht. Die konditionierten Verbrennungsrückstände wurden im Dezember vom KKL zurückgenommen.

Das KKL verfügt für alle Typen der gegenwärtig hergestellten Abfallgebände über eine Freigabe gemäss HSK-Richtlinie R-14. Die Spe-

zifikation eines zukünftigen Abfallgebändetyps wird vorbereitet. Im Berichtsjahr hat die HSK die Nachdokumentation eines früher produzierten Gebändetyps geprüft und gutgeheissen. Das KKL hat die Nachdokumentation für einen weiteren früher hergestellten Gebändetyp erstellt, die Letzte ist noch in Bearbeitung.

Verschiedene Rohabfälle werden im Hinblick auf eine spätere Behandlung in Räumlichkeiten der kontrollierten Zone unter zulässigen Bedingungen unkonditioniert aufbewahrt. Die konditionierten Abfallgebände werden routinemässig in das Zwischenlager des KKL eingelagert.

4.7 Gesamteindruck aus der Sicht der HSK

Der Zustand der Anlage Leibstadt in Bezug auf die nukleare Sicherheit und den Strahlenschutz sowie die Betriebsführung sind gut. Die Leistungserhöhung von 109 auf 112% der ursprünglichen thermischen Leistung von 3138 MW war sorgfältig geplant und wurde ordnungsgemäss durchgeführt. Die drei klassierten Vorkommnisse hatten eine geringe Bedeutung für die nukleare Sicherheit.

Im Berichtsjahr hat die HSK rund 65 Inspektionen durchgeführt. Schwerpunkte lagen dabei u.a. während des Revisionsstillstands bei der Inspektion der Brennelemente, der gedämpften Rückschlagventile, der Qualifizierung und Durchführung der Ultraschallprüfungen an den Umwälzschleifen sowie beim Strahlenschutz. Die Ergebnisse der Inspektionen wurden dem Betreiber mitgeteilt, und erkannte Verbesserungsmaßnahmen wurden von ihm bereits bzw. werden noch umgesetzt.

Die Kollektivdosis für das Eigen- und Fremdpersonal erreichte dank dosisreduzierender Massnahmen einen für einen Siedewasserreaktor sehr tiefen Wert von weniger als 1 Sv im Jahr 2000. Es war der tiefste Wert seit der Aufnahme des kommerziellen Betriebes. Die Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umgebung lagen weit unterhalb der behördlich festgelegten Grenzwerte. Damit sind die Strahlendosen für die Bevölkerung unbedeutend.

5. ZENTRALES ZWISCHENLAGER WÜRENLINGEN

5.1 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 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 Inbetriebnahmevorbereitungen durch Prüfung und Freigabe der eingereichten Unterlagen (Pläne, Nachweise, Berechnungen usw.) und durch Inspektionen verfolgt und kontrolliert.

An den Lagergebäuden für hochaktive Abfälle und abgebrannte Brennelemente (HAA/BE-Lager) und für mittelaktive Abfälle (MAA-Lager) sowie an der Heissen Zelle kon-

ten die Bauarbeiten sowie (bis auf wenige kleine Ausnahmen) die Montage der Systeme und Komponenten im Berichtsjahr abgeschlossen werden. Die Vorbereitungen zur Betriebsaufnahme dieser Anlagenteile dauerten länger als vorgesehen und waren Ende 2000 noch nicht abgeschlossen.

Ein wichtiger Aspekt bei der Lagerung von verglasten hochaktiven Abfällen aus der Wiederaufarbeitung und von abgebrannten Brennelementen sind die Wärmeentwicklung der Abfälle und die Auswirkungen der erhöhten Temperatur auf die Gebäudestruktur. Bei einigen der von den Kernkraftwerksbetreibern bestellten Behältertypen sind während der Lagerung Oberflächentemperaturen im Bereich von 100 °C zu erwarten. Zur Zeit der Auslegung der Lagerhalle war, dem damaligen Kenntnisstand entsprechend, ein Wert von 60 °C zugrunde gelegt worden. Die ZWILAG hat deshalb im zweiten Halbjahr 2000 Untersuchungen eingeleitet mit dem Ziel, die Zulässigkeit von Behälter-Oberflächen-

**Luftaufnahme
des Zentralen
Zwischenlagers
Würenlingen**
Foto: ZWILAG



temperaturen höher als 60 °C nachzuweisen. Diese Fragestellung muss vor der Inbetriebnahme des HAA/BE-Lagers gelöst werden. Entsprechende Nachweise sind eine Voraussetzung für die HSK-Freigabe zur Einlagerung von vollbeladenen Transport- und Lagerbehältern.

Gemäss der Planung der ZWILAG (Stand Ende 2000) sollen das HAA/BE- und das MAA-Lager sowie die Heisse Zelle, die Nebengebäude und die Umladestation den Betrieb im Frühjahr 2001 aufnehmen. Sie hat den entsprechenden Freigabeantrag der HSK eingereicht. Im Berichtsjahr hat die ZWILAG auch den Bau der dritten bewilligten Lagerhalle (MAA/SAA-Lager) beschlossen.

Die HSK hat die ZWILAG schon früher darauf hingewiesen, dass für die Abwicklung der Arbeiten und die Einreichung der notwendigen Unterlagen für die Erteilung der Freigabe durch die HSK noch ein hoher Arbeitsaufwand zu leisten ist. Der Personalbestand der ZWILAG ist nach Auffassung der HSK zu knapp bemessen, um Verzögerungen bei der Erteilung der Freigabe vermeiden zu können. Dies trifft für alle Anlagenteile des ZZL zu.

5.2 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 von nicht α -haltigen radioaktiven Abfällen aus Medizin, Industrie und Forschung. Während des Berichtsjahres hat die ZWILAG die Montage der Systeme und der Instrumentierung bis auf wenige, kleinere Ausnahmen abgeschlossen und die Vorbereitungen zur Betriebsaufnahme in die Wege geleitet. Die HSK hat diese Aktivitäten der ZWILAG mittels Prüfung der eingereichten Dokumentation und Inspektionen vor Ort verfolgt und kontrolliert.

Die ZWILAG beabsichtigt, den Betrieb der Konditionierungsanlage im ersten Halbjahr 2001 aufzunehmen. Sie hat die dazu erforderlichen Anträge auf Betriebsfreigabe und auf Freigabe des ersten herzustellenden Abfallgebinderstyps (hochdruckverpresste Abfälle aus dem Betrieb der schweizerischen Kernkraftwerke) gestellt. Die HSK hat die diesbezüglichen Prüf- und Inspektionsarbeiten aufgenommen.

5.3 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 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 zeigte sich, dass die konventionellen, nicht radiologischen Grenzwerte gemäss Luftreinhalteverordnung nicht eingehalten werden konnten. Auch ist die Zufuhr der Abfallfässer in die Brennkammer nicht befriedigend gelöst. Im Verlaufe des Jahres wurden Verbesserungen der Sauerstoffzufuhr in die Ofenkammer und in die Nachbrennkammer vorgenommen. Anfang 2001 wird mit einem weiteren Testbetrieb der Erfolg der eingeleiteten Massnahmen überprüft. Die aufgetretenen Probleme betreffen die nukleare Sicherheit und den Strahlenschutz nicht direkt. Sie führten jedoch zu einer erheblichen Verzögerung des Projekts.

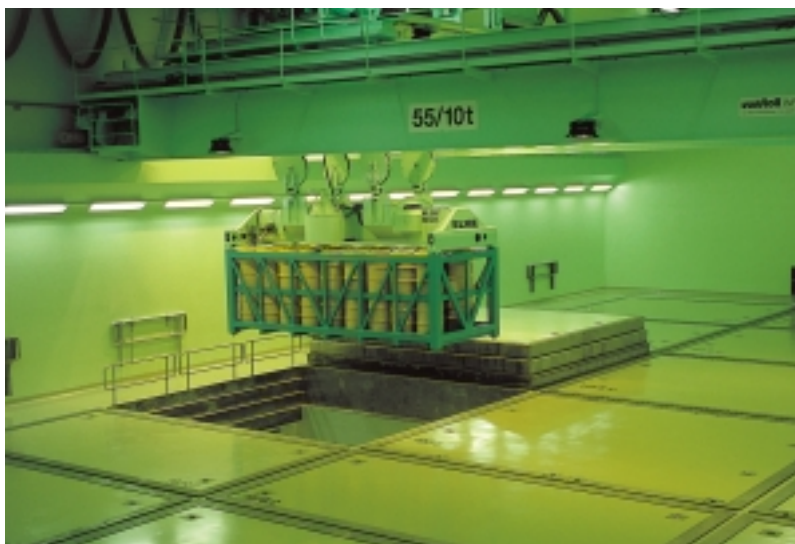
Im Herbst des Berichtsjahres sah sich die ZWILAG ferner veranlasst, den Vertrag mit dem für die Erstellung der Verbrennungs- und Schmelzanlage verpflichteten Generalunternehmer zu kündigen und die Koordination der Arbeiten zur Fertigstellung der Anlage selbst zu übernehmen. Zu diesem Zweck hat die ZWILAG fünf Mitarbeiter der Generalunternehmerfirma angestellt. Dennoch entstand dadurch eine weitere Verzögerung des Projekts. Die Planung der ZWILAG (Stand Ende 2000) zielt darauf hin, im Jahre 2001 die erforderlichen Verbesserungen zu realisieren, einen inaktiven Probetrieb durchzuführen und bei zufriedenstellendem Ergebnis den Antrag auf die Freigabe für den aktiven Betrieb zu stellen.

5.4 Notfallbereitschaft

Im Hinblick auf die Betriebsfreigabe hat die ZWILAG eine Notfallorganisation mit entsprechender Infrastruktur aufgestellt, die der potenziellen Gefährdung durch die Anlagen des ZZL angepasst ist. Das Notfallreglement mit der

weiteren Notfalldokumentation regelt die Funktionen der einzelnen Notfallorgane und schreibt die Massnahmen und Abläufe nach einem postulierten Störfall vor. Die HSK hat die Notfallorganisation geprüft und das Notfallreglement im November 2000 freigegeben. Die Einsatzbereitschaft der Notfallorganisation wird durch jährliche Notfallübungen gewährleistet.

Im März 2000 wurde, gemäss Forderung der HSK in ihrem Gutachten vom August 1999, die erste Stabsnotfallübung «Primeur» vor der Inbetriebnahme des ZZL durchgeführt. Vorbereitung, Durchführung und Nachbearbeitung dieser Notfallübung erfolgten auf Basis der HSK-Richtlinie R-45. Zweck der Übung war das Beüben des Notfallstabes mit Einbindung von



**Probetrieb mit
nicht radioaktiven
Abfallgebinden
im MAA-Lager.**

Foto: ZWILAG

externen Unterstützungsorganisationen sowie die Überprüfung der neu erstellten Notfallunterlagen auf ihre Zweckmässigkeit im Anforderungsfall. Die HSK stellte fest, dass die Übungen im Rahmen der Stabsarbeit die notfallbedingten Folgen korrekt abschätzten und die notwendigen Gegenmassnahmen korrekt ergriffen. Die Übungsziele sind erreicht worden. Verbesserungsmöglichkeiten in Teilbereichen sind mit der ZWILAG besprochen worden.

5.5 Abfälle aus der Wiederaufarbeitung

In La Hague (Frankreich) wird abgebrannter Brennstoff aus schweizerischen Kernkraftwerken durch die Firma COGEMA im Rahmen der abgeschlossenen Verträge wiederaufgearbeitet. Produktionsberichte der COGEMA zeigen auch für das Jahr 2000, dass die Menge der ent-

stehenden Abfälle kleiner ist, als gemäss der Spezifikationen zu erwarten war. Die entsprechende Wiederaufarbeitungsanlage 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 konnte die HSK feststellen, dass die Voraussetzungen betreffend die Abfallspezifikation vollständig erfüllt sind. Für jede Glaskokille ist der Nachweis zu erbringen, dass sie spezifikationskonform ist und unter der Rücknahmepflicht steht. Die Prozedur zur Erbringung dieses Nachweises wurde im Berichtsjahr von den schweizerischen Kernkraftwerksbetreibern vorgeschlagen. Die HSK hat diese Vorschläge geprüft, die notwendigen Ergänzungen und Anpassungen gefordert und die bereinigte Prozedur in Kraft gesetzt. Die Rückführung der ersten Glaskokillen wird im Jahr 2001 stattfinden. Es wird sich um Glaskokillen aus der Wiederaufarbeitung von Brennstoff aus den Kernkraftwerken Gösgen und Beznau handeln.

BNFL hat vorgeschlagen, die bei der Wiederaufarbeitung entstehenden schwach- und mittelaktiven Abfälle wegen ihres grossen Volumens in England zurückzubehalten und kompensatorisch an deren Stelle eine volumemässig kleine zusätzliche Menge an verglasten hochaktiven Abfällen den Kunden abzugeben. Da die schweizerischen Kunden der BNFL von diesem Angebot Gebrauch machen wollen und ein entsprechendes Gesuch gestellt hatten, waren von den Behörden verschiedene technische, rechtliche und politische Fragen zu klären. Die von der HSK durchgeführten Untersuchungen zu den technischen Aspekten zeigten, dass die von BNFL vorgeschlagene Substitution aller schwach- und mittelaktiven Abfälle durch verglaste hochaktive Abfälle nicht nur hinsichtlich der eingesparten Transporte, sondern auch hinsichtlich der weiteren Entsorgung sicherheitstechnische Vorteile aufweist. Im Mai 2000 hat das BFE zu den rechtlichen und politischen Fragen Stellung genommen. Das BFE stimmte dem Abfallaustausch und dem anzuwendenden Äquivalenzprinzip grundsätzlich zu und for-

mulierte die Kriterien für die Zulässigkeit eines allfälligen Austausches. Es ist eine schweizerische Lösung für die Entsorgung der hochaktiven Abfälle vorzubereiten. Ferner ist eine Einigung auf Regierungsebene zwischen der Schweiz und Grossbritannien erforderlich und der Austauschvertrag zwischen den betroffenen schweizerischen Kernkraftwerksbetreibern und BNFL ist durch die Regierungen der beiden Staaten zu genehmigen. Ein Abfallaustausch darf für den Bund keine finanzielle Mehrbelastung zur Folge haben.

5.6 Beschaffung von Transport- und Lagerbehältern

Das bewilligte Konzept für die Zwischenlagerung von abgebrannten Brennelementen und von verglasten hochaktiven Abfällen aus der Wiederaufarbeitung besteht darin, diese Abfälle in massiven Transport- und Lagerbehältern (TL-Behältern) einzuschliessen, welche von

den Kernkraftwerken bzw. von den Wiederaufarbeitungsanlagen zum ZZL gebracht und dort in der Behälterlagerhalle (HAA/BE-Lager) aufgestellt werden. Diese TL-Behälter müssen gemäss der bundesrätlichen Bewilligung vom 21. August 1996 sicherheitstechnische Anforderungen erfüllen, die von der HSK in ihrem Gutachten von Dezember 1995 definiert wurden.

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 verglaste hochaktive Abfälle aus der Wiederaufarbeitung 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. Bisher wurden je drei Behälter für abgebrannte Brennelemente und für verglaste Abfälle gefertigt.

6. PAUL SCHERRER INSTITUT

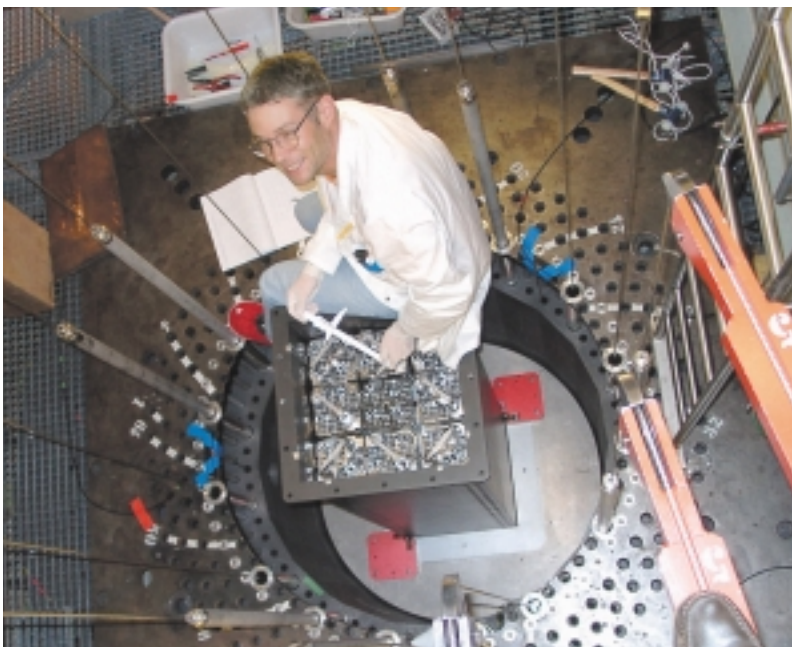
6.1 Das Paul Scherrer Institut (PSI) in Villigen und Würenlingen

Das Paul Scherrer Institut (PSI) ist der Schweiz grösstes Forschungsinstitut für Natur- und Ingenieurwissenschaften. In Zusammenarbeit mit in- und ausländischen Hochschulen, mit anderen Forschungseinrichtungen und mit der Industrie arbeitet das PSI in den Bereichen Festkörperforschung, Materialwissenschaften, Elementarteilchen-Physik, Biowissenschaften, Energieforschung sowie energiebezogene Umweltforschung. Es besteht aus den Arealen PSI-Ost (Würenlingen) und PSI-West (Villigen), welche durch eine Brücke über die Aare miteinander verbunden sind. Die Aufsicht der HSK umfasste bis 30. Juni 2000 die Kernanlagen im Sinne des Atomgesetzes auf dem Areal Ost und diejenigen Einrichtungen auf beiden Arealen, die unter die Strahlenschutzgesetzgebung fallen.

Auf Anregung des ETH-Rats wurde im Jahre 1999 einer Teilung der Aufsicht über das PSI zugestimmt, worauf eine Arbeitsgruppe von Vertretern des PSI, des Bundesamtes für Gesundheit (BAG) und der HSK die Modalitäten der Übergabe formulierte. Jene Anlagen, welche eine Bewilligung nach Atomgesetz haben, bleiben unter HSK-Aufsicht. Bei den anderen

Blick in den Reaktorkern des Forschungsreaktors PROTEUS.

Foto: PSI



Forschungseinrichtungen wird die Aufsicht seit 1. Juli 2000 vom BAG wahrgenommen. Die Strahlenschutzverordnung wurde bereits zu Jahresbeginn 2000 entsprechend angepasst.

Zum Aufsichtsbereich der HSK gehören nun der Forschungsreaktor PROTEUS, das Hotlabor, der stillgelegte Forschungsreaktor DIORIT und der nicht mehr in Betrieb stehende Forschungsreaktor SAPHIR sowie die Entsorgungsanlagen für die radioaktiven Abfälle und das Bundeszwischenlager (BZL).

In der ersten Jahreshälfte beaufsichtigte die HSK wie in den früheren Jahren die zahlreichen Laboratorien, wozu die Radiopharmazie-Einrichtungen zählen, und die Protonen-Beschleunigeranlagen mit der Spallationsneutronenquelle SINQ. In diese Aufsicht wurden Vertreter des BAG als Vorbereitung für eine geordnete Übergabe einbezogen.

6.2 Forschungsreaktoren

6.2.1 PROTEUS

Die Forschungsanlage PROTEUS mit einer maximalen thermischen Reaktorleistung von etwa 1 kW wurde im Jahre 2000 für die experimentelle Bestimmung von neutronenphysikalischen Eigenschaften neuer Leichtwasserreaktor-(LWR)-Brennelemente eingesetzt. Im Rahmen des Versuchsprogramms LWR-PROTEUS I wurden hauptsächlich Spaltratenverteilungen in Uran- und Mischoxid-Brennstoff ermittelt, wozu eine spezielle Messeinrichtung, der Gamma-Scanner, entwickelt worden war. Der Reaktor war im Berichtsjahr 893 Stunden lang eingeschaltet, davon während 36 Stunden mit etwa 1 kW_{th} Reaktorleistung.

Im Berichtsjahr entspannte sich die Personalsituation am PROTEUS leicht. Der Bestand an lizenziertem Personal betrug am Ende der Berichtsperiode drei Reaktorphysiker, einen Reaktortechniker und einen Operateur. Die Ausbildung eines Reaktorphysikers konnte im September 2000 mit Lizenzprüfung abgeschlossen werden.

Die Kollektivdosis der fünf Lizenzträger und weiterer vier Personen wurde im Jahr 2000 zu 3,2 Personen-mSv bestimmt.

Das PSI hat für den PROTEUS einen Sicherheitsbericht eingereicht, der neben unbestrahltem Leichtwasserreaktor-Brennstoff auch bestrahlte Brennstabsegmente im Testkern berücksichtigt. Die HSK hat damit begonnen, die eingereichten Unterlagen zu prüfen. Diese Experimente des Versuchsprogramms LWR-PROTEUS II sollen im Jahr 2001 beginnen.

6.2.2 SAPHIR

Der Forschungsreaktor SAPHIR steht seit Anfang 1994 nicht mehr in Betrieb. Das Kernbrennstofflager des PSI ist im SAPHIR untergebracht. Als Vorbereitung für den Rückbau der Anlage wurde im Berichtsjahr die Vorkonditionierung der Beryllium-Reflektorelemente abgeschlossen (siehe auch Kapitel 6.6.2).

Im Dezember 1998 hat das PSI ein Gesuch um Bewilligung für die Stilllegung des SAPHIR eingereicht. Die HSK hat im Berichtsjahr ein Gutachten zum Stilllegungsbericht des PSI, welcher dem Gesuch beigelegt war, verfasst. Die Bewilligung für die Stilllegung der Anlage wurde am 22. November 2000 vom Bundesrat erteilt. Diese Bewilligung schreibt vor, dass für die Betreuung des abgeschalteten Reaktors und des Kernbrennstofflagers sowie für die Stilllegung der Anlage eine genügende Anzahl fachkundig ausgebildeter Personen zur Verfügung stehen muss. Im Jahre 2000 haben vier Personen im SAPHIR eine Kollektivdosis von 0,5 Personen-mSv akkumuliert. Im betrachteten Zeitraum waren keine meldepflichtigen Vorkommnisse zu verzeichnen.

6.2.3 DIORIT

Die im Jahre 1994 bewilligte Stilllegung des Forschungsreaktors DIORIT, welcher 1977 zum letzten Mal in Betrieb war, konnte im Berichtsjahr weitere Rückbauschritte verzeichnen. Mit 170 überlappenden Kernbohrungen wurde der Abbau des aus Beton bestehenden biologischen Schildes vorbereitet. Werkzeuge und Abschirmungen für die laufenden und noch geplanten Rückbauschritte wurden hergestellt und erfolgreich getestet.

Die Kollektivdosis des Rückbau-Personals (zehn Mitarbeiter) betrug im Berichtsjahr 8,8 Personen-mSv. Die höchste Individualdosis lag bei 2,3 mSv. Meldepflichtige Vorkommnisse waren auch im Jahr 2000 nicht zu verzeichnen.

Das DIORIT-Gebäude wird neben den Stilllegungsarbeiten von zirka 50 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern mehrerer Forschungs-

gruppen als Büro und Labor für nicht nukleare Experimente genutzt. Das gesamte Gebäude mit seinen Abluftanlagen und dem weithin sichtbaren, 70 m hohen Kamin untersteht als Kernanlage der HSK-Aufsicht.

6.3 Hotlabor

Das Hotlabor ist für die Handhabung aller Typen radioaktiver Stoffe (Kernbrennstoffe wie auch aktivierte Materialien) ausgerüstet. Es wird dort seit vielen Jahren sowohl Grundlagenforschung wie auch angewandte Forschung auf dem Gebiet der Materialtechnologie von Kernanlagen und zu einem kleinen Teil auch von Beschleunigern betrieben. Ausserdem steht dieses Labor für qualifizierte Dienstleistungen zur Verfügung. Zu nennen sind sicherheitsrelevante Untersuchungen an Werkstoffen und Brennelementen aus Kernkraftwerken sowie die Bearbeitung von industriellen und medizinischen Strahlenquellen.

Neben einem routinemässig durchgeführten Betrieb war die Nachrüstung des Hotlabors ein Schwerpunkt der Tätigkeit im Berichtsjahr. Dieses umfassende, in acht Bauetappen gegliederte Projekt ist die Folge einer von der HSK geforderten Sicherheitsnachrüstung des Gebäudekomplexes Hotlabor und soll einen sicheren Betrieb für die nächste Zeit ermöglichen. Dabei werden die radiochemischen Labors grundlegend renoviert, unter Berücksichtigung moderner Brandschutzmassnahmen neue Zu- und Abluftführungen geschaffen, Teile der Laboreinrichtung erneuert und das Gebäude zur Beherrschung von Erdbebenauswirkungen verstärkt.

Im Hotlabor ereigneten sich im Jahr 2000 keine meldepflichtigen Vorkommnisse. Für die 55 dosimetrisch überwachten Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Hotlabors ergab sich im Berichtsjahr eine Kollektivdosis von 16,3 Personen-mSv, bei einer höchsten Individualdosis von 1,5 mSv.

6.4 Beschleuniger, Protonenstrahlung und Experimentierareale

Der Betrieb der Beschleunigeranlage mit ihren Experimenten, in die viele interne und externe Forschungsgruppen involviert sind, erfolgte im ersten Halbjahr 2000 ohne nach HSK-Richtlinie R-25 zu klassierende Vorkommnisse.



Ein unbestrahltes LWR-Brennelement wird vorsichtig aus seiner Lagerposition im PROTEUS angehoben.

Foto: PSI

Während des Betriebs der Beschleunigeranlage ergab sich im Berichtsjahr für 86 PSI-Angestellte (ohne Radiopharmazie und medizinische Anwendungen sowie ohne das Personal des Betriebsstrahlenschutzes) eine Kollektivdosis von 21,6 Personen-mSv, wobei einige Personen neben ihrer Tätigkeit am Beschleuniger auch in anderen radiologischen Arbeitsbereichen des Instituts beschäftigt waren. Die höchste Individualdosis dieser Personengruppe betrug 3,1 mSv. Bei der Revision der Beschleunigeranlage in den ersten Monaten des Jahres 2000 wurde für 60 Mitarbeiter eine Kollektivdosis von 17,6 mSv ermittelt, wobei die höchste Individualdosis dieser Aktion bei 5,4 mSv lag. Für etwa 270 in- und ausländische Experimentatoren, Gäste und Besucher wurde im Berichtsjahr eine Dosis von 3,0 Personen-mSv ermittelt.

6.4.1 Spallations-Neutronenquelle (SINQ)

An der Spallationsneutronenquelle des PSI wurden im Berichtsjahr wieder zahlreiche Experimente durchgeführt; weitere Angaben können den PSI-Jahresberichten entnommen werden.

Im ersten Halbjahr 2000 wurden vom PSI keine sicherheitsrelevanten Vorkommnisse an der SINQ gemeldet. Die Personenschutzanlagen von Kühlzentrale, Neutronenleiterbunker, Strahlkeller und Tankraum, welche ein unbeabsichtigtes Betreten von Strahlenbereichen verhindern sollen, erfüllten ihre sicherheitsgerichtete Funktion.

Für 33 Mitarbeiter im SINQ-Anlagenbetrieb wurde im Jahr 2000 eine Kollektivdosis von 1,0 Personen-mSv gemessen, während die 55 Experimentatoren bei der Neutronenstreuung 2,0 Personen-mSv akkumulierten.

6.4.2 Anlagen für medizinische Anwendungen (PET, OPTIS, Protonentherapie) und Radiopharmazie (ZRP)

Das Bundesamt für Gesundheit (BAG) und die HSK koordinierten von 1988, der Gründung des PSI, bis zum 30. Juni 2000 ihre Aufsichtsfunktionen für medizinische Strahlenanwendungen am PSI. Seither übt das BAG die Aufsicht über die Anwendung der Strahlenquellen am Menschen und die anderen Aspekte des Strahlenschutzes, insbesondere für den operationellen Strahlenschutz des Personals, alleine aus.

Das Forschungsprogramm der Anlagen für medizinische Anwendungen kann den Jahresberichten des PSI entnommen werden.

Für das 89 Personen umfassende Personal der Radiopharmakaproduktion und der medizinischen Anwendungen ergab sich im Jahr 2000 eine Kollektivdosis von 13,1 Personen-mSv mit einer höchsten Individualdosis von 3,9 mSv. Von den Einrichtungen PET (Positronenemissionstomographie), ZRP (Zentrum für Radiopharmazie), OPTIS (Therapie von Augenmelanomen), IMR (medizinische Radiobiologie) und der Protonen-Therapieanlage wurde in der ersten Hälfte des Berichtsjahres kein nach HSK-Richtlinie R-25 zu klassierendes Vorkommnis gemeldet.

6.5 Behandlung radioaktiver Abfälle

Im PSI werden vielfältige radioaktive Abfallarten aus Forschungseinrichtungen des Bundes und der Kantone sowie aus dem Bereich Medizin und Industrie und auch aus den

schweizerischen Kernkraftwerken bearbeitet. Dabei werden die Abfälle mittels Konditionierung in eine zwischen- und endlagerfähige Form gebracht.

6.5.1 Freigabeverfahren

Basierend auf den vom PSI erstellten Spezifikationen und den positiven Beurteilungen der Endlagerfähigkeit durch die Nagra hat die HSK im Berichtsjahr die Produktion von zwei neuen Abfallgebindetypen (AGT) und die Endkonditionierung eines Einzelgebindes freigegeben. Ferner hat das PSI im gleichen Zeitraum die Spezifikationen von zwei weiteren Abfallgebindetypen erstellt, die von der Nagra und der HSK noch abschliessend zu beurteilen sind.

Für Abfallgebindetypen zu Abfällen aus den Beschleunigeranlagen des PSI-West und aus dem Hotlabor sind vom PSI noch Spezifikationen sowie das Vorgehen bei der Endkonditionierung von Americium enthaltenden Feuermeldern zu erarbeiten.

6.5.2 Verbrennungsanlage und Abfall-Labor

Die Operationsbox des Abfall-Labors wurde im Berichtsjahr auf den Stand der Technik für die Behandlung α -haltiger Abfälle gebracht. Nach einer Abnahmeinspektion hat die HSK eine Betriebsfreigabe für die Konditionierung solcher Abfälle erteilt.

In der Verbrennungsanlage des PSI wurden im Berichtsjahr während der Verbrennungskampagnen Nr. 41 und Nr. 42 radioaktive Abfälle aus den schweizerischen Kernkraftwerken, dem PSI und dem Bereich Medizin, Industrie und Forschung verbrannt. Die Verbrennungsrückstände (Asche) und die für die Rauchgasreinigung eingesetzten keramischen Filterkerzen, die anlässlich der Verbrennungskampagnen Nr. 40 und 41 angefallen sind, wurden im Abfall-Labor mit Zementmörtel konditioniert und anteilmässig an die Kernkraftwerke zurückgeführt. Die Rückstände aus der Kampagne Nr. 42 wurden in 200-Liter-Fässer verpackt. Sie werden nach der Verbrennungskampagne Nr. 43, die im Jahre 2001 durchgeführt wird, endkonditioniert.

Bei der Abfallbehandlung in der Verbrennungsanlage und dem Abfall-Labor wurde im Berichtsjahr von 14 Personen, davon sechs Mitarbeiter der ZWILAG sowie ein ständig und sieben temporär angestellte PSI-Mitarbeiter, eine Kollektivdosis von 18,7 Personen-mSv akkumuliert; die höchste Individualdosis lag bei 3,1 mSv. In der Verbrennungsanlage wurde im

Dezember 2000 ein meldepflichtiger Vorfall registriert, der in Kapitel 6.8 noch genauer betrachtet wird.

6.5.3 Weitere Abfallkonditionierungen im PSI-Ost

Die Verfestigung von plutoniumhaltigen Flüssigabfällen in 1-Liter-Gebinde nach dem FIXBOX-Verfahren wurde auf Grund der Hotlabornachrüstung (siehe auch Kapitel 6.3) im Februar 2000 unterbrochen. Zu Beginn der Umbauarbeiten wurde die FIXBOX-Anlage gereinigt und verpackt. Wegen der Umbauarbeiten wurden im Berichtsjahr keine weiteren Konditionierungsarbeiten im Hotlabor vorgenommen.

Die aus dem Abbruch der thermischen und biologischen Schilde des DIORIT-Reaktors angefallenen radioaktiven Abfälle (Stahl, Guss-eisen, Beton, Graphit) wurden programmgemäss zerschnitten und in Kleincontainer eingefüllt. Das PSI will zur Zementierung dieser Abfälle Quarzsand vollständig durch zermahlten Graphit ersetzen, welcher beim Abbruch des DIORIT-Reflektors anfallen wird.

6.5.4 PSI-West

Im Berichtsjahr wurden radioaktive Abfälle von Anlagen des PSI-West mit Fernbedienungseinrichtungen zerlegt und in Kleincontainer eingelegt. Die Kleincontainer wurden in den temporären Stapelplatz des PSI-West gebracht.

Ausserdem wurden die beiden ersten verbrauchten SINQ-Targets in spezielle Behälter eingesetzt und die Hohlräume mit einer Blei-Wismuth-Legierung verfüllt. Anschliessend wurden sie verschweisst und in Kleincontainer gestellt. Diese Container sollen im Jahre 2001 in den temporären Stapelplatz gebracht werden.

6.5.5 Materialfreigaben

Aus den kontrollierten Zonen des PSI im Aufsichtsbereich der HSK wurden im Jahr 2000 nicht aktivierte und nicht kontaminierte Materialien mit einer Masse von 793 t, darunter 614 t Stahl und 65 t Beton, zur uneingeschränkten weiteren Verwendung freigegeben. Dazu hat die HSK auch eigene Kontrollmessungen durchgeführt.

6.6 Lagerung radioaktiver Abfälle

6.6.1 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, die zu je neun Stück in Harassen eingelagert werden, und von Kleincontainern (4,5 m³), die zurzeit unkonditionierte Komponenten enthalten, aufgeteilt. Zudem wird eine Platzreserve für die Einlagerung jener Betonfässer freigehalten, die zurzeit auf dem Stapelplatz (PSI-Ost) aufbewahrt werden (siehe auch Kapitel 6.6.2). Der den Harassen mit Standardfässern zugeteilte Raum ist inzwischen zu etwa zwei Dritteln gefüllt. Eine Lage von Containern mit unkonditionierten Komponenten, vorwiegend aus dem DIORIT-Reaktor und dem PSI-West, ist im entsprechenden Raum eingelagert. Vier Lagen von solchen Containern können aufeinander gestapelt werden. Der volumenmässige Gesamtbestand an radioaktiven Abfällen, die am Ende des Berichtsjahres im PSI gelagert werden, ist in Tabelle A11 angegeben.

Das im Jahr 2000 vorgesehene Erstellen einer neuen Fassung des Sicherheitsberichts für das BZL wurde verzögert. Diese neue Fassung soll im Jahr 2001 der HSK zur Begutachtung eingereicht werden und Grundlage für eine neue atomrechtliche Bewilligung des Bundeszwischenlagers sein.

6.6.2 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 Konditionierung 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 und 2000. Die Lagerhalle AB dient auch als Abklinglager für Iod-Abfälle.

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 aus dem DIORIT und ein Behälter mit Be- und BeO-Reflektorelementen des abgeschalteten SAPHIR-Reaktors zwischengelagert.

Auf dem Stapelplatz sind die in Betonfässern verpackten Abfälle bis zur späteren Ver-

bringung ins BZL aufbewahrt. Es handelt sich dabei um alte Gebinde, die ursprünglich für die Meeresversenkung konditioniert wurden, und um in 200-Liter-Fässern konditionierte Hotlabor-Abfälle, die zu Abschirmungszwecken in Betonfässer gestellt wurden. Auf dem Stapelplatz werden vorübergehend auch noch unkonditionierte Abfälle aufbewahrt.

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

6.6.3 Stapelplatz PSI-West

Der temporäre Stapelplatz auf dem West-Areal, in welchem eine Lagerung von Abfällen aus der Beschleunigeranlage in Klein- und Grosscontainern erfolgt, wurde 1996 in Betrieb genommen. Im Berichtsjahr wurden zwei Grosscontainer und fünf Kleincontainer mit unkonditionierten Komponenten eingelagert. Ende 2000 standen drei Grosscontainer und 43 Kleincontainer in diesem Stapelplatz. Die freie Lagerkapazität des Lagers entspricht 70%.

6.7 Notfallbereitschaft

Im November 2000 führte das PSI die Instituts-Notfallübung «Olga 2000» durch. Es handelte sich um eine Evakuationsübung, welche gesamthaft gut verlief und aus Sicht des Sicherheitsdienstes der Bundesverwaltung als Erfolg gewertet worden ist. Im Aufsichtsbereich der HSK fand keine Notfallübung statt.

6.8 Besondere Vorkommnisse

Im Berichtsjahr kam es im PSI zu einem nach HSK-Richtlinie R-25 zu klassierenden Vorkommnis B, welches auf der internationalen Bewertungsskala INES der Stufe 0 zuzuordnen war (siehe dazu Kapitel 11.2 sowie den Anhang Tabelle B2).

Der Vorfall ereignete sich in der Pilotverbrennungsanlage VVA, wo ein temporär angestellter Mitarbeiter den optischen Alarm der Abluftüberwachung als Folge einer defekten Pumpe nicht richtig interpretierte. Dadurch fiel ein Teil der Emissionsmessungen während fünf Stunden aus. Das PSI konnte nachweisen, dass während dieser Zeit die Abgabe radioaktiver Stoffe unter den behördlich vorgegebenen Betriebslimiten lag. Bei einer unmittelbar nach

dem Vorfall durchgeführten Inspektion musste die HSK Ausbildungsmängel feststellen, die vom PSI sofort zu beheben waren.

Das Vorkommnis war sonst von geringer sicherheitstechnischer Bedeutung. Das PSI musste aber eine Schulung der Operateure durchführen, die aktuelle Organisation und Verantwortlichkeiten darlegen sowie den Einsatz von Personal der ZWILAG schriftlich regeln. Darüber hinaus mussten die notwendigen Anpassungen von Betriebsvorschriften und Checklisten vorgenommen werden. Weiter ist im Verlauf des Jahres 2001 noch ein Programm für die regelmässige Wiederholungsschulung des Betriebspersonals zu erstellen und umzusetzen.

Der Betrieb der VVA wurde von der HSK erst wieder freigegeben, als die Behebung der Mängel nachgewiesen wurde

6.9 Strahlenschutz

Der Trend einer abnehmenden Kollektivdosis kann am PSI seit 1996 beobachtet werden und hat sich auch im Berichtsjahr fortgesetzt. Im gesamten PSI wurde im Jahr 2000 eine Strahlendosis von 145,7 Personen-mSv (1999: 195,9 Personen-mSv) akkumuliert, davon im PSI-West 93,4 und im PSI-Ost 52,2 Personen-mSv. Die höchste Einzeldosis, betrug 5,4 mSv (1999: 5,5 mSv) und lag damit unterhalb des Grenzwertes von 20 mSv pro Jahr für beruflich strahlenexponiertes Personal.

Für die Aufgaben des Betriebsstrahlenschutzes aus der Abteilung Strahlenschutz, Sicherheit und Entsorgung (ASE) resultierte im Jahr 2000 eine Kollektivdosis von 10,0 Personen-mSv (1999: 15,7 Personen-mSv). Weitere Angaben zu den Dosen sind in den Tabellen A5 bis A10 enthalten.

Im Berichtsjahr wurde die Bewilligung für die Abgaben radioaktiver Stoffe und die Direktstrahlung aus dem PSI revidiert (HSK-Bewilligung 6/2000 vom 30. Juni 2000), wobei der quellenbezogene Dosisrichtwert für das PSI von 0,2 mSv pro Jahr auf den Dosisanteil von 0,15 mSv pro Jahr reduziert wurde. Gemäss der Strahlenschutzverordnung sind bei der Festlegung des quellenbezogenen Dosisrichtwerts auch die Abgaben radioaktiver Stoffe und die Direktstrahlung aus andern Betrieben am Standort zu berücksichtigen. Durch den Bau und die formelle Inbetriebnahme des Zentralen Zwischenlagers (ZZL) (siehe auch Kapitel 5),

ergab sich diesbezüglich in der unmittelbaren Nachbarschaft des PSI eine wesentliche Änderung. In Zukunft soll die Verbrennung radioaktiver Abfälle nicht mehr am PSI, sondern im ZZL durchgeführt werden. Deshalb wurde dem ZZL ein Dosisanteil von 0,05 mSv pro Jahr zugeordnet, sodass der quellenbezogene Dosisrichtwert von 0,2 mSv pro Jahr für den Standort unverändert bleibt.

In Tabelle A4 sind die Abgaben radioaktiver Stoffe der Anlagen des PSI und die sich daraus nach den Methoden der HSK-Richtlinie R-41 errechnete Dosis für die meistbetroffenen Personen in der Umgebung zusammengestellt. Die Berechnung ergibt im Jahre 2000 gesamt haft eine Dosis von weniger als 0,005 mSv für Kleinkinder und Erwachsene. Das PSI ist auf Grund der Bewilligung für die Abgaben radioaktiver Stoffe und die Direktstrahlung verpflichtet, für die einzelnen Anlageteile und für die

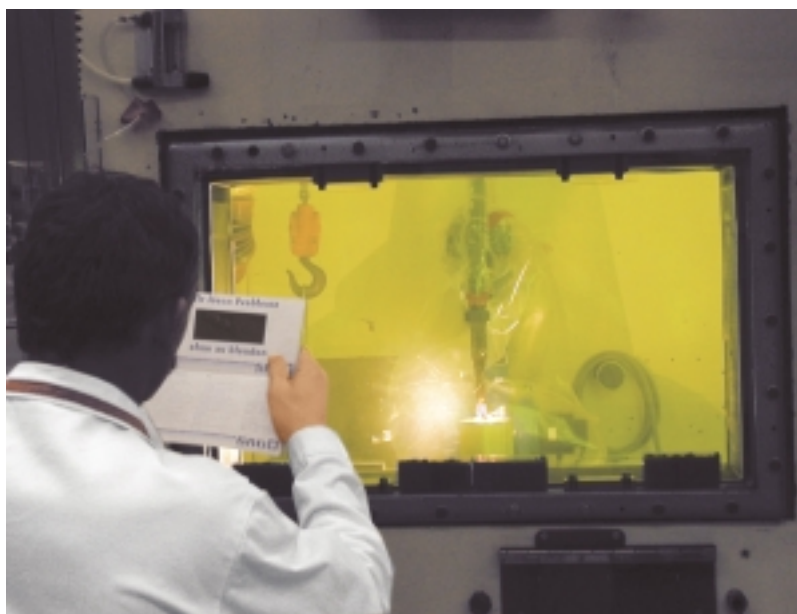
Messung der von einem ausgebauten Segment des biologischen Schildes (DIORIT) ausgehenden Dosisleistung.

Foto: PSI



In einer Hotzelle des PSI-Hotlabors werden Beryllium-Reflektorelemente des Forschungsreaktors SAPHIR zur Vorbereitung der Konditionierung in Stahlbehälter eingeschweisst.

Foto: PSI



bedeutet, dass nach den Dosisberechnungen der HSK keine weiteren Anstrengungen zur Verminderung der radioaktiven Abgaben und der daraus resultierenden Dosis für die Bevölkerung notwendig sind.

Die Personendosimetriestelle des PSI erhielt zu Ende des Jahres 2000 die Erweiterung der Anerkennung für den Einsatz von neu entwickelten, elektronischen DIS-Dosimetern zur Ermittlung der externen Strahlenexposition. Die bis anhin und zum grössten Teil auch weiterhin verwendeten Thermolumineszenzdosimeter (TLD) werden, bedingt durch das physikalische Messprinzip, monatlich oder quartalsweise ausgewertet und dabei auf Null gestellt. Das DIS-Dosimetrie-System erlaubt ein mehrmaliges Auslesen der akkumulierten Dosis, wobei es nicht zwingend auf Null zurückgestellt wird. Deshalb sind DIS-Dosimeter auch für Aufgaben der Jobdosimetrie geeignet.

6.10 Personal und Organisation

Im September 2000 wurden der Abteilung Strahlenschutz, Sicherheit und Entsorgung (ASE), die neben dem Betriebsstrahlenschutz in beiden Aufsichtsbereichen den Rückbau von zwei Forschungsreaktoren bewältigt und die Abfallbewirtschaftung abwickelt, weitere Aufgaben übertragen. Sie trägt nun auch die Verantwortung für die Arbeitssicherheit, den Brandschutz, die Feuerwehr und die Sicherungszentrale. Diese Erweiterung soll unter anderem der Realisierung von koordinierten, kostengünstigen Lösungen dienen.

Nach Meinung der HSK ist die Personalsituation beim Betriebsstrahlenschutz des PSI bezüglich der Anzahl Strahlenschutzspezialisten weiterhin unbefriedigend. Es muss darauf geachtet werden, dass Ressourcen und Aufgaben im Einklang stehen. Die HSK hat deshalb im Rahmen ihrer Aufsicht bei Freigaben Aufgaben zur Strahlenschutzplanung und zum Einsatz des Strahlenschutzpersonals gestellt.

Auf Grund der Verzögerungen bei der Inbetriebnahme des Zentralen Zwischenlagers (ZZL) (siehe Kapitel 5) ist im Bereich der Entsorgungstätigkeiten des PSI der personelle Engpass im Berichtsjahr spürbar geworden. Es werden vermehrt die vom PSI vertraglich verpflichteten Mitarbeiter der ZWILAG gebunden. Das PSI muss noch zeigen, dass es nach Inbetriebnahme des ZZL genügend qualifiziertes Personal für die Bewirtschaftung seiner Abfallentsorgungseinrichtungen haben wird. Neue Arbeiten, die mit dem Anfall radioaktiver Abfälle verbunden sind, können nach Ansicht der HSK in der gegenwärtigen Situation erst dann begonnen werden, wenn die Behandlung, Konditionierung und Zwischenlagerung dieser Abfälle materiell und personell gesichert ist. Dies gilt auch für Projekte im Aufsichtsbereich des BAG (beispielsweise Beschleunigeranlagen, Spallationsneutronenquelle), soweit sie die Entsorgungseinrichtungen am PSI-Ost tangieren.

6.11 Gesamteindruck

Der Zustand der PSI-Anlagen in Bezug auf den Strahlenschutz und die nukleare Sicherheit sowie die Betriebsführung sind gut. Bei der Beurteilung des Betriebes der von der HSK zu beaufsichtigenden Anlagen (seit Mitte des Jahres in reduziertem Umfang) war ein meldepflichtiges Vorkommnis zu verzeichnen, welches geringe

Bedeutung für die nukleare und radiologische Sicherheit hatte. Die am PSI betriebenen Kernanlagen und die anderen beaufsichtigten Einrichtungen und Laboratorien verlangen von den Verantwortlichen und von den Betriebsmannschaften ein hohes Mass an Sicherheitsbewusstsein. Dies muss aus Sicht der HSK permanent und ohne Unterschied der zuständigen Aufsichtsbehörde gefördert und von der Institutsleitung regelmässig verifiziert werden.

Die schon früher von der HSK beanstandete Knappheit an Personal bei der Abteilung Strahlenschutz, Sicherheit und Entsorgung hat sich nicht gebessert. Die HSK hat daher im Rahmen ihrer Aufsicht bei den Freigaben entsprechende Auflagen, wie zum Beispiel die Ausarbeitung detaillierter Strahlenschutzpläne, erlassen und in einzelnen Fällen explizit die Zuteilung verantwortlicher Strahlenschutzfachkräfte gefordert.

7. WEITERE KERNANLAGEN

7.1 Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL)

An der Eidgenössischen Technischen Hochschule (EPFL) in Ecublens bei Lausanne betreibt das Institut de Génie Atomique (IGA) drei Kernanlagen: den Forschungsreaktor CROCUS, die Neutronenquellen LOTUS und das CARROUSEL.

Der Forschungsreaktor CROCUS stand im Jahre 2000 während 286 Stunden für das Praktikum in Reaktorphysik den Studierenden der EPFL, der PSI-Reaktorschule und der Ingenieurschule Genf (EIG) zur Verfügung. Im Berichtszeitraum wurden 124 Wh thermische Energie erzeugt.

Die Leichtwasser-Moderatoranordnung um eine Neutronenquelle (CARROUSEL) diente den Vorbereitungen von Praktikumsarbeiten der Studierenden zur Reaktorphysik. Die Anlage LOTUS, eine beschleunigergetriebene unterkritische 14-MeV-Neutronenquelle, war im Berichtsjahr nicht in Betrieb. Die LOTUS-Kaverne wurde aber für Experimente mit PuBe-Neutronenquellen genutzt.

Der Anlagenbetrieb sowie der Betrieb des Laboratoriums mit einem Arbeitsbereich B erfolgten störungsfrei und ohne meldepflichtige Vorkommnisse nach HSK-Richtlinie R-25. Die Kollektivdosis der zehn Personen, die an den Kernanlagen des Instituts tätig sind, wurde im Berichtsjahr zu 0,0 Personen-mSv bestimmt. Die Abgaben über den Luft- und Abwasserpfad, inklusive Tritium, waren unbedeutend.

7.2 Universität Basel

Der kleine Forschungsreaktor vom Typ AGN-211-P im Untergeschoss des Instituts für Physik der Universität Basel war im Jahr 2000 bestimmungsgemäss für Unterrichtszwecke (Radiophysikpraktikum) im Einsatz. Neben universitätsinternen Aufgaben wurden Bestrahlungen für das kantonale Labor Basel-Stadt durchgeführt. In der Schweiz stehen seit einiger Zeit nur noch zwei kleine Anlagen (diese und CROCUS, siehe Kapitel 7.1) für die Ausbildung zur Verfügung, wobei die Reaktorschule des

PSI und die HTL Brugg-Windisch während dreier Tage ihre Reaktorpraktika in Basel durchführten. Neu wurden im Jahre 2000 auch Kurse einer Basler Strahlenschutzschule abgehalten, wobei die 60 Kursteilnehmer den Reaktor als Neutronenquelle zur Probenaktivierung nutzten. Im Berichtsjahr wurde der Reaktor während 52 Stunden betrieben.

Der Betrieb der Basler Kernanlage erfolgte ohne meldepflichtige Vorkommnisse nach HSK-Richtlinie R-25. Die Kollektivdosis des aus vier Personen bestehenden Reaktorpersonals wurde im Jahr 2000 zu 0,0 Personen-mSv bestimmt.

7.3 Versuchatomkraftwerk Lucens

Sechs Stahlbehälter mit radioaktiven Abfällen aus der stillgelegten Anlage des Versuchatomkraftwerks Lucens (VAKL) sind noch auf einer kleinen Parzelle, die Eigentum der Nationalen Gesellschaft zur Förderung der industriellen Atomtechnik (NGA) ist, gelagert. Das übrige Gelände mit seinen unter- und oberirdischen Gebäuden, das dem Kanton Waadt gehört, wurde umgenutzt und untersteht seit dem Bundesratsbeschluss vom 12. April 1995 nicht mehr der Atomgesetzgebung. Die Sektion Überwachung der Radioaktivität (SUeR) des BAG ist beauftragt, während 30 Jahren die radiologische Überwachung des Geländes vorzunehmen. Die Resultate dieser Überwachung werden im Bericht Umweltradioaktivität und Strahlendosen in der Schweiz vom BAG jährlich veröffentlicht.

Die Abfallbehälter des VAKL hätten im Verlaufe des Jahres 2000 in das Zentrale Zwischenlager der ZWILAG in Würenlingen (vgl. Kapitel 5) überführt werden sollen. Nachdem dieses noch nicht zur Aufnahme bereit steht, ist eine Überführung im Verlaufe des Jahres 2001 vorgesehen. Im Berichtsjahr hat die NGA den Transport der Behälter vorbereitet. Die einzige verbleibende Person der Überwachungsgruppe des VAKL, die als beruflich strahlenexponiert gilt, hat im Berichtsjahr eine Ganzkörperdosis von 0,8 mSv akkumuliert. Es waren keine radiologischen oder sicherheitstechnischen Vorkommnisse zu verzeichnen.

8. TRANSPORT VON RADIOAKTIVEN STOFFEN

8.1 Genehmigungen nach Gefahrgutgesetzgebung

Die schweizerischen Vorschriften über den Transport radioaktiver Stoffe basieren u. a. auf den internationalen Regelwerken über den Transport gefährlicher Güter (ADR/RID). Bei diesen Regelwerken kommen die IAEA-Empfehlungen (SS6)¹ für die sichere Beförderung radioaktiver Stoffe (Gefahrgüter der Klasse 7) zur Anwendung. Die SS6 wurde zusammen mit weiteren internationalen Regelwerken dem Stand von Wissenschaft und Technik angepasst und zwischenzeitlich als ST-1² von der IAEA veröffentlicht. Basierend auf der ST-1 wird das nationale und internationale Transportrecht für Gefahrgüter der Klasse 7 angepasst; es soll im Juni 2001 in Kraft treten, wobei eine Übergangsregelung von 6 Monaten vorgesehen ist.

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 der vom Transport betroffenen Länder einholt. Die Genehmigungen betreffen je nach Fall die Versandstücke und/oder die Beförderung. Der Versender hat sich auch zu versichern, dass alle am Transport beteiligten Unternehmen über die notwendigen behördlichen Genehmigungen und Bewilligungen (vgl. Kapitel 8.2 und 8.3) verfügen.

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 SS6 vorgeschriebenen Anforderungen erfüllt sind. Beförderungsgenehmigungen sind in bestimmten Fällen erforderlich, vor allem wenn die Beförderung auf Grund 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 26 Genehmigungs-gesuche bezüglich Versandstücken oder Beförderungen von der HSK beurteilt.

8.2 Bewilligungen nach Strahlenschutzgesetzgebung

Gemäss Artikel 2 des Strahlenschutzgesetzes vom 22. März 1991 ist das Transportieren von radioaktiven Stoffen eine bewilligungspflichtige Tätigkeit. Die Voraussetzungen für die Erlangung einer solchen Bewilligung sind im Strahlenschutzgesetz und in der Strahlenschutzverordnung vom 22. Juni 1994 festgehalten. Innerhalb des Bundesamtes für Energie (BFE) ist die HSK zuständig für die Erteilung solcher Bewilligungen im Bereich der Kernanlagen. Diese Umgangsbewilligungen haben eine Gültigkeit von mehreren Jahren. Im Berichtsjahr wurden keine Anträge für solche Bewilligungen gestellt.

8.3 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

¹ IAEA-Safety-Series 6: Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material, 1985 Edition (As Amended 1990).

² IAEA Safety Standards Series ST-1: Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material, 1996.

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

Im Berichtsjahr hat die HSK 26 Beurteilungen im Hinblick auf atomrechtliche Transportbewilligungen dem BFE abgegeben. Vier davon betrafen die Ausfuhr von abgebrannten Brennelementen zur Wiederaufarbeitung (siehe Kapitel 8.4). Zehn Beurteilungen bezogen sich auf die Einfuhr von frischen Brennelementen zu den Kernkraftwerken. Die restlichen zwölf Beurteilungen wurden im Zusammenhang mit Transporten von Brennstoffproben oder anderen radioaktiven Quellen zum und vom PSI erstellt.

8.4 Transport abgebrannter Brennelemente

Im Berichtsjahr fanden ab den schweizerischen Kernkraftwerken zwölf Transporte abgebrann-

ter Brennelemente (fünf ab Gösigen, drei ab Beznau, zwei ab Leibstadt und zwei ab Mühleberg) zur Wiederaufarbeitungsanlage der COGEMA in Frankreich statt. Sie erfolgten unter intensiver Aufsicht durch die HSK. Alle diese Transporte wurden ohne nennenswerte Beanstandungen, insbesondere ohne Überschreitung der Kontaminationsgrenzwerte durchgeführt. Dieses zufriedenstellende Ergebnis zeigt, dass die in der HSK-Stellungnahme vom März 1999 (HSK-AN-3504) geforderten Massnahmen zur Vermeidung von Kontaminationen, u. a. durch verstärkte Kontrolle und Reinigung der Transportbehälter, greifen. Die deutliche Verbesserung der Situation ist auf die grössere Sorgfalt und die zielgerichtete Umsetzung der verlangten Massnahmen bei der Durchführung der Transporte zurückzuführen. Anhand von schweizerischen Messungen wurde bestätigt, dass das Bahnpersonal bei den Transporten keiner nennenswerten Strahlenexposition ausgesetzt ist.

Im Oktober 2000 veröffentlichte die HSK eine Zwischenbilanz über die Transporte abgebrannter Brennelemente (HSK-AN-3854), in der die Erfahrungen aus den durchgeführten Transporten analysiert und bewertet werden. Darin stellte die HSK fest, dass das Zusammenspiel

**Spezialfahrzeug
mit leerem
Transport- und
Lagerbehälter
bei Testfahrten
vor dem
Haupteingang
des Zentralen
Zwischenlagers
Würenlingen.**
Foto: ZWILAG



der verschiedenen Massnahmen zur Vermeidung von Kontaminationen führt. Die Analyse zeigte, dass nur wenige Massnahmen einen unwesentlichen Beitrag zum Erreichen des Zieles gebracht haben. Es wurden daher lediglich zwei Massnahmen aufgehoben: das Einpacken des leeren Behälters mit Folien, falls auf Grund der Situation in Frankreich mit Kontaminationen zu rechnen ist, und die Begleitung der Abtransporte abgebrannter Brennelemente durch die HSK. Eine weitere Massnahme wurde gelockert, nämlich der Umfang der an die HSK abzuliefernde Transportdokumentation. Zur weiteren Vertrauensbildung sind HSK und SBB übereingekommen, dass die Kontaminationskontrolle ankommender Transporte an der schweizerischen Grenze sowie die Begleitung abgehender Transporte durch eine Strahlenschutzperson des PSI, inklusive Dosiserfassung, weiterhin erfolgen müssen. Ganzkörpermessungen werden nicht mehr gefordert, den an den Transporten beteiligten Bahnarbeitern wird aber die Möglichkeit für Ganzkörpermessungen offen gehalten.

Wegen der noch kleinen statistischen Basis müssen die bisher erzielten guten Ergebnisse bei den zukünftigen Transporten noch erhärtet werden. Die HSK wird zu gegebener Zeit eine erneute Analyse vornehmen und dann entscheiden, ob die im Jahre 1999 eingeführten Massnahmen genügen oder allenfalls geändert werden müssen resp. können.

Transporte von abgebrannten Brennelementen zur Wiederaufarbeitungsanlage der BNFL (England) wurden im Berichtsjahr nicht durchgeführt. Wegen Mängeln im Sicherheitsmanagement von BNFL hat die HSK im Frühjahr 2000 beschlossen, vorerst keine Gesuche für solche Transporte zu bearbeiten. Sie will sich zu gegebener Zeit vor Ort von der befriedigenden Situation bei BNFL hinsichtlich nuklearer Sicherheit, Strahlenschutz und Qualitätssicherung vergewissern.

8.5 Inspektionen und Audits

Bei der Beförderung radioaktiver Stoffe müssen zur Sicherheit des Transportpersonals und der Bevölkerung die Strahlenschutz- und Trans-

portvorschriften 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, die von der HSK anerkannt wurden. Zur Aufrechterhaltung bzw. Erneuerung der Anerkennung werden in diesen Kernanlagen periodisch Audits durchgeführt. Solche Audits erfolgten im Januar, Februar und März 2000 bei den Kernkraftwerken Gösigen, Mühleberg und Leibstadt sowie im Juli 2000 am PSI. Gestützt auf deren Ergebnisse wurde diesen Kernkraftwerken sowie dem PSI die Anerkennung des QS-Programmes durch die HSK für weitere drei Jahre erneuert. Für das Kernkraftwerk Beznau erfolgte die Erneuerung bereits im Jahre 1999.

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 von 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.

8.6 Ausbildung und Information

Zum zehnten Mal fand im September 2000 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. Des Weiteren führte die Schule für Strahlenschutz im Januar 2000 einen eintägigen Weiterbildungskurs für Strahlenschutzsachverständige für den Versand und Transport radioaktiver Stoffe durch, mit dem Ziel, die Änderungen der ab Juni 2001 gültigen ST-1 der IAEA gegenüber der bisherigen SS6 vorzustellen. An beiden Kursen wirkten Experten der HSK als Lehrkräfte mit.

9. GEOLOGISCHE TIEFENLAGERUNG RADIOAKTIVER ABFÄLLE

9.1 SMA-Lager Wellenberg

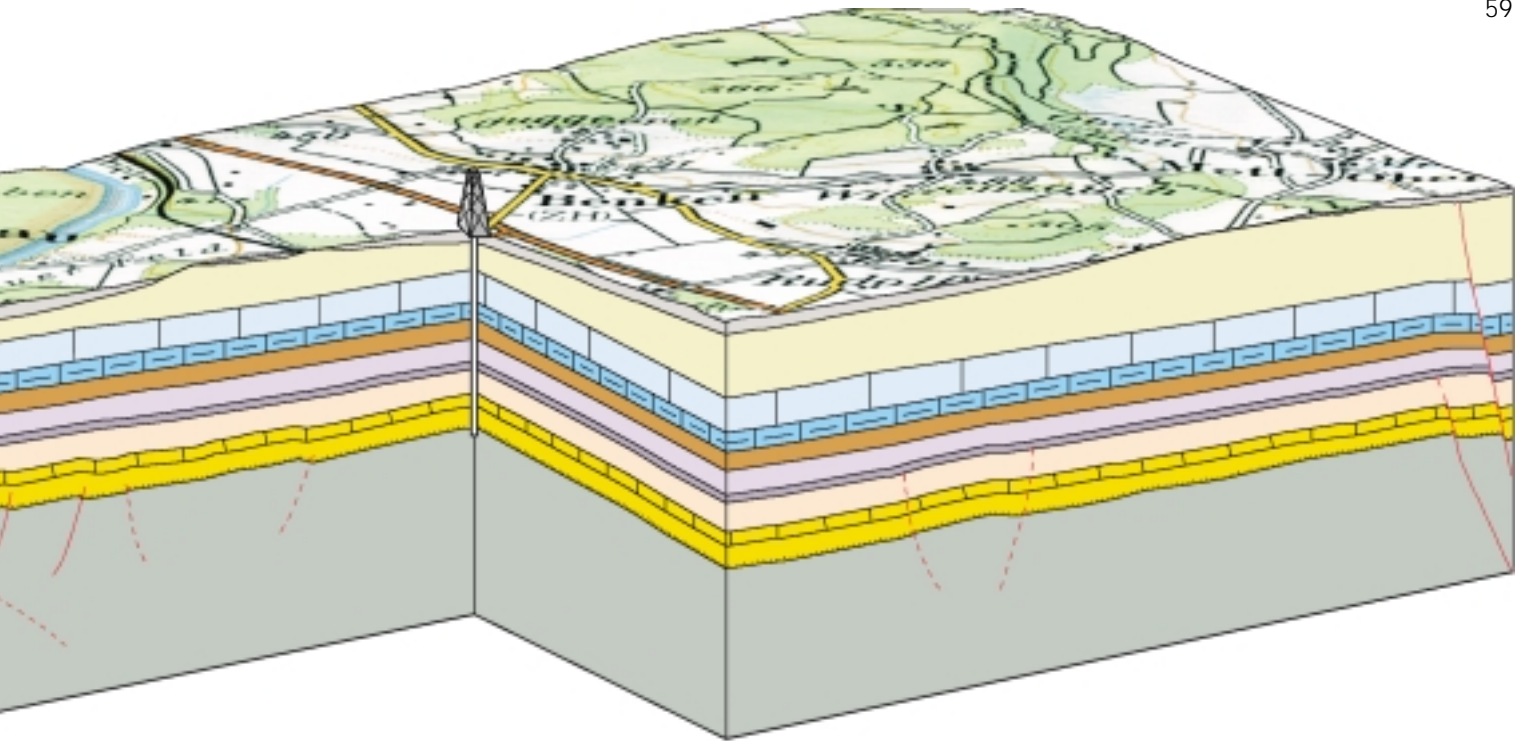
Die vorbereitenden Arbeiten zur Realisierung eines geologischen Tiefenlagers für schwach- und mittelaktive Abfälle (SMA) am Wellenberg im Kanton Nidwalden sind im Berichtsjahr wieder weitergeführt worden. Das Projekt war seit 1995 nach der Verweigerung der notwendigen Konzession des Kantons Nidwalden an die Trägergesellschaft, Genossenschaft für die Nukleare Entsorgung Wellenberg (GNW), gestoppt. Das im Juni 1994 eingeleitete Rahmenbewilligungsverfahren wurde im Juni 1997 vom Departement UVEK sistiert.

Die Begutachtung der Gesuchsunterlagen für die Rahmenbewilligung durch die HSK hatte im Juni 1996 ergeben, dass auf Grund der durchgeführten Untersuchungen die Aussichten gut sind, dass am Wellenberg ein Endlager unter Gewährleistung des notwendigen Schutzes von Mensch und Umwelt errichtet werden kann. Die Notwendigkeit eines Sondierstollens zur Bestätigung dieser Aussichten wurde im Gutachten der HSK hervorgehoben. Die im Juni 1999 vom Departement UVEK eingesetzte «Expertengruppe Entsorgungskonzepte für radioaktive Abfälle» (EKRA) hatte unterschiedliche Entsorgungskonzepte zu vergleichen und Empfehlungen zuhanden des Departements zu erarbeiten (vgl. Kapitel 9.2). Sie stellte hinsichtlich des Wellenbergs in ihrem Bericht von Januar 2000 die voraussichtliche Eignung des Standortes sowohl für ein Endlager gemäss bisherigem Konzept wie auch für eine Anlage nach dem von ihr entwickelten neuen Konzept der kontrollierten geologischen Langzeitlagerung (KGL) fest. Sie empfahl als nächsten Schritt den Bau des Sondierstollens zur Abklärung der Eignung des Standorts.

Im März 2000 fanden zwischen dem Vorsteher des Departements UVEK und der Nidwaldner Regierung Gespräche statt. Dabei wurden die Bedingungen für die Weiterführung des Projekts und ein Zeitplan für die nächsten Schritte bis zum Bau eines Sondierstollens vereinbart. Die technischen Bedingungen betreffen die Anpassung des Lagerprojekts und des Sondierstollens an das neue KGL-Konzept, die

Formulierung von so genannten Ausschlusskriterien und die verbindliche Umschreibung der zur Einlagerung vorgesehenen Abfälle. Ferner ist die Frage der Haftung nach dem Verschluss des Lagers im neuen Kernenergiegesetz zu regeln und die öffentliche Diskussion über die nukleare Entsorgung zu fördern. Bund und Kanton setzen einen politischen Koordinationsausschuss bestehend aus Vertretern der Regierungen der Kantone Nidwalden und Obwalden, der Standortgemeinde Wolfenschiessen und der Direktion BFE ein. Der Kanton Nidwalden setzt ferner eine unabhängige Fachgruppe zu seiner Beratung ein.

Die Projektantin und die Sicherheitsbehörde haben zu den angesprochenen technischen Bedingungen Stellung genommen (GNW im technischen Bericht 00-01 und HSK im Bericht HSK 30/15, beide von November 2000). Die Anpassungen des Lagerprojekts an das KGL-Konzept betreffen insbesondere die verlängerte Offenhaltung der Zugangsstollen zum Lager und die Einrichtung eines sogenannten Pilotlagers. Das Pilotlager soll nach Verschluss der Kavernen des Hauptlagers u.a. eine Überwachung des Verhaltens der Abfälle und der technischen Barrieren über lange Zeiträume erlauben. Das im GNW-Bericht präsentierte, als GNW 2000 bezeichnete, neue Lagerkonzept zeigt die bisherige Umsetzung des KGL-Konzepts. Die von der HSK formulierten Ausschlusskriterien dienen zur Beurteilung der Ergebnisse von Beobachtungen im Sondierstollen. Sie erlauben, auf der Grundlage der im Wirtgestein vorgefundenen Verhältnisse einen Entscheid über die Fortsetzung oder den Abbruch des Projekts zu treffen. Zu den einzulagernden Abfällen unterstreicht die GNW, dass Abfälle ausländischer Herkunft sowie hochaktive und langlebige mittelaktive Abfälle ausgeschlossen sind. Bis auf drei Ausnahmen erfüllen alle zur Einlagerung vorgesehenen SMA-Abfalltypen die Kriterien der IAEA zur Einstufung als kurzlebige Abfälle. Die drei Ausnahmen betreffen Abfalltypen aus Medizin, Industrie und Forschung (MIF). Die HSK hat die GNW aufgefordert, den Entsorgungsweg dieser drei Abfalltypen in einer Optimierungsstudie zu klären.



Legende zum Profil

Quartär

□ Lockergesteine (Quartär)

Tertiär

□ Untere Süsswassermolasse

Mesozoikum

□ Oberer Malm (Kimmeridgian)

□ Unterer Malm (Oxfordian)

□ Höherer Dogger

□ Opalinuston

□ Lias

□ Keuper

□ Oberer Muschelkalk

□ Mittlerer u. unterer Muschelkalk,
Buntsandstein

Grundgebirge

□ Kristallin / Permokarbon

betrifft. Der Koordinationsausschuss bestätigte die Empfehlung der KFW. Das Gesuch wurde im Januar 2001 an den Kanton Nidwalden gestellt.

Im Berichtsjahr wurden am Wellenberg die Langzeituntersuchungen, wie die Grundwasser- und Quellenüberwachung, die Erhebung von Meteorodaten und die Registrierung der Seismizität durch die Nagra plangemäss fortgesetzt.

9.2 Lager für hochaktive Abfälle, vorbereitende Handlungen

Für die Beseitigung der radioaktiven Abfälle schreibt die geltende Gesetzgebung die Endlagerung in geologischen Formationen vor. Mittels passiver technischer und natürlicher Barrieren soll ein zeitlich unbeschränkter Schutz von Mensch und Umwelt gewährleistet werden, ohne dass spätere Überwachungsmaßnahmen erforderlich sind. Diese Konzeption der nuklearen Entsorgung ist umstritten. Deshalb setzte der Vorsteher des UVEK im Juni 1999 die «Expertengruppe Entsorgungskonzepte für radioaktive Abfälle» (EKRA) ein. Die EKRA hatte den Auftrag, verschiedene Entsorgungskonzepte zu vergleichen und entsprechende Empfehlungen an das Departement UVEK abzugeben.

In ihrem Schlussbericht vom 31. Januar 2000 kommt die EKRA zu den Folgerungen: Die geologische Endlagerung ist die einzige

Grafik: Nagra

Die vom Kanton Nidwalden im Juni 2000 eingesetzte «Kantonale Fachgruppe Wellenberg» (KFW) soll die Projektentwicklung begleiten und den Kanton in technischen Fragen beraten. Sie tagte mehrmals und äusserte sich zu den aufgeworfenen Fragen. Sie hat jeweils auch die GNW/Nagra, die HSK und das «Komitee für die Mitsprache des Nidwaldnervolks bei Atomanlagen» (MNA) angehört. Im Dezember 2000 sprach sich die KFW für die Zulassung eines erneuten Konzessionsgesuches der GNW aus, das nur die Erstellung des Sondierstollens

Methode zur Entsorgung der radioaktiven Abfälle, welche den Anforderungen an die Langzeitsicherheit (bis zu mehr als 100 000 Jahren) entspricht. Die gesellschaftlichen Forderungen an die Abfalllagerung orientieren sich am Prinzip der Reversibilität. Die EKRA hat daher das Konzept der «kontrollierten geologischen Langzeitlagerung» (KGL) entwickelt, das Endlagerung und Reversibilität verbindet. Die wesentlichen technischen und operationellen Elemente dieses Konzepts sind Testlager, Hauptlager und Pilotlager. Das Testlager dient zur endgültigen Abklärung der Eignung des gewählten Lagerstandorts. Das Hauptlager nimmt den Grossteil der Abfälle auf. Ein kleiner, aber repräsentativer Anteil der Abfälle wird bis zum Ende einer Beobachtungsphase in das Pilotlager verbracht und dort stellvertretend für die Abfälle im Hauptlager bis zur abschliessenden Verfüllung der Anlage überwacht und kontrolliert. Ein kontrolliertes geologisches Langzeitlager kann innerhalb kurzer Zeit verschlossen und in ein geologisches Endlager überführt werden. Bezüglich der Langzeitsicherheit werden an Standort und Wirtgestein dieselben Anforderungen wie an ein geologisches Endlager gestellt. Die EKRA empfiehlt, die beiden schweizerischen Lagerprojekte weiterzuverfolgen: Sowohl der Standort Wellenberg (für schwach- und mittelaktive Abfälle) als auch das gegenwärtig erkundete Wirtgestein Opalinuston (für hochaktive und langlebige mittelaktive Abfälle) sind auf Grund der heutigen Kenntnisse für ein geologisches Endlager und für ein kontrolliertes geologisches Langzeitlager geeignet.

Die Schlussfolgerungen der EKRA sind im Entwurf des neuen Kernenergiegesetzes, das im Frühjahr 2000 in die Vernehmlassung geschickt wurde, berücksichtigt worden. Sie haben auch massgebend zur Deblokierung des Wellenberg-Projekts beigetragen (vgl. Kapitel 9.1).

Die Arbeiten zum Entsorgungsnachweis für hochaktive und langlebige mittelaktive Abfälle, wie ihn der Bundesrat in seinem Entscheid zum Projekt Gewähr von 1987 forderte, wurden hinsichtlich der Option Opalinuston weitergeführt. Im Zentrum der Arbeiten der Nagra stand die Auswertung der Resultate der Tiefbohrung Benken, die in den Jahren 1999/2000 bis zu einer Endtiefe von 1007 m abgeteuft wurde. Im Bohrloch hat man auch im vergangenen Jahr die Langzeitmessungen der hydraulischen Druckverhältnisse weitergeführt.

Die letzte Phase der geologischen Auswertung der seismischen Aufnahmen im

Zürcher Weinland, die seismostratigraphische Interpretation, wurde im Berichtsjahr abgeschlossen. Es ist mit diesen Arbeiten gelungen, die geologisch/geophysikalischen Eigenschaften der Gesteinsformationen im Bereich der Bohrung auf das gesamte erkundete Gebiet auszuweiten. Es liegen nun Isopachen-, Fazies- und paläogeografische Karten als Grundlage für eine regionale Gebietsabgrenzung vor. Für das Wirtgestein Opalinuston ergaben sich im gesamten Untersuchungsgebiet einheitliche Verhältnisse, die Eigenschaften des Gesteins können deshalb von der Bohrung aus auf das gesamte Untersuchungsgebiet Zürcher Weinland übertragen werden. Auch die Erarbeitung von Langzeitszenarien steht vor dem Abschluss. Diese Arbeiten sollen diejenigen geologischen Vorgänge ermitteln, welche die extremsten Auswirkungen in Bezug auf ein geologisches Tiefenlager in der Region haben.

Die Beurteilung der für die Sicherheitsanalyse notwendigen wissenschaftlichen Grundlagen wurde weitergeführt. Im Besonderen wurde das chemische Verhalten der Oberflächen von Tonmineralien und tonhaltigen Gesteinen überprüft. Dank gezielter experimenteller Studien, bei denen das Paul Scherrer Institut seit einigen Jahren eine führende Rolle einnimmt, sind heute die Art und das Ausmass der chemischen Wechselwirkungen zwischen Radionukliden und Tonoberflächen weitgehend bekannt. Die für die Rückhaltung der Radionuklide zentralen Adsorptionsvorgänge können damit mit hoher Zuverlässigkeit vorausgesagt werden.

Die Koordinationskommission Bohrung Benken lieferte Anfang Jahr dem BFE einen Kurzbericht zuhanden des Departements UVEK ab. Die Kommission stellte fest, dass die Arbeiten sorgfältig ausgeführt und die gesetzlichen Vorschriften und die Auflagen eingehalten wurden. Am 15. März 2000 wurde der Kurzbericht der Kommission dem Ausschuss Bau und Umwelt des Landkreises Waldshut (Baden-Württemberg) vorgestellt und gleichzeitig die Arbeiten in Benken erläutert.

Hinsichtlich der Option Kristallin wurde im April, anlässlich einer Sitzung der aargauischen Regierungsrätlichen Begleitkommission für die Nagra-Arbeiten im Nordaargau, über den Fortschritt der Lagerprogramme informiert. Mit Schreiben vom 12. April 2000 teilte die Nagra dem Bundesrat mit, dass sie das frühere Sondiergesuch für ein Untersuchungsprogramm mit Schrägbohrungen von den Bohrstellen

Leuggern und Böttstein aus zurückziehe. Der Bundesrat sistierte in der Folge das Gesuch, und das BFE forderte die Nagra gleichzeitig auf, die Arbeiten im Sedimentprogramm im Hinblick auf den Entsorgungsnachweis zügig weiterzuführen.

Am 13. April 2000 reichte die Nagra ein Gesuch um Verfüllung der vier verbleibenden Sondierbohrungen in das kristalline Grundgebirge der Nordschweiz (Böttstein, Kaisten, Leuggern und Weiach) ein. Die HSK beurteilte das Gesuch und konnte nach Anhörung der zuständigen kantonalen Stellen am 30. Juni 2000 die Freigabe für die Verfüllungsarbeiten erteilen. Im Oktober wurden die Arbeiten in Böttstein aufgenommen und bis zum Jahresende konnten die Bohrungen Böttstein, Leuggern und Kaisten verfüllt werden. Nach dem Ausbau der Langzeitpackersysteme wurden die Bohrlöcher stufenweise mit Zement verfüllt. Die entsprechenden Aufsichtskommissionen werden nach Abschluss der Berichterstattung der Nagra ihrerseits einen Schlussbericht zur Verfüllung verfassen.

In den Felslabors wurden die Untersuchungen mit zahlreichen Experimenten weitergeführt. Die HSK hat diese Arbeiten mitverfolgt und sich vor Ort über die Ergebnisse informiert. Im Felslabor Grimsel wurde der FEBEX-I-Versuch, mit dem die Aufheizung einer Bentonit-Barriere simuliert wurde, abgeschlossen und mit einem Bericht dokumentiert. Im Rahmen eines EU-Programms konnte der FEBEX-II-Versuch angeschlossen werden, an dem sich 25 Organisationen aus vielen Ländern beteiil-

gen. Bei dieser Erweiterung soll die Beobachtungsphase des Experimentes ergänzt und verlängert werden. Experimente zur Gasmigration und zum Verhalten der Auflockerungszone im Bereich von Stollen wurden ebenfalls erfolgreich zu Ende geführt. Das Migrationsexperiment, bei dem die Sorption von Radionukliden aus dem Kluftwasser ins angrenzende Granitgestein untersucht wurde, konnte mit der Exkavation der Migrationskluft abgeschlossen werden. Die HSK wird nach Vorliegen der Schlussberichte eine Beurteilung der Radionuklidbilanz und der radiologischen Aspekte vornehmen.

Das Felslabor Mont Terri dient zur Untersuchung des Wirtgesteins Opalinuston. Im Berichtsjahr liefen die Experimente der Phase 5, die im Juni zum Abschluss kam. Dabei wurden insbesondere die Experimente zur Wasser- und Gaspermeabilität und zu den Verhältnissen in der Auflockerungszone abgeschlossen. Weiter bildete die Auswertung der felsmechanischen, hydrogeologischen und geochemischen Daten einen Schwerpunkt der Arbeiten. Die Planung der Phase 6 der Untersuchungen wurde vorangetrieben. Dabei bilden die Vorbereitungen für den Grossversuch «Engineered Barrier», bei dem die Wechselwirkung zwischen den technischen Barrieren und dem Wirtgestein abgeklärt werden soll, einen wichtigen Bestandteil des Programms. Die Trägerschaft des Felslabors Mont Terri wurde neu festgelegt, federführend bleibt weiterhin das Bundesamt für Wasser und Geologie (vormals Landeshydrologie und -geologie).

10. LEHRREICHE VORKOMMNISSSE IN AUSLÄNDISCHEN KERNANLAGEN

Von den im Jahre 2000 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.

Dennoch werden im Folgenden einige Vorkommnisse erwähnt, da aus ihnen Lehren gezogen werden, die zur Verbesserung der Sicherheitsvorsorge der schweizerischen Anlagen beitragen können. Im Kapitel 10.1 wird beschrieben, wie der internationale Erfahrungsaustausch erfolgt.

10.1 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 einen eintreffenden ausländischen Vorkommnisbericht 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 (WANOP), welche ihre Mitglieder weltweit über Vorkommnisse informiert.

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 gewinnt die Behörde oder der Betreiber neue Kenntnisse und kann 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 Auswer-

tung lässt sich an der Anzahl tatsächlich aufgetretener Störungen in schweizerischen Anlagen 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. Diese Vorgehensweise, bei der 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.

10.2 Überspeisung des Reaktor-druckbehälters bis zur Frischdampfleitung in einem Siedewasserreaktor

In einem überseeischen Kernkraftwerk erfolgte im Leistungsbetrieb eine störungsbedingte Absperrung einer Speisewasserleitung. Dies verursachte das Absinken des Wasserniveaus im RDB, weshalb eine automatische Reaktorabschaltung und der Start zweier Hochdruck-Einspeisesysteme ausgelöst wurden. In der Folge stieg das Wasserniveau im RDB bis zum Ansprechniveau des Reaktorschutzsignals «Füllstand hoch». Auslegungsgemäss sollen durch dieses Signal beide Einspeisesysteme automatisch abgeschaltet werden, damit sicher vermieden wird, dass Reaktorkühlwasser in die Frischdampfleitung gelangt. Im vorliegenden Fall erfolgte die Abschaltung der einen Hochdruckeinspeisepumpe jedoch erst einige Minuten verzögert. Deshalb stieg der Wasserstand des RDB bis zum Anschlussstutzen der Frischdampfleitungen an und Reaktorkühlwasser drang in die Frischdampfleitung ein. Für diesen Fall ist im KKW eine Vorschrift vorhanden, die auch sofort angewendet wurde. Als erste Mass-

nahme wurden die Frischdampfleitungen durch Ventile abgesperrt. Dadurch konnte der durch die Nachzerfallswärme entstandene Dampf nicht mehr zum Turbinenkondensator abströmen und der Druck im RDB stieg an. Der Operateur öffnete zur Stabilisierung des Druckes im RDB ein Sicherheitsabblaseventil. Jedoch wurde die «Offen»-Stellung des Ventils nicht durch eine Rückmeldung am Kommandopult angezeigt, sodass der Operateur mehrere Ventile betätigte, bis ihm für ein Ventil die erwartete «Offen»-Signalisation angezeigt wurde. In der späteren Analyse zeigte sich, dass alle betätigten Ventile korrekt geöffnet hatten, aber deren Signalisation gestört war. Der Fehler hing mit der Überspeisung des RDB bis in die Frischdampfleitung zusammen. Da die Stellungsanzeige des Ventils indirekt über den Dampfdruck in der Abblaseleitung angezeigt wird, war diese durch den Wassereintritt in die Frischdampfleitungen verfälscht.

Für die Bespeisung des RDB ist bei einer Störung das dampfgetriebene Hochdruckeinspeisesystem vorgesehen. Dieses System konnte von den Operateuren ebenfalls nicht in Betrieb genommen werden. Es wurde deshalb das zweite, elektromotorgetriebene Einspeisesystem periodisch gestartet und wieder gestoppt, um den korrekten Füllstand im RDB zu halten. Zu einem späteren Zeitpunkt konnte das dampfgetriebene Einspeisesystem gestartet werden.

Obwohl das Vorkommnis keine grösseren sicherheitstechnischen Konsequenzen zur Folge hatte, waren wichtige sicherheitstechnische Einrichtungen in ihrer Funktion teil- oder zeitweise gestört oder nicht verfügbar, wodurch die Beherrschung der Störung durch die Operateure erschwert wurde. Die Schweizer Siedewasserreaktoren haben sehr ähnliche Einrichtungen wie das betroffene KKW. Sie wurden daher von der HSK um eine Untersuchung zu ihrem Sicherheitsdispositiv angefragt.

10.3 Unzulässige Bestrahlung eines Arbeiters bei Unterhaltsarbeiten im Anlagenstillstand in einem Druckwasserreaktor

In einem europäischen Kernkraftwerk wurden während des Brennelementwechsels bei entladenen Reaktorkern Vorbereitungsarbeiten für die bevorstehende Containment-Dichtheitsprüfung durchgeführt. Bei dieser Prüfung wird das Containment unter Überdruck gesetzt und danach der zeitliche Druckverlust gemessen,

um aus diesen Daten die Dichtheit des Containments zu errechnen. Sie ist eine wichtige sicherheitstechnische Grösse und muss gemäss der Technischen Spezifikationen periodisch nachgewiesen werden.

Im Rahmen dieser Vorbereitungsarbeiten sollte auch der Raum unterhalb des RDB inspiziert werden, um festzustellen, ob sich in diesem Raum transportable Scheinwerfer befanden. In diesem Raum herrscht auch bei abgeschaltetem Reaktor eine starke Strahlung, weshalb dieser Raum auch mit speziellen Schlössern abgesichert ist. Ein Zutritt ist nur unter Begleitung des betrieblichen Strahlenschutzpersonals zulässig. Dieses besitzt die dafür erforderlichen Schlüssel.

Im Eingangsbereich des Raumes wurde eine sehr hohe Dosisleistung gemessen. Diese war vor allem durch die aus dem RDB ausgefahrenen, stark radioaktiven Neutronenflussmessgeber verursacht. Es wurden zwei Scheinwerfer entdeckt, und geborgen (was ursprünglich nicht vorgesehen war), obwohl das persönliche Dosimeter des Arbeiters sehr rasch Grenzwertalarm gab. Der Arbeiter nahm dies mit Billigung des Strahlenschutzpersonals in Kauf, da man befürchtete, dass die Scheinwerfer bei dem bevorstehenden Druckaufbauversuch im Containment defekt würden. Obwohl die Aktion nur wenige Minuten dauerte, erhielt der Arbeiter eine erhebliche Strahlendosis, die ein Mehrfaches der Jahreslimite betrug. Nach der Aktion informierte der Strahlenschützer seine vorgesetzte Stelle, worauf diese sofort medizinische Abklärungen bei der betroffenen Person veranlasste. Wegen der unzulässig hohen Bestrahlung wurde das Vorkommnis in Stufe zwei der International Nuclear Event Scale (INES) eingestuft.

Der Betreiber zog aus diesem Vorkommnis Lehren auf folgenden Ebenen: Verbesserung der Organisation und des Managements der Zutrittssicherung (2-Schlüssel-Prinzip), Verbesserung der gestaffelten Sicherheitsvorkehrungen vor allem in Bezug auf Schlüsselhandhabung für «rote Zonen» (zuständig ist nun der diensthabende Vizedirektor), bessere Planung von solchen Aktionen und Verbesserung der Ausbildung des Personals in Bezug auf die Bedeutung der Alarme des persönlichen Dosimeters.

In Schweizer Kernkraftwerken ist ebenfalls eine strenge Zonenklassierung und Zugangskontrolle bezüglich Strahlenschutz realisiert. Obwohl heute keine Indikationen für eine Schwachstelle in dem angewandten Sicher-

heitsdispositiv vorliegen, hat die HSK von den Kernkraftwerken eine Untersuchung verlangt, mit einer Bewertung, ob das bestehende Vorgehen auf Grund dieser Erkenntnis noch verbessert werden könnte.

10.4 Reaktorschnellabschaltung mit teilweisem Verlust wichtiger Spannungsversorgungen

In einem amerikanischen Druckwasserreaktor erfolgte im Vollastbetrieb während der routinemässigen Wartung eines Reaktorschutzkanals (dieser wird dabei in Auslösestellung gebracht) durch elektronisches Rauschen das Ansprechen eines anderen Kanals, worauf eine automatische Reaktorschnellabschaltung ausgelöst wurde. Der elektrische Eigenbedarf der Anlage konnte nur durch eine Fremdversorgung realisiert werden. Dies erfolgte durch das Kommandoarbeitspersonal jedoch nicht korrekt, da die dafür vorgesehene Umschaltautomatik auf Handbetrieb geschaltet war (wegen festgestellter Mängel vor zwei Jahren) und keine Betriebsanweisung für den Handbetrieb der Schnellumschaltung vorlag. Daraus entstand ein Notstromfall, aus dem eine automatische Auslösung des Notstromsignals mit dem Start der Notstromdiesel zur Sicherstellung der Eigenbedarfsversorgung erfolgte. Einer der drei gestarteten Notstromdiesel schaltete sich wegen Ansprechens des Überstromschutzes ab und verursachte einen Stromausfall für eine motorgetriebene Reservespeisewasserpumpe, für ein Druckhalterabblaseventil und für die betriebsnotwendigen Instrumentierungstafeln. Später hatte sich auch noch eine Batterie ent-

laden mit der Konsequenz, dass eine Vielzahl der Kommandoarbeitsanzeigen und die Durchflussregelung der dampfgetriebenen Hilfsspeisewasserpumpe ausfielen. Es wurde Alarmstufe 1 (Ungewöhnliches Ereignis) ausgelöst, welche nach etwa zwölf Stunden wieder aufgehoben werden konnte.

Die Organisation der KKW-Betreiber, WANO, hat das Ereignis für ihre Mitglieder in einem speziellen Bericht analysiert und darin detailliert auf die speziellen Lehren hingewiesen. Diese Lehren beziehen sich auf dem Gebiet der Elektrotechnik konkret auf die Handhabung von Schnellumschalteinrichtungen in Stromversorgungseinrichtungen und die Einstellung und Kontrolle der Überstromauslösung sowie der Zuschaltsequenzen von Verbrauchern bei Notstromdieseln. Als allgemeine Lehren werden Verbesserung bei Mitarbeiter-schulungen bezüglich Rückstellung nach Abschaltungen und klare Bedingungen für das Abkühlen der Anlage zur Überprüfung vorgeschlagen. Ausserdem wird empfohlen, Mängel termingerecht zu beheben sowie den Simulator an den aktuellen Anlagenzustand anzupassen.

Der Betreiber eines schweizerischen KKW hat die Analyse des Vorkommnisses bereits abgeschlossen. Der Betreiber kommt zum Ergebnis, dass der Ablauf eines ähnlichen Vorkommnisses in der betreffenden Schweizer Anlage auf Grund von signifikanten Konstruktionsunterschieden praktisch ausgeschlossen wird. Alle angegebenen Lehren werden schon bisher standardmässig angewandt. Die wichtigsten Punkte sind ausserdem durch Behördenforderung abgedeckt (periodische Prüfungen). Mängel bei periodischen Prüfungen sind an die Behörde meldepflichtig.

11. MELDUNG UND BEWERTUNG VON VORKOMMNISSEN IN KERNANLAGEN

11.1 HSK-Richtlinien zur Meldepflicht

Die Richtlinien R-15 (Berichterstattung über den Betrieb Kernkraftwerke) und R-25 (Berichterstattung des Paul Scherrer Institutes sowie der Kernanlagen des Bundes und der Kantone) dienen der behördlichen Aufsicht. Die Betreiber der schweizerischen Kernanlagen sind verpflichtet, aufgetretene Vorkommnisse gemäss dieser Richtlinien an die HSK zu melden. Diese benötigt die Meldung, damit sie ihren gesetzlichen Auftrag erfüllen kann und jederzeit in der Lage ist, ein Urteil über den sicherheitstechnischen Zustand der Anlage abgeben zu können. Die Zielsetzung dieser Meldungen ist eine dreifache:

- Das frühzeitigen Erkennen von Schwachstellen und die Kontrolle der eingeleiteten Gegenmassnahmen.
- Die zeitgerechte Alarmierung der HSK-Notfallorganisation und anderer Behörden bei Störfällen.
- Bei Vorkommnissen von öffentlichem Interesse die unabhängige Bewertung durch die HSK und die rasche Information der Bevölkerung.

Aus praktischen Gründen und zum Erreichen obiger Ziele dient das bewährte Klassierungssystem der HSK. Die Meldepflicht nimmt Bezug auf die sicherheitstechnische Bedeutung der Vorkommnisse mit den Klassen U (unklassiert, aber von sicherheitstechnischem Interesse für die Behörde), B (geringfügige sicherheitstechnische Bedeutung), A (von sicherheitstechnischer Bedeutung, aber mit keiner oder nur geringer radiologischer Auswirkung auf die Umgebung) und S (Vorkommnisse, die eine Gefahr für die Anlage oder das Personal darstellen bzw. grössere radiologische Auswirkung auf die Umgebung haben). Andererseits berücksichtigt sie Vorkommnisse von öffentlichem Interesse Ö (dies sind neben Vorkommnissen der Klassen S und A auch solche Ereignisse auf dem Kraftwerksareal, die für die Bevölkerung sicht- oder hörbar sind). Die Klassen definieren Zustände der Anlagen. Die Anzahl klassierter Vorkommnisse einer Anlage lässt keinen direkten Schluss auf die Sicherheit der Kernkraftwerke zu. Dies ist aber auch nicht der Zweck der Melderichtlinie R-15.

11.2 International Nuclear Event Scale, INES

Zweck der international angewandten Skala ist es, Vorkommnisse in Nuklearanlagen in der ganzen Welt für Medien und Bevölkerung bezüglich ihrer sicherheitstechnischen Bedeutung in die richtige Perspektive zu setzen.

Auf die Erfahrungen einiger Mitgliedsländer aufbauend hat die internationale Atomenergieagentur (IAEA) die International Nuclear Event Scale (INES) entwickelt, ab 1990 in Probebetrieb genommen und seit 1992 definitiv eingeführt. Die sicherheitstechnische Bedeutung der Vorkommnisse wird bei der INES als Zahlen von 1 bis 7 dargestellt, wobei Level 0 etwa «normale Vorkommnisse» wie z. B. eine automatische Reaktorabschaltung ohne grössere Komplikationen darstellt.

Dabei wird als Massstab eine für alle Länder geltende Bewertungsgrundlage, das INES User Manual, verwendet. Die IAEA hat beim Austausch der Vorkommnismeldungen eine zentrale Koordinationsrolle. Jedes teilnehmende Land hat sich verpflichtet, Vorkommnisse ab Level 2 an sie zur Weiterverteilung an die übrigen Mitgliedsländer zu senden. Im Weiteren organisiert sie einen Erfahrungsaustausch zwischen den beteiligten Ländern, um eine einheitliche Anwendung der Skala zu bewirken. Speziell im unteren Bereich der Skala (0 bis 1, manchmal sogar bis 2) können die Kriterien nicht so genau spezifiziert werden, um Unterschiede bei ingenieurmässigen Bewertungen gänzlich auszuschliessen. Bei der grossen Zahl von verschiedenen Anlagentypen in den beteiligten Ländern mit unterschiedlichen Sicherheitsvorkehrungen ist schon vom technischen Standpunkt her eine präzise Normierung von Störfällen kaum möglich.

Die Schweiz hat seit Beginn an der Entwicklung des INES-Systems mitgewirkt, ist Mitglied der INES-Organisation und wendet die INES-Skala an. Diese ersetzt die Meldepflicht nach R-15 für die Schweizer Betreiber nicht, stellt aber eine Ergänzung für die Information der Öffentlichkeit dar.

Im Prinzip unterscheiden sich die einzelnen Stufen in der INES jeweils um etwa einen

Faktor 10 in der sicherheitstechnischen Bedeutung. Entsprechend muss eine Stufe Ereignisse mit bis zu einem Faktor 10 im Bedeutungsunterschied abdecken. Es werden drei Aspekte bewertet, und zwar «Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen» (reicht von Level 1 bis 3), «Auswirkungen innerhalb der Anlage» (reicht von Level 2 bis 5) und «Radiologische Auswirkung ausserhalb der Anlage» (reicht von Level 3 bis 7). Die einzelnen Kriterien sind vereinfacht in der Tabelle B2 (INES) wiedergegeben. Die eigentlichen Unfälle beginnen mit Stufe 4.

Mit dem INES-System können die Konsequenzen bei Vorkommnissen im Ausland,

wegen der gleichen Bewertungsmethode, objektiver verstanden werden. Dies erlaubt Missverständnisse in der Berichterstattung von Vorkommnissen in Kernanlagen über Länder hinweg wirksam zu vermeiden und diese in ihre richtige sicherheitstechnische Perspektive zu setzen. In praktisch allen Ländern erfolgt die INES-Meldung an die IAEA durch die Sicherheitsbehörde bzw. die Meldung ist von ihr geprüft. Dies soll weltweit eine offene Informationspolitik gegenüber der Öffentlichkeit durch Unabhängigkeit vom betroffenen Betreiber bei Vorkommnissen in Kernanlagen gewährleisten.

12. 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 lassen hergebrachte Auffassungen in einem neuen Licht erscheinen und tragen dazu bei, den Stand von Wissenschaft und Technik weiterzuentwickeln. Neue Herausforderungen sind zudem auf eine fundierte wissenschaftliche Basis abzustützen. Im Spannungsfeld zwischen Technik, Wirtschaft und Öffentlichkeit kann die nukleare Sicherheitsforschung helfen, kontroverse Themen auf eine konstruktive und sachbezogene Diskussionsgrundlage abzustützen. Die regulatorische Sicherheitsforschung steht nicht zuletzt im Dienst der Öffentlichkeit, indem sie für die Sicherheitsbehörde wichtige Beurteilungs- und Entscheidungsgrundlagen liefert. Von der Eidgenössischen Kommission für die Sicherheit von Kernanlagen (KSA) wird die regulatorische Sicherheitsforschung der HSK mitverfolgt und kommentiert.

Die von der HSK unterstützten Forschungsschwerpunkte decken das Spektrum der *Materialforschung*, *Störfall- und Unfallforschung*, *Human Factors* und des *Notfall- und Strahlenschutzes* ab.

Auf dem Gebiet des *Notfallschutzes* wurde im Jahr 2000 das Projekt «Windbank mittleres Aaretal» weitergeführt. Mit den gesammelten Daten und den entwickelten Modellen kann die Ausbreitung radioaktiver Stoffe in der näheren und weiteren Umgebung einer Kernanlage zuverlässiger berechnet werden. Das Projekt «Windbank mittleres Aaretal» schliesst eine Lücke und vervollständigt das Netz zur Prognose des Transportes von radioaktiven Substanzen, die bei einem Unfall aus einem Kernkraftwerk entweichen könnten.

Ein wichtiger Aufgabenbereich der HSK ist die Aufsicht über den *Strahlenschutz* in den schweizerischen Kernanlagen. Zur Unterstützung dieser Tätigkeit und zur Bereitstellung von Grundlagen führte die HSK im Jahre 2000 die bewährte Zusammenarbeit mit dem Paul

Scherrer Institut (PSI) und dem Institut de radiophysique appliquée (IRA) in den Bereichen Dosimetrie, Radioanalytik und Radioökologie weiter. Ein Schwerpunkt der Radioanalytik lag im Berichtsjahr auf der bevorstehenden Inbetriebnahme des Zwischenlagers für radioaktive Abfälle ZWILAG in Würenlingen. Die Aufgabe bestand darin, noch vor Inbetriebnahme eine Basismessung in der Umgebung des Zwischenlagers durchzuführen. Für die Dosimetrie stellte im Jahr 2000 das Inkrafttreten der Dosimetrieverordnung eine besondere Herausforderung dar. Als Vollzugsbehörde für Kernanlagen benötigt die HSK hier gesicherte wissenschaftliche Kenntnisse.

Für die Unterstützung der technischen Aufsicht in den Bereichen *Materialforschung*, *Störfall- und Unfallforschung* sowie *Human Factors* unterhält die HSK eine Reihe von nationalen und internationalen Forschungsvereinbarungen. Am PSI wurden die Arbeiten in den Themenbereichen Wasserchemie, Human Reliability Analysis, Früherkennung von Ermüdungsschädigung bei Kernkraftwerkskomponenten (Projekt FEVER), Risskorrosion und das Projekt Simulationsmodelle zur Transientenanalyse (Projekt STARS) fortgeführt. Mit dem Projekt REVENT wurde das Phänomen des Reentrainments von Aerosolen aus einer Wasservorlage bei einer kontrollierten Druckentlastung untersucht. Dieses Projekt wurde am Institut für Verfahrenstechnik der ETH Zürich bearbeitet und im Berichtsjahr abgeschlossen. Zahlreiche Ergebnisse aus diesen Forschungsprojekten flossen nutzbringend in die Arbeit der HSK ein.

Die internationale Zusammenarbeit stellte auch im Jahr 2000 eine wichtige Komponente des regulatorischen Forschungsprogramms der HSK dar. Zu verzeichnen sind insbesondere Experimente im Rahmen des OECD-Halden-Reaktor Projektes, wo die Schweiz eine aktive Rolle spielt. Mit dem Projekt PHEBUS FP werden die Freisetzung radioaktiver Stoffe aus der Brennstoffmatrix bei einem Kernschmelzunfall und der Transport von Spaltprodukten innerhalb einer Kernanlage untersucht.

Forschungsprojekte

Nachfolgend werden die von der HSK unterstützten Forschungsprojekte mit den jeweils wichtigen Zielsetzungen aufgezählt. Detailliertere Informationen zu den einzelnen Projekten sowie Ergebnisse und Erkenntnisse können im Internet unter der Adresse www.hsk.psi.ch abgerufen werden.

Materialforschung

Kontaminationskontrolle im Primärkreislauf von schweizerischen Siedewasserreaktoren

Bearbeitung von Fragen zur Wasserchemie, zur Ablagerung radioaktiver Stoffe und zu Korrosionsschäden mit dem Ziel, das Strahlungsniveau an Primärkreislaufkomponenten zu senken und Schadensprävention zu betreiben.

Risskorrosion in druckführenden ferritischen Komponenten des Primärkreislaufes von SWR
Experimentelle Bestimmung von Risskorrosionsanfälligkeit und Risswachstumsgeschwindigkeiten von RDB-Stählen. Verhalten der Stähle bei Wasserchemie- und niederfrequenten Lastwechsel-Transienten. Prävention von Spannungskorrosions-Rissen durch detaillierte Kenntnis der Schadensbildungsbedingungen.

Früherkennung von Ermüdungsschädigungen bei KKW-Komponenten (Projekt FEVER)

Entwicklung von Methoden zur Erkennung und Bewertung von Ermüdungsmikroschäden im Vorstadium bei druckführenden KKW-Komponenten. Ziel ist die Entwicklung von zustandsorientierten Prüfmethoden zur Prävention von Ermüdungsschäden.

Störfall- und Unfallforschung

STARS III: Simulationsmodelle zur Transientenanalyse der Reaktoren in der Schweiz

Entwicklung und Anwendung von Rechenprogrammen und Anlagemodellen zur Durchführung von deterministischen Sicherheitsanalysen.

OECD-Halden-Reaktor-Projekt. Teil «Brennstoff und Werkstoffe»

Verhalten von bestrahltem und unbestrahltem Brennstoff und von Hüllrohrmaterial unter Normalbelastung und in Störfallsituationen.

Projekt PALEOSEIS: Untersuchungen an Gesteinsablagerungen der jüngsten Erdgeschichte

und an Tropfsteinen in Höhlen zur Erweiterung der Kenntnisse von starken Erdbeben in der Schweiz

Das Forschungsprojekt soll es ermöglichen, Rückschlüsse auf Wiederkehrperioden von starken Erdbeben zu ziehen, die nicht aus den historisch bekannten Erdbeben (diese decken «nur» einen Zeitraum von rund 700 Jahren ab, es treten aber Wiederkehrperioden von mehreren tausend Jahren auf) ermittelt werden können.

Projekt PHEBUS FP

Kernschmelzexperimente im Rahmen des Projektes PHEBUS FP in Frankreich. Schwerpunkt ist die Bestimmung der aus der Kernschmelze freigesetzten radioaktiven Stoffe, deren Zusammensetzung und Transport innerhalb der Kernanlage.

Melt-Structure-Water Interactions During Severe Accidents in LWRs

Untersuchungen am Royal Institute of Technology in Stockholm zur Wechselwirkung der Schmelze mit Wasser und dem Reaktordruckbehälter sowie Baustrukturen bei einem schweren Unfall.

Projekt REVENT

Untersuchungen zum so genannten Reentrainment von Aerosolen aus einer Wasservorlage während der Druckentlastung. Als Modell wurde ein Containment eines KKW nachgebildet und damit das Verhalten der Aerosole bei der kontrollierten, gefilterten Druckentlastung simuliert. Das Projekt wurde im Berichtsjahr abgeschlossen.

Human-Factor-Aspekte

OECD-Halden-Reaktor-Projekt. Teil

«Mensch-Maschine-Wechselwirkung»

Durchführung eines breiten Spektrums von Experimenten zur Erforschung des Verhaltens von Operateuren in Stresssituationen mit dem Ziel, Verbesserungen von Systemen und Verhaltensmustern zu erreichen.

Human Reliability Analysis (HRA), Applications and Methods Development

Als Bestandteil der Probabilistischen Sicherheitsanalyse betrachtet die Human Reliability Analysis den Einfluss menschlicher Handlungen auf den Verlauf von Störfällen und Unfällen und erhebt dazu quantitative sowie qualitative Daten.

Strahlenschutz und Notfallschutz

Dosimetrie: Schwerpunkte im Jahr 2000

Bearbeitung von technischen Belangen zur Umsetzung der Strahlenschutz- und Dosimetrieverordnung. Analyse der Freimessung unter Bezug von *Freimessschränken*.

Radioanalytik: Schwerpunkte im Jahr 2000

Entwicklung, Optimierung und Implementierung von radiochemischen Analyseverfahren für die Bestimmung von Spezialnukliden zur Immissions- und Inkorporationsüberwachung. Inventarisierung von Radionukliden in der Umgebung des ZWILAG vor dessen Inbetriebnahme.

Radioökologie

Studium des Verhaltens radioaktiver Nuklide in der Biosphäre unter besonderer Berücksichtigung von Ingestionspfaden und Ausbreitungsmodellen.

Molekularbiologische Untersuchungen zur Zellulären Radiosensitivität

Im Zusammenhang mit der Reaktion von Zellen auf radioaktive Strahlung wird die Aktivierung von Abwehrmechanismen untersucht.

Die Rolle des Vascular Endothelial Growth Factor (VEGF) bei der Reparatur von strahleninduzierten Zellschäden

Regenerierung von strahlengeschädigtem Gewebe. Förderung des Verständnisses von Mechanismen, die nach Bestrahlung über Tod, Reparatur oder Entartung der Zelle entscheiden.

Projekt «Windbank mittleres Aaretal»

Messung und Erfassung von Windfeldern in der weiteren Umgebung von Kernkraftwerken für die Bereitstellung einer Datenbasis für Ausbreitungsprognosen in Notfallsituationen.

A-PROG

Entwicklung von Methoden für die Ausbreitungsdiagnose und -prognose von Luftfremdstoffen unter Bezug von Online-Messstationen.

Methodische Weiterentwicklung in der Aeroradiometrie

Verfeinerung und instrumenteller Ausbau von flächendeckenden Messverfahren aus der Luft für die nuklidspezifische Kartierung der Bodenstrahlung mittels Gammaskopie bei radiologischen Störfällen.

ANHANG A

Tabelle A1	Betriebsdaten der schweizerischen Kernkraftwerke 2000	72
Tabelle A2	Bestand an lizenziertem Personal und Gesamtbelegschaft in den Kernkraftwerken Ende 2000	72
Tabelle A3	Klassierte Vorkommnisse 2000	73
Tabelle A4a	Zusammenstellung der Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umgebung im Jahr 2000 und die daraus berechnete Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung	74
Tabelle A4b	Abgaben der schweizerischen Kernkraftwerke in den letzten fünf Jahren im Vergleich mit den Abgabelimiten	77
Tabelle A5a	Ganzkörperdosen des beruflich strahlenexponierten Personals durch äussere Bestrahlung 2000, Anzahl Personen und mittlere Jahresdosis, Kraftwerke	78
Tabelle A5b	Ganzkörperdosen des beruflich strahlenexponierten Personals durch äussere Bestrahlung 2000, Anzahl Personen und mittlere Jahresdosis, Kraftwerke und Forschung	79
Tabelle A6a	Ganzkörperdosen des beruflich strahlenexponierten Personals durch äussere Bestrahlung 2000, Jahreskollektivdosen in Personen-mSv, Kraftwerke	80
Tabelle A6b	Ganzkörperdosen des beruflich strahlenexponierten Personals durch äussere Bestrahlung 2000, Jahreskollektivdosen in Personen-mSv, Kraftwerke und Forschung	81
Tabelle A7	Ganzkörperdosen des beruflich strahlenexponierten Personals durch äussere Bestrahlung 2000, Anzahl Personen nach Alter und Geschlecht, Kraftwerke und Forschung, Eigen- und Fremdpersonal	82
Tabelle A8	Verteilung der Extremitätendosen 2000, Kraftwerke und Forschung	83
Tabelle A9	Inkorporationen und deren Folgedosis E_{50} des beruflich strahlenexponierten Personals 2000, Kraftwerke und Forschung	84
Tabelle A10a	Verteilung der Lebensalterdosen des beruflich strahlenexponierten Eigenpersonals 2000, Kraftwerke und Forschung	85
Tabelle A10b	Altersverteilung der Lebensalterdosen des beruflich strahlenexponierten Eigenpersonals 2000, Kraftwerke und Forschung	85
Tabelle A11	Radioaktive Abfälle in den Kernkraftwerken und im PSI (inklusive Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung)	86
Figur A1	Zeitverfügbarkeit und Arbeitsausnutzung 1991–2000	87
Figur A2	Meldepflichtige, klassierte Vorkommnisse 1991–2000	88
Figur A3	Ungeplante Reaktorschnellabschaltungen (Scrams), 1991–2000	89
Figur A3a	Ursachen der klassierten Vorkommnisse der Kernkraftwerke pro Jahr, 1991–2000	90
Figur A3b	Ursachen ungeplanter Reaktorschnellabschaltungen pro Jahr, 1991–2000	90
Figur A4	Brennstabschäden (Anzahl Stäbe), 1990–2000	91
Figur A5	Jahreskollektivdosen (Personen-Sv/Jahr) der Kraftwerke, 1980–2000	92
Figur A6	Jahreskollektivdosen (Personen-Sv/Jahr) der Kernanlagen, 1969–2000	93
Figur A7	Anzahl der Jahresindividualdosen (Ganzkörper) >20 mSv, Kraftwerke, 1984–2000	94
Figur A8	Mittlere Jahresindividualdosen (mSv) der Kraftwerke, 1980–2000	95
Figur A9	Personen mit einer beruflichen Lebensdosis >200 mSv, Kraftwerke, 1980–2000	96
Figur A10	Berechnete Dosen für die meistbetroffenen Personen (Erwachsene) in der Umgebung der schweizerischen KKW	97
Figur A11	Ortsdosisleistung der MADUK-Sonden im Jahre 2000	98

Tabelle A1

Betriebsdaten der schweizerischen Kernkraftwerke 2000

	KKB 1	KKB 2	KKM	KKG	KKL
Thermisch erzeugte Energie [GWh]	7870	9575	8722	24 278	27 303
Abgegebene elektrische Nettoenergie [GWh]	2538	3071	2817	7738	8823
Abgegebene thermische Energie [GWh]	121,3	10,51	1,19	174	0
Zeitverfügbarkeit ¹ [%]	81,0	96,8	94,4	92,2	92,9
Nichtverfügbarkeit durch Jahresrevision [%]	19,0	3,2	4,9	7,6	6,8
Arbeitsausnutzung ² [%]	79,4	95,8	90,1	92,3	90,2
Anzahl ungeplanter Schnellabschaltungen (Scrams)	0	0	0	0	1
Andere ungeplante Abschaltungen	0	0	0	0	0
Störungsbedingte Leistungsreduktionen (>10% P _N)	0	0	3	3	0

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

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

Tabelle A2

Bestand an lizenziertem Personal und Gesamtbelegschaft in den Kernkraftwerken Ende 2000. In Klammern Werte von 1999.

Funktion	KKB 1+2	KKM	KKG	KKL
B-Operateur	14 (16)	11 (9)	10 (10)	11 (12)
A-Operateur	22 (22)	9 (13)	19 (19)	11 (10)
Schichtchef und Stellvertreter	25 (24)	12 (9)	20 (20)	21 (22)
Pikett- und Betriebsingenieur	11 (11)	8 (8)	12 (12)	10 (10)
Strahlenschutzfachkraft	4 (4)	5 (5)	6 (6)	9 (9)
Strahlenschutztechniker	5 (5)	6 (6)	4 (4)	6 (6)
Gesamtbelegschaft	451 (461)	284 (289)	377 (381)	396 (401)

Tabelle A3

Klassierte Vorkommnisse 2000

Datum	Anlage	Vorkommnis	Einstufung INES
28.6.2000	KKL	Kraftstoffleckage an der Einspritzpumpe eines Notstromdieselaggregats beim Funktionstest	0
14.7.2000	KKB	Überschreitung des Prüfindervalls für Messkanäle der Störfallinstrumentierung	0
24.7.2000	KKB1	Ausfall einer Restwärmepumpe beim Restwärmebetrieb im Revisionsstillstand	0
21.8.2000	KKL	Brennelementschäden mit Auswaschung von Brennstoff ins Reaktorwasser	0
31.8.2000	KKL	Reaktorschnellabschaltung durch Reaktorfüllstand hoch nach Generatorabschaltung infolge Ausfalls des Erregertransformators	0
11.10.2000	KKB2	Nichtverfügbarkeit der Notspeisewasserpumpe beim Funktionstest	0
2.11.2000	KKB1	Nichtverfügbarkeit der Notspeisewasserpumpe beim Funktionstest	0
12.12.2000	PSI	Ausfall der Jodüberwachung an der Versuchsverbrennungsanlage	0

Tabelle A4a

Zusammenstellung der Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umgebung im Jahr 2000 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 (3690 m ³)	Nuklidgemisch (ohne Tritium) Tritium	4·10 ¹¹ 7·10 ¹³	2,4·10 ⁹ 8,3·10 ¹²	0,6% 11,9%	<0,001 <0,001	<0,001 <0,001
		Edelgase	1·10 ¹⁵	4,9·10 ¹²	0,5%	<0,001	<0,001
	Abluft	Aerosole ohne I-131, Halbwertszeit >8 Tage	6·10 ⁹	–	<0,1%	<0,001	<0,001
		Iod-131 Kohlenstoff-14	4·10 ⁹ –	6,3·10 ⁷ 4,0·10 ¹⁰	1,6% –	<0,001 0,0011	<0,001 0,0018
KKM	Abwasser (5627 m ³)	Nuklidgemisch (ohne Tritium) Tritium	4·10 ¹¹ 2·10 ¹³	1,4·10 ⁹ 1,4·10 ¹¹	0,3% 0,7%	<0,001 <0,001	<0,001 <0,001
		Edelgase	2·10 ¹⁵	–	<0,1%	<0,001	<0,001
	Abluft	Aerosole ohne I-131, Halbwertszeit >8 Tage	2·10 ¹⁰	–	<0,1%	0,0059	0,0047
		Iod-131 Kohlenstoff-14	2·10 ¹⁰ –	2,0·10 ⁷ 2,0·10 ¹¹	0,1% –	<0,001 <0,001	<0,001 0,0011
KKG	Abwasser (7330 m ³)	Nuklidgemisch (ohne Tritium) Tritium	2·10 ¹¹ 7·10 ¹³	– 1,4·10 ¹³	<0,1% 20,0%	<0,001 <0,001	<0,001 <0,001
		Edelgase	1·10 ¹⁵	(<5,3·10 ¹²)	0,5%	<0,001	<0,001
	Abluft	β-total-Messung		(<4,6·10 ¹²)			
		Aerosole ohne I-131, Halbwertszeit >8 Tage	1·10 ¹⁰	–	<0,1%	<0,001	<0,001
		Iod-131 Kohlenstoff-14	7·10 ⁹ –	– 1,0·10 ¹¹	<0,1% –	<0,001 <0,001	<0,001 0,0011
KKL	Abwasser (16 236 m ³)	Nuklidgemisch (ohne Tritium) Tritium	4·10 ¹¹ 2·10 ¹³	– 1,7·10 ¹²	<0,1% 8,5%	<0,001 <0,001	<0,001 <0,001
		Edelgase	2·10 ¹⁵	6,6·10 ¹²	0,3%	<0,001	<0,001
	Abluft	Aerosole ohne I-131, Halbwertszeit >8 Tage	2·10 ¹⁰	2,1·10 ⁷	0,1%	<0,001	<0,001
		Iod-131 Kohlenstoff-14	2·10 ¹⁰ –	9,6·10 ⁸ 5,1·10 ¹¹	4,8% –	<0,001 0,0026	<0,001 0,0043

Tabelle A4a (Fortsetzung)

Zusammenstellung der Abgaben des Paul Scherrer Instituts im Jahr 2000 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	Gesamtanlage des PSI	
Abgabe im Abwasser ^{2, 4} [Bq] Nuklidgemisch ohne Tritium Tritium	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	3,4·10 ⁸ 1,0·10 ¹⁰	3,4·10 ⁸ 1,0·10 ¹⁰	
Abgaben über die Abluft ^{2, 4} [Bq] Edeigase und andere Gase β/γ-Aerosole (ohne Iod, Halbwertszeit >8 Std) α-Aerosole Iod (I-131-Äq.) Tritium (tritiertes Wasser)	5,1·10 ¹¹ 7,2·10 ⁸ - 1,1·10 ⁸ 2,1·10 ¹¹	- 5,6·10 ⁷ 8,6·10 ⁵ 1,5·10 ⁷ 3,5·10 ⁹	- - - - 2,2·10 ¹⁰	- - - - 5,3·10 ⁹	- - - - 7,5·10 ⁸	1,1·10 ¹⁴ 1,1·10 ¹⁰ - 3,3·10 ⁷ 7,6·10 ¹¹	7,3·10 ⁹ 1,1·10 ⁴ - - -	8,2·10 ¹⁰ 3,4·10 ⁶ - - -	- - - - 2,7·10 ¹⁰	- -	- -	1,1·10 ¹⁴ 1,2·10 ¹⁰ 8,6·10 ⁵ 1,6·10 ⁸ 1,0·10 ¹²
Jahresdosis ³ [mSv/Jahr] für: Erwachsene Kleinkinder	<0,00015 <0,00015	<0,00015 0,0002	<0,00015 <0,00015	<0,00015 <0,00015	<0,00015 <0,00015	0,0030 0,0030	<0,00015 <0,00015	<0,00015 <0,00015	<0,00015 <0,00015	<0,00015 <0,00015	<0,00015 <0,00015	<0,004 <0,005
Anteil am quellenbezogenen Dosisrichtwert ¹	<0,1%	<0,13%	<0,1%	<0,1%	<0,1%	2,0%	<0,1%	<0,1%	<0,1%	<0,1%	<0,1%	<3,0%

Tabelle A4a (Fussnoten)

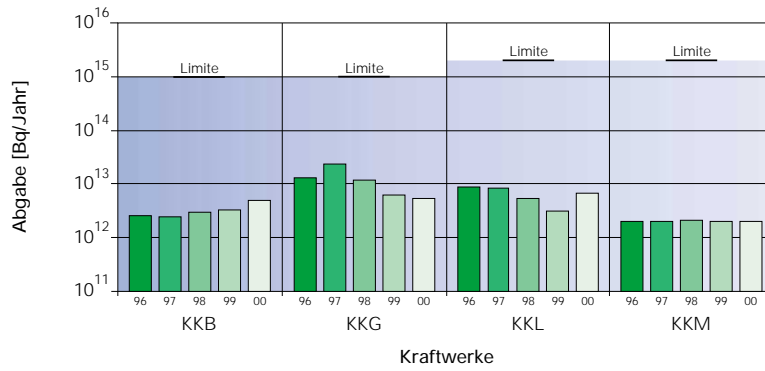
- ¹ **Abgabelimiten** gemäss Bewilligung der jeweiligen Kernanlage. Die Abgabelimiten wurden für die Kernkraftwerke so festgelegt, dass die radiologische Belastung der kritischen Bevölkerungsgruppe in der Umgebung unter 0,2 mSv/Jahr bleibt. Für das Paul Scherrer Institut (PSI) sind die Abgaben gemäss Bewilligung 6/2000 direkt über den quellenbezogenen Dosisrichtwert von 0,15 mSv/Jahr limitiert.
- ² Die **Messung der Abgaben** erfolgt nach den Erfordernissen der Reglemente «für die Abgaben radioaktiver Stoffe und die Überwachung von Radioaktivität und Direktstrahlung in der Umgebung des...» jeweiligen Kernkraftwerkes resp. des PSI. Die Messgenauigkeit beträgt ca. $\pm 50\%$. Abgaben unterhalb 0,1% der Jahresabgabelimite werden von der HSK als nicht relevant betrachtet.
- ³ Die **Jahresdosis** ist berechnet für Personen, 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 Berechnungen erfolgten nach den in der HSK-Richtlinie R-41 angegebenen Modellen und mit den ebenfalls dort festgelegten Parametern.
- 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, obwohl die kritischen Orte der einzelnen Abgabestellen im Allgemeinen nicht zusammenfallen.
- ⁴ Bei der **Art der Abgaben** ist Folgendes zu präzisieren:
- Abwasser:** Die radioaktiven Abgaben sind 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 radioaktiven Abgaben sind 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. Dieses Gemisch wird auch zur Berechnung der Dosis verwendet.
- 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 für die Abgabe die Summe der Radioaktivität ohne Normierung auf einen Referenzwert angegeben.
- Aerosole:** Die angegebenen Abgaben entsprechen der Summe der Aerosolaktivität ohne Normierung auf einen Referenzwert.
- Der Dosisbeitrag von Aerosolen mit Halbwertszeiten kleiner 8 Tagen ist bei den Kernkraftwerken vernachlässigbar.
- Beim KKB wird bei der Dosisberechnung der Aerosole ein Gemisch von 50% Co-60 und 50% Cs-137 angenommen.
- Beim KKM ergibt sich der Hauptbeitrag zur Dosis durch die Bodenstrahlung von Aerosolen, die im Jahre 1986 durch eine unkontrollierte Abgabe in die Umgebung gelangten. Der Dosisbeitrag der Aerosolabgaben im Berichtsjahr ist demgegenüber vernachlässigbar und liegt in der Grössenordnung der anderen schweizerischen Kernkraftwerke.
- Iod:** Beim PSI ist die Abgabe als Iod-131-Äquivalent durch gewichtete Summation der Aktivität der 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:** Die angegebenen Abgaben von C-14 basieren beim KKL auf aktuellen Messungen, bei KKB, KKM und KKG auf temporären Messungen in früheren Jahren.

Tabelle A4b

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

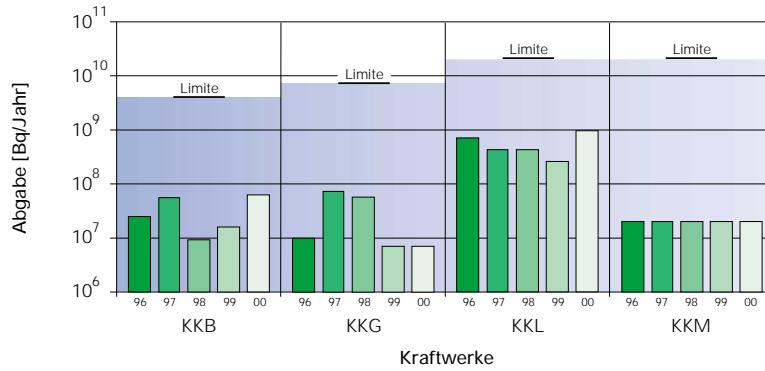
Abluft

Edelgase



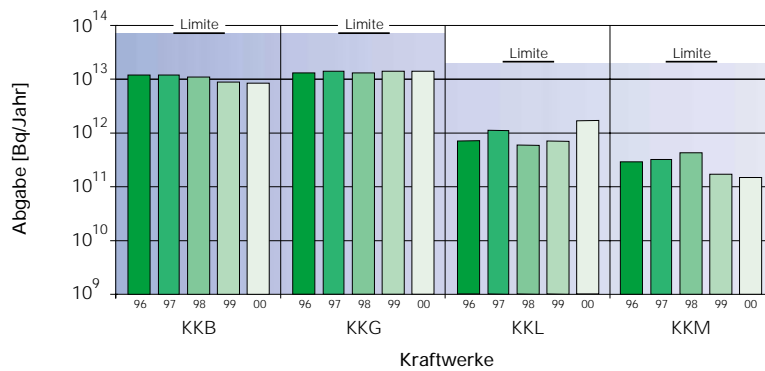
Abluft

Jod



Abwasser

Tritium im Wasser



Abwasser

übrige flüssige Abgaben

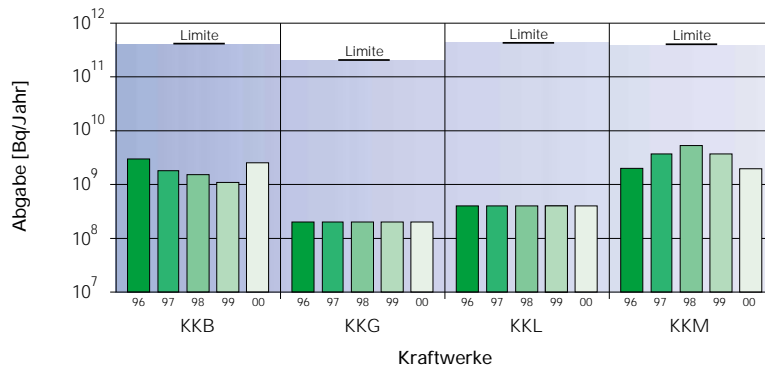


Tabelle A5a

Ganzkörperdosen des beruflich strahlenexponierten Personals durch äussere Bestrahlung 2000, Anzahl Personen und mittlere Jahresdosis, Kraftwerke

Dosisverteilung [mSv]	KKB 1 + 2		KKG		KKL		KKM		Total KKW ¹		
	E	F	E	F	E	F	E	F	E	F	
>0,0-1,0	258	315	251	345	236	613	153	469	898	1437	2335
>1,0-2,0	63	49	22	33	50	74	44	50	179	195	374
>2,0-5,0	35	59	31	39	52	67	50	59	168	214	382
>5,0-10,0	7	21	9	8	6	15	21	8	43	59	102
>10,0-15,0	1	1	1		1	5			3	6	9
>15,0-20,0						1				1	1
>20,0-50,0											
>50,0											
Total Personen	364	445	314	425	345	775	268	586	1291	1912	3203
Mittel pro Person [mSv]	0,9	1,0	0,8	0,6	1,0	0,8	1,5	0,7	1,0	0,9	1,0

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

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

Tabella A5b

Ganzkörperdosen des beruflich strahlenexponierten Personals durch äussere Bestrahlung 2000, Anzahl Personen und mittlere Jahresdosis, Kraftwerke und Forschung

Dosisverteilung [mSv]	PSI	EPFL	Uni-Basel	Total Forschung ¹	Total KKW E + F	Total KKW und Forschung ²
0,0–1,0	1157	8	4	1170	2335	3449
>1,0–2,0	21			21	374	393
>2,0–5,0	18			18	382	399
>5,0–10,0	1			1	102	102
>10,0–15,0					9	10
>15,0–20,0					1	1
>20,0–50,0						
>50,0						
Total Personen	1197	8	4	1210	3203	4354
Mittel pro Person [mSv]	0,1	0,0	0,0	0,1	1,0	0,7

¹ Diese Spalte enthält eine Person, 0,8 mSv Jahresdosis, der Versuchsanlage Lucens.

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

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

Tabelle A6a

Ganzkörperdosen des beruflich strahlenexponierten Personals durch äussere Bestrahlung 2000, Jahreskollektivdosen in Personen-mSv, Kraftwerke

Dosisverteilung [mSv]	KKB 1 + 2		KKG		KKL		KKM		Total KKW ¹							
	E	F	E	F	E	F	E	F	E	F						
0,0-1,0	63,6	46,1	109,7	46,6	48,5	46,6	95,1	48,3	118,3	166,6	35,8	79,6	115,4	196,2	273,7	469,9
>1,0-2,0	92,1	73,6	165,7	48,4	32,1	48,4	80,5	74,8	107,1	181,9	68,2	75,9	144,1	267,2	288,9	556,1
>2,0-5,0	111,2	181,5	292,7	125,8	98,2	125,8	224,0	174,2	227,5	401,7	160,4	183,3	343,7	544,0	698,2	1242,2
>5,0-10,0	43,9	140,7	184,6	49,4	60,5	49,4	109,9	35,5	101,0	136,5	133,9	50,6	184,5	273,8	392,2	666,0
>10,0-15,0	10,3	10,4	20,7		11,1		11,1	11,3	59,2	70,5				32,7	69,6	102,3
>15,0-20,0									15,9	15,9					15,9	15,9
>20,0-50,0																
>50,0																
Total [Personen-mSv]	321,1	452,3	773,4	270,2	250,4	270,2	520,6	344,1	629,0	973,1	398,3	389,4	787,7	1313,9	1738,5	3052,4
Höchste Einzeldosis [mSv]	10,3	10,4	10,4	8,2	11,1	8,2	11,1	11,3	15,9	15,9	9,5	7,3	9,5	11,3	15,9	15,9

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 2000, Jahreskollektivdosen in Personen-mSv, Kraftwerke und Forschung

Dosisverteilung [mSv]	PSI	EPFL	Uni-Basel	Total Forschung ¹	Total KKW E + F	Total KKW und Forschung ²
0,0–1,0	59,9	0,0	0,0	60,7	469,9	529,5
>1,0–2,0	30,9			30,9	556,1	584,8
>2,0–5,0	49,5			49,5	1242,2	1291,5
>5,0–10,0	5,4			5,4	666,0	664,2
>10,0–15,0					102,3	112,9
>15,0–20,0					15,9	15,9
>20,0–50,0						
>50,0						
Total [Personen-mSv]	145,7	0,0	0,0	146,5	3052,4	3198,8
Höchste Einzeldosis [mSv]	5,4	0,0	0,0	5,4	15,9	15,9

¹ Diese Spalte enthält eine Person, 0,8 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.

E = Eigenpersonal, F = Fremdpersonal

Tabelle A7

Ganzkörperdosen des beruflich strahlenexponierten Personals durch äussere Bestrahlung 2000, Anzahl Personen nach Alter und Geschlecht, Kraftwerke 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	12	1	42	2	466	47	873	51	891	41	805	20	194	4	3449
>1,0-2,0			3		47	3	116	2	130	3	79	1	9		393
>2,0-5,0	2		5		50		120	1	126	1	84		10		399
>5,0-10,0			1		13		35		34		17		2		102
>10,0-15,0							3		4		3				10
>15,0-20,0									1						1
>20,0-50,0															
>50,0															
Total Personen	14	1	51	2	576	50	1147	54	1186	45	988	21	215	4	4354
Mittel pro Person [mSv]	0,54	0,10	0,68		0,67	0,12	0,85	0,18	0,88	0,22	0,66	0,11	0,38	0,08	0,73
Kollektivdosis [Personen-mSv]	7,5	0,1	34,7	0,0	384,9	6,1	970,6	9,5	1038,7	9,8	652,7	2,3	81,6	0,3	3198,8

M = Männer, F = Frauen

Tabelle A8

Verteilung der Extremitätendosen 2000, Kraftwerke und Forschung

Dosisverteilung [mSv]	KKB 1 + 2		KKG		KKL		KKM		Total KKW			PSI	Summe KKW + PSI E + F
	E	F	E	F	E	F	E	F	E	F	E + F		
0-25	8		10		1	6	8	6	27	12	39	101	140
>25-50												4	4
>50-75							1	1	1		1		1
>75-100													
>100-150													
>150-200													
>200-250													
>250-300													
>300-350													
>350-400													
>400-450													
>450-500													
>500													
Total Personen	8		10		1	6	9	6	28	12	40	105	145

E = Eigenpersonal, F = Fremdpersonal

Tabelle A9

Inkorporationen und deren Folgedosis E_{50} des beruflich strahlenexponierten Personals 2000, Kraftwerke und Forschung

Folgedosis E_{50} Dosisverteilung [mSv]	KKB 1 + 2			KKG			KKL			KKM			Total KKW			PSI	Summe KKW + PSI E + F
	E	F	E + F	E	F	E + F	E	F	E + F	E	F	E + F	E	F	E + F		
< = 1,0	327	457	784	291	422	713	345	775	1120	208	562	770	1171	2216	3387	393	3780
>1,0-2,0																	
>2,0-5,0																	
>5,0-10,0																	
>10,0-15,0																	
>15,0-20,0																	
>20,0-50,0																	
>50																	
Total Personen	327	457	784	291	422	713	345	775	1120	208	562	770	1171	2216	3387	393	3780

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 2000, Kraftwerke und Forschung

Dosisverteilung [mSv]	KKB 1 + 2	KKG	KKL	KKM	KKW Total	PSI	KKW + PSI Total
>100–150	33	19	14	31	97	15	112
>150–200	25	14	6	18	63	7	70
>200–250	20	5	1	18	44	4	48
>250–300	15	3		7	25	1	26
>300–350	13	2		3	18	1	19
>350–400	4			4	8		8
>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	123	43	21	92	279	28	307

¹ inklusive Personal, das 2000 ausgetreten ist.

Tabelle A10b

Altersverteilung der Lebensalterdosen des beruflich strahlenexponierten Eigenpersonals¹ 2000, Kraftwerke und Forschung

Dosisverteilung [mSv]	21–30 Jahre	31–40 Jahre	41–50 Jahre	51–60 Jahre	> 60 Jahre	KKW + PSI Total
>100–150		9	39	52	12	112
>150–200		2	22	38	8	70
>200–250		1	7	32	8	48
>250–300		1	4	18	3	26
>300–350			5	10	4	19
>350–400			1	4	3	8
>400–450				5	2	7
>450–500			1	8		9
>500–550				4	2	6
>550–600			1			1
>600					1	1
Total Personen		13	80	171	43	307

¹ inklusive Personal, das 2000 ausgetreten ist.

Tabelle A11

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

	unkonditioniert		konditioniert ¹	
	Anfall ²	Bestand ³	Produktion ⁴	Bestand ⁵
PSI	174	494	10	885
KKB	133	169	7	945
KKM	113	411	128 ⁶	626
KKG	20	92	17	301
KKL	113	195	37	1236
Total	553	1361	199	3993

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

² Bruttovolumen im Berichtsjahr 2000 (Abgeleitet aus der Anzahl Rohabfallfässer, ausser für KKM: Nettovolumen des Rohabfalls).

³ Bruttovolumen in den Lagern der Kernanlagen Ende 2000 (Abgeleitet aus der Anzahl Rohabfallfässer, ausser für KKM: Nettovolumen des Rohabfalls).

⁴ Bruttovolumen im Berichtsjahr 2000.

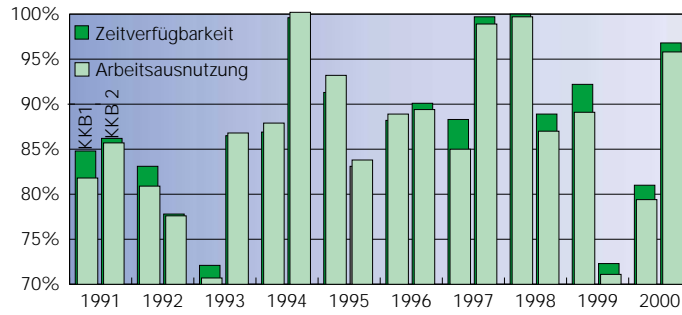
⁵ Bruttovolumen in den Lagern der Kernanlagen Ende 2000.

⁶ Davon konditionierte Abfälle aus früheren Betriebsjahren: 113 m³.

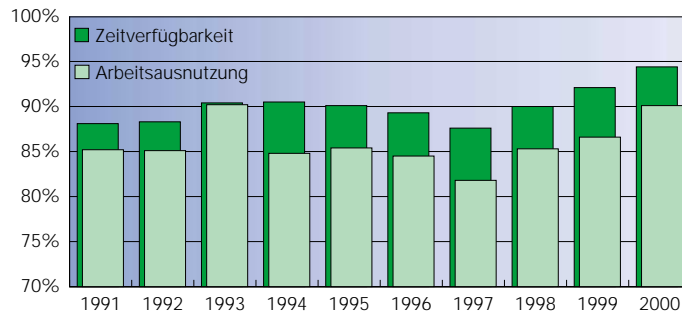
Figur A1

Zeitverfügbarkeit und Arbeitsausnutzung 1991–2000

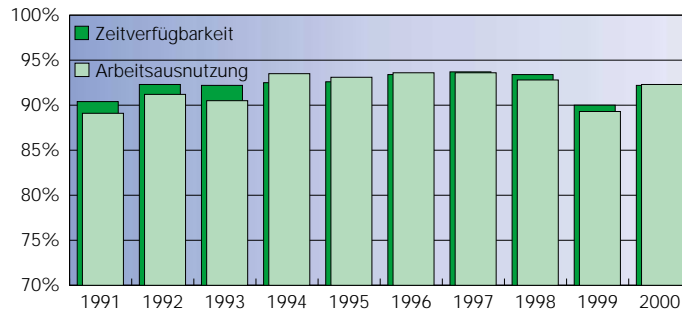
KKB 1, 2



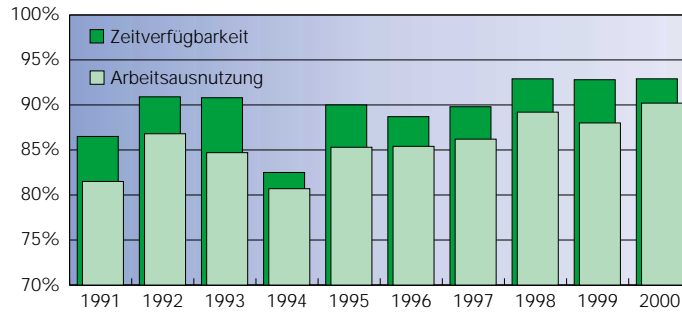
KKM



KKG



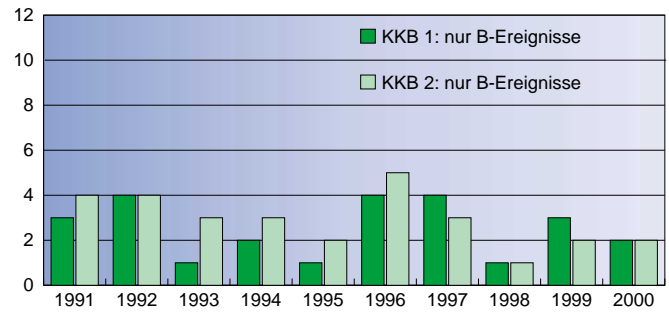
KKL



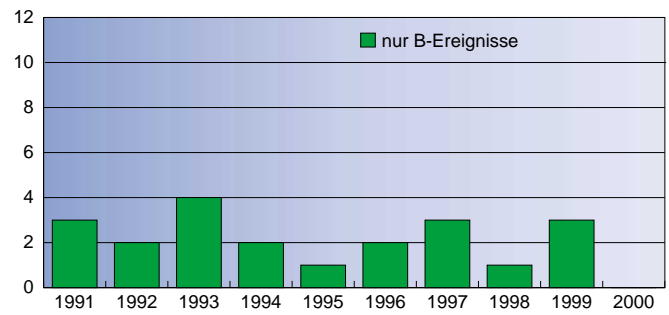
Figur A2

Meldepflichtige, klassierte Vorkommnisse 1991–2000

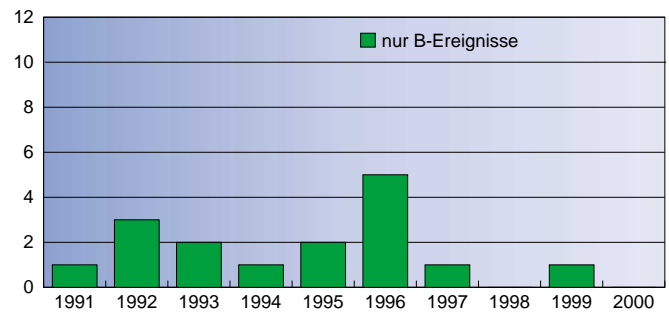
KKB 1, 2



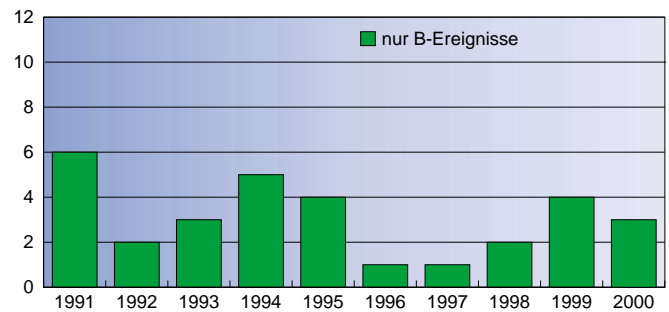
KKM



KKG



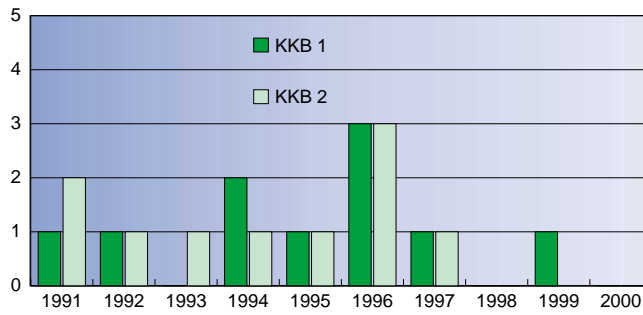
KKL



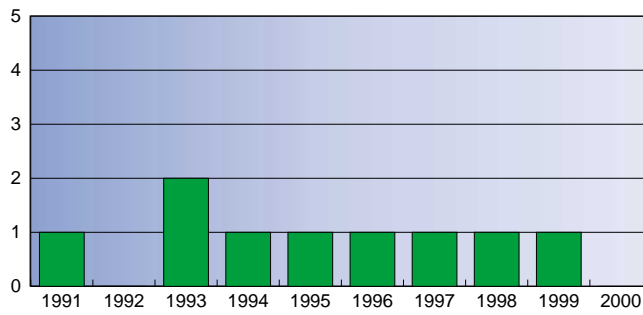
Figur A3

Ungeplante Reaktorschnellabschaltungen (Scrams), 1991–2000

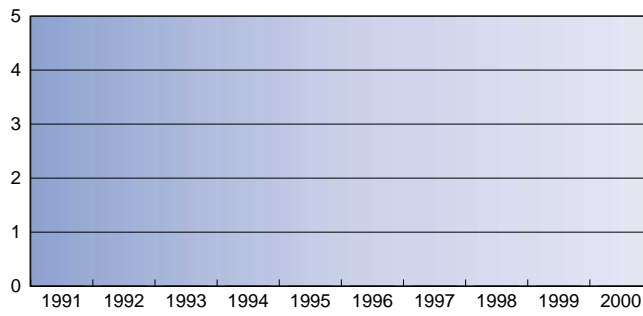
KKB 1, 2



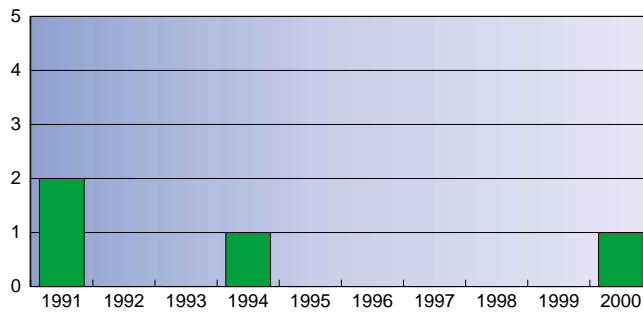
KKM



KKG

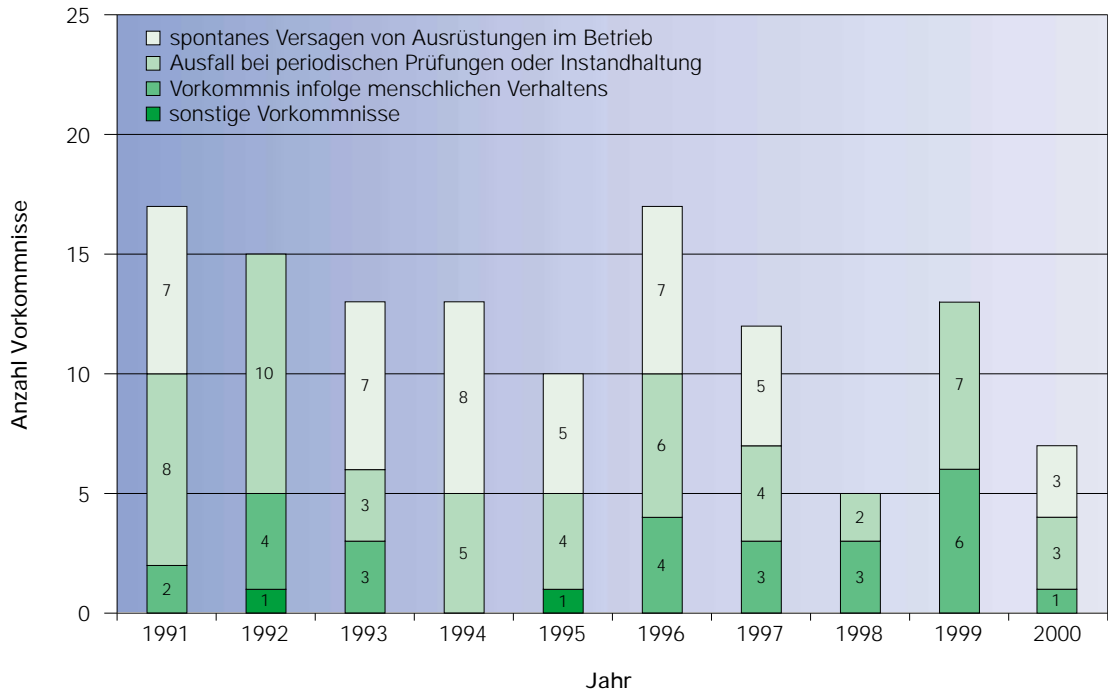


KKL



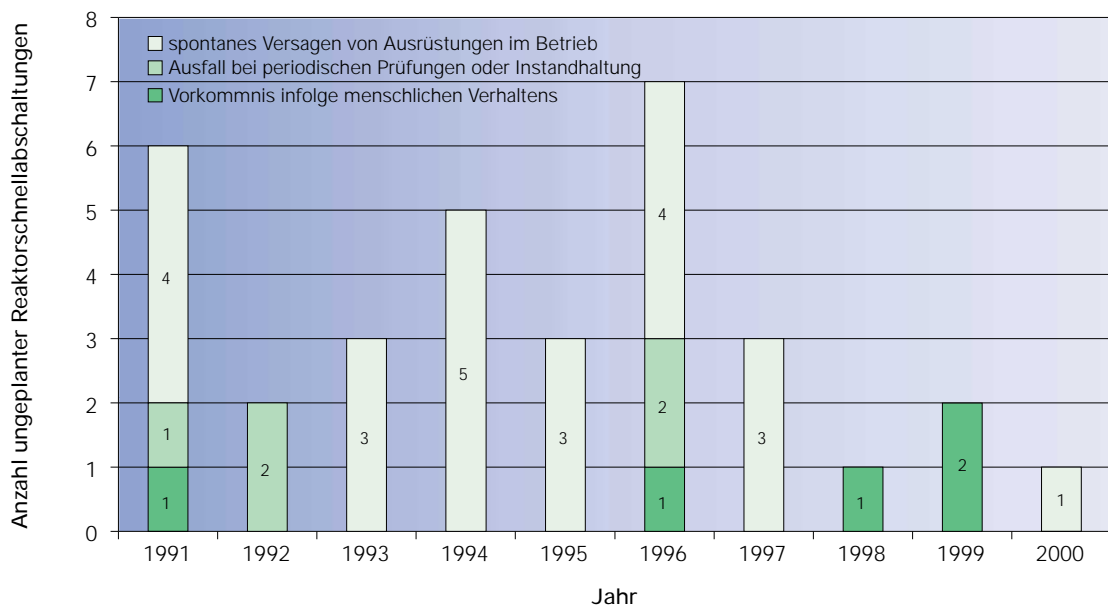
Figur A3a

Ursachen der klassierten Vorkommnisse der Kernkraftwerke pro Jahr, 1991–2000



Figur A3b

Ursachen ungeplanter Reaktorschnellabschaltungen pro Jahr, 1991–2000

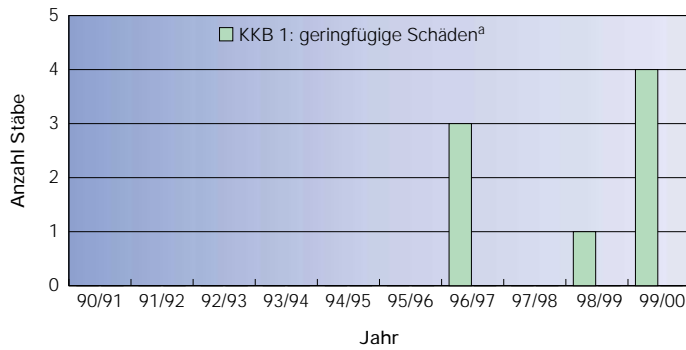


Figur A4

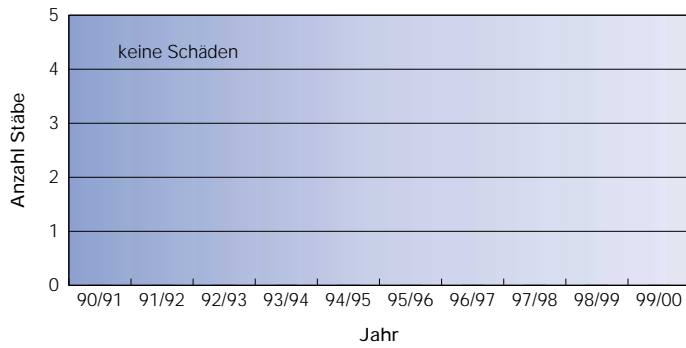
Brennstabschäden (Anzahl Stäbe), 1990–2000

KKB 1, 2

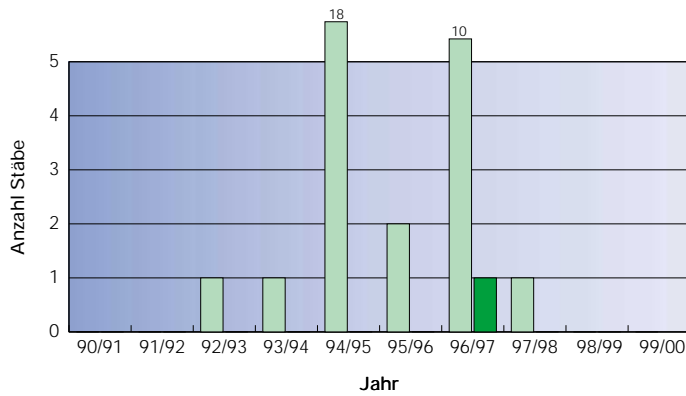
KKB 2: keine Schäden



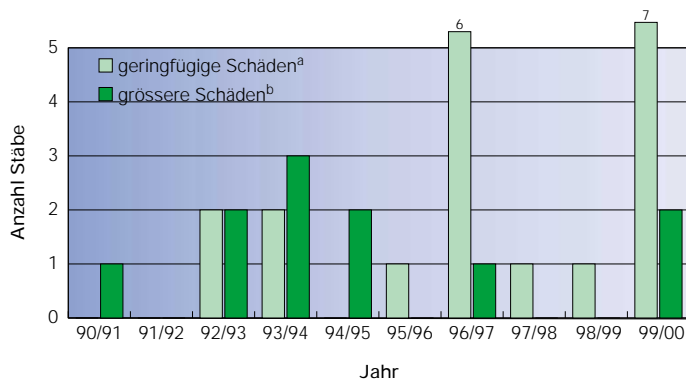
KKM



KKG



KKL



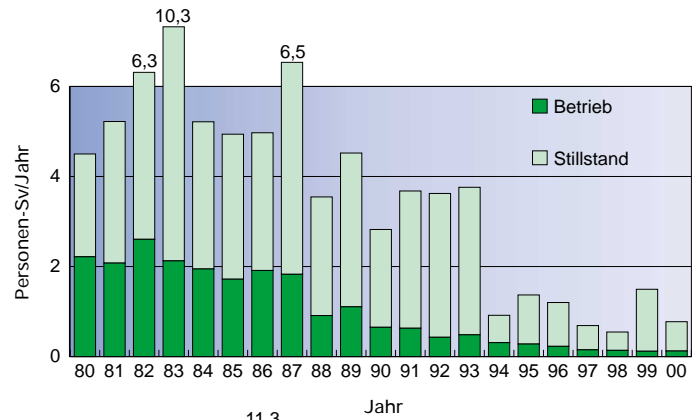
^a z.B. Haarrisse im Hüllrohr

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

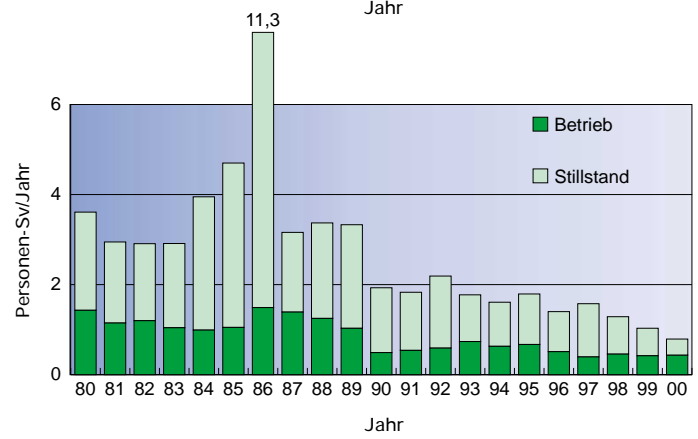
Figur A5

Jahreskollektivdosen (Personen-Sv/Jahr) der Kraftwerke, 1980–2000

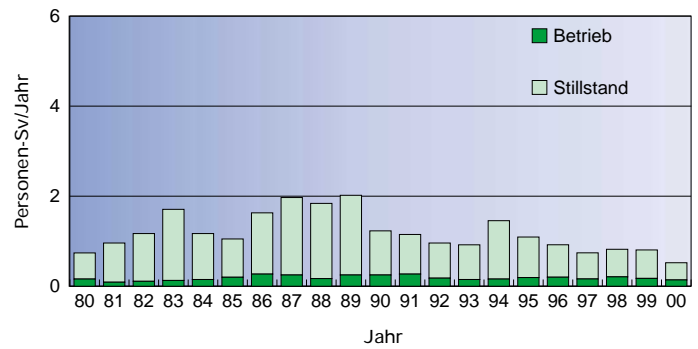
KKB 1, 2



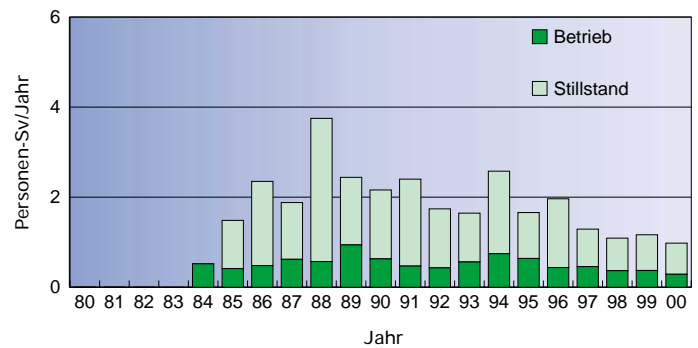
KKM



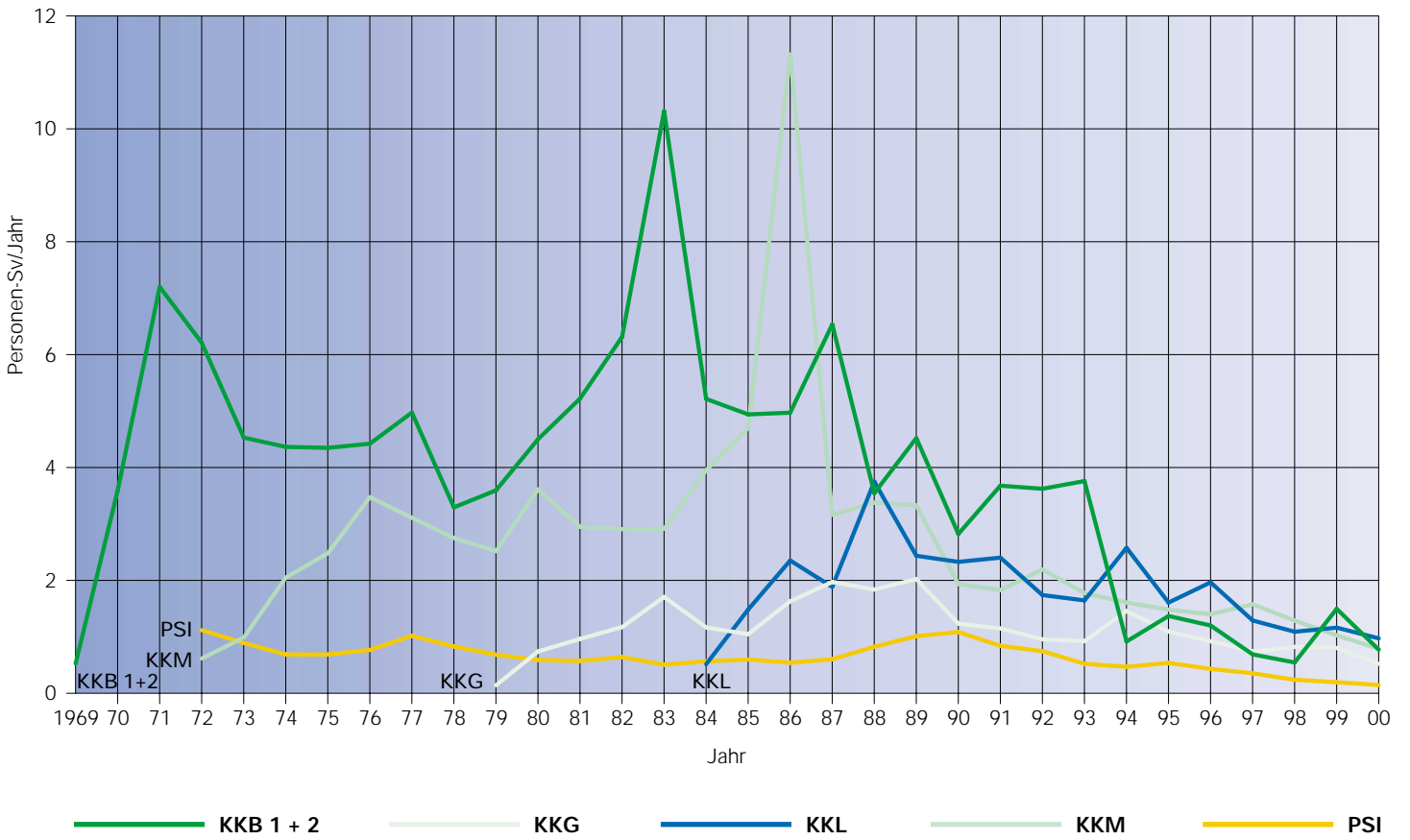
KKG



KKL



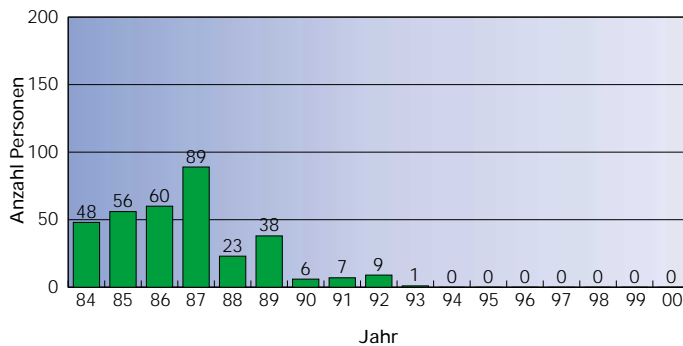
Jahreskollektivdosen (Personen-Sv/Jahr) der Kernanlagen, 1969–2000



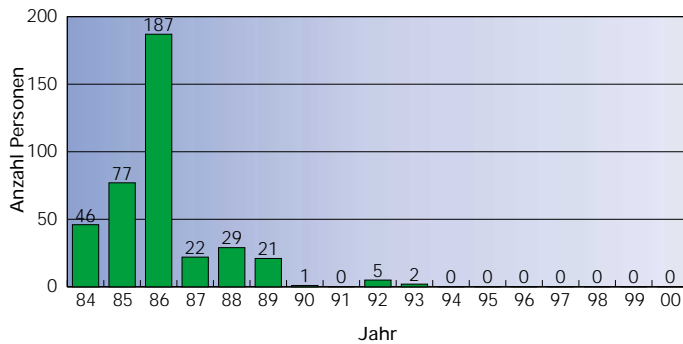
Figur A7

Anzahl der Jahresindividualdosen (Ganzkörper) >20 mSv, Kraftwerke, 1984–2000

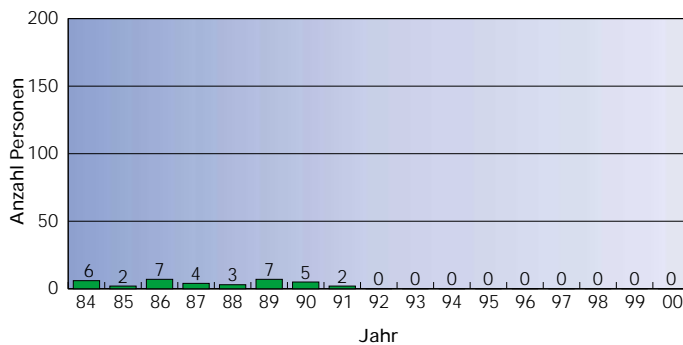
KKB 1, 2



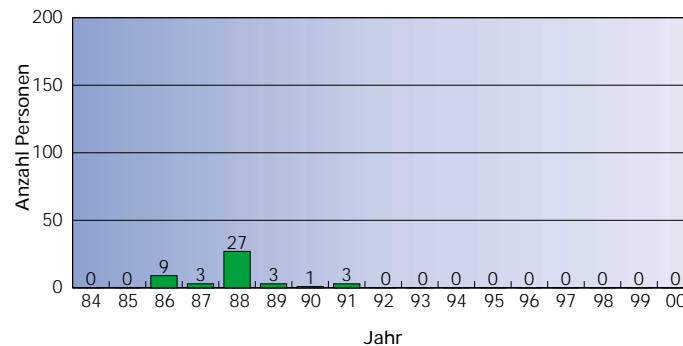
KKM



KKG



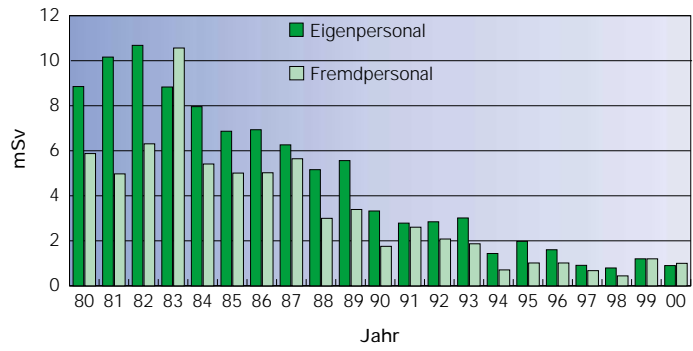
KKL



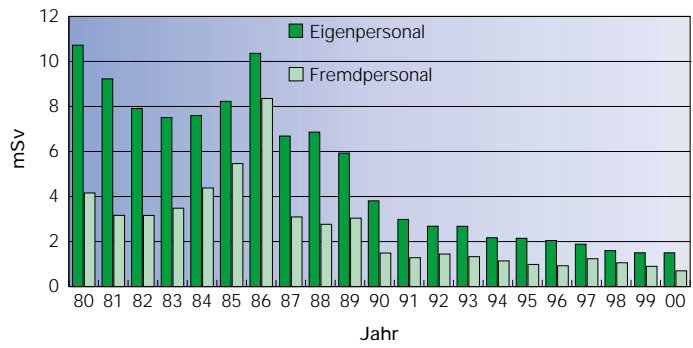
Figur A8

Mittlere Jahresindividuale Dosen (mSv) der Kraftwerke, 1980–2000

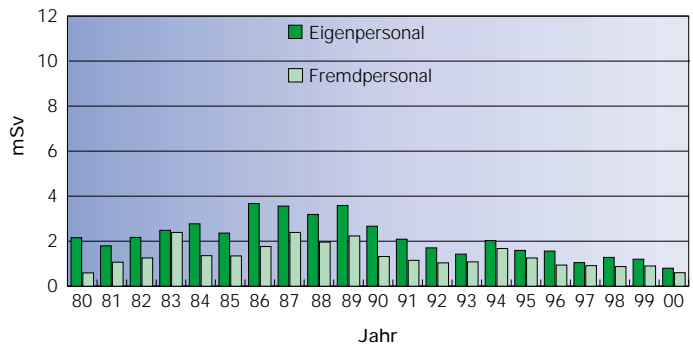
KKB 1, 2



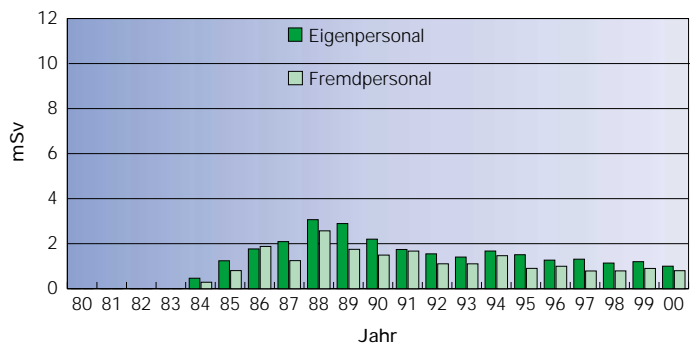
KKM



KKG



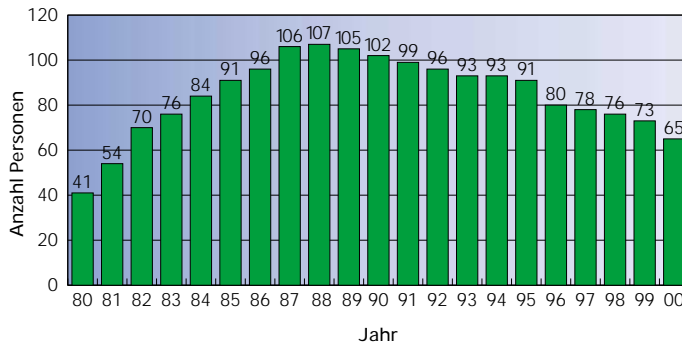
KKL



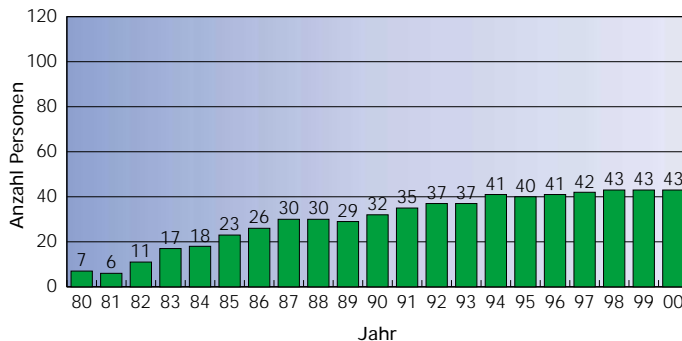
Figur A9

Personen mit einer beruflichen Lebensdosis >200 mSv, Kraftwerke, 1980–2000

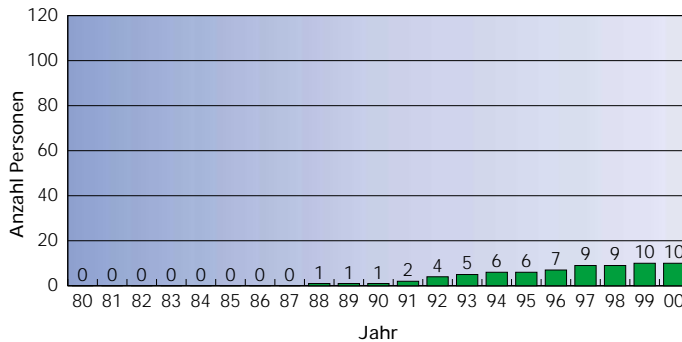
KKB 1, 2



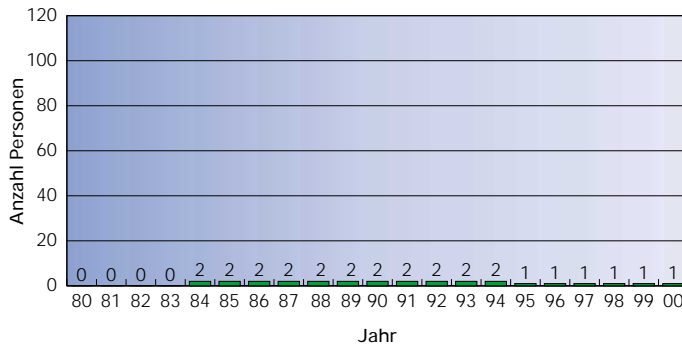
KKM



KKG

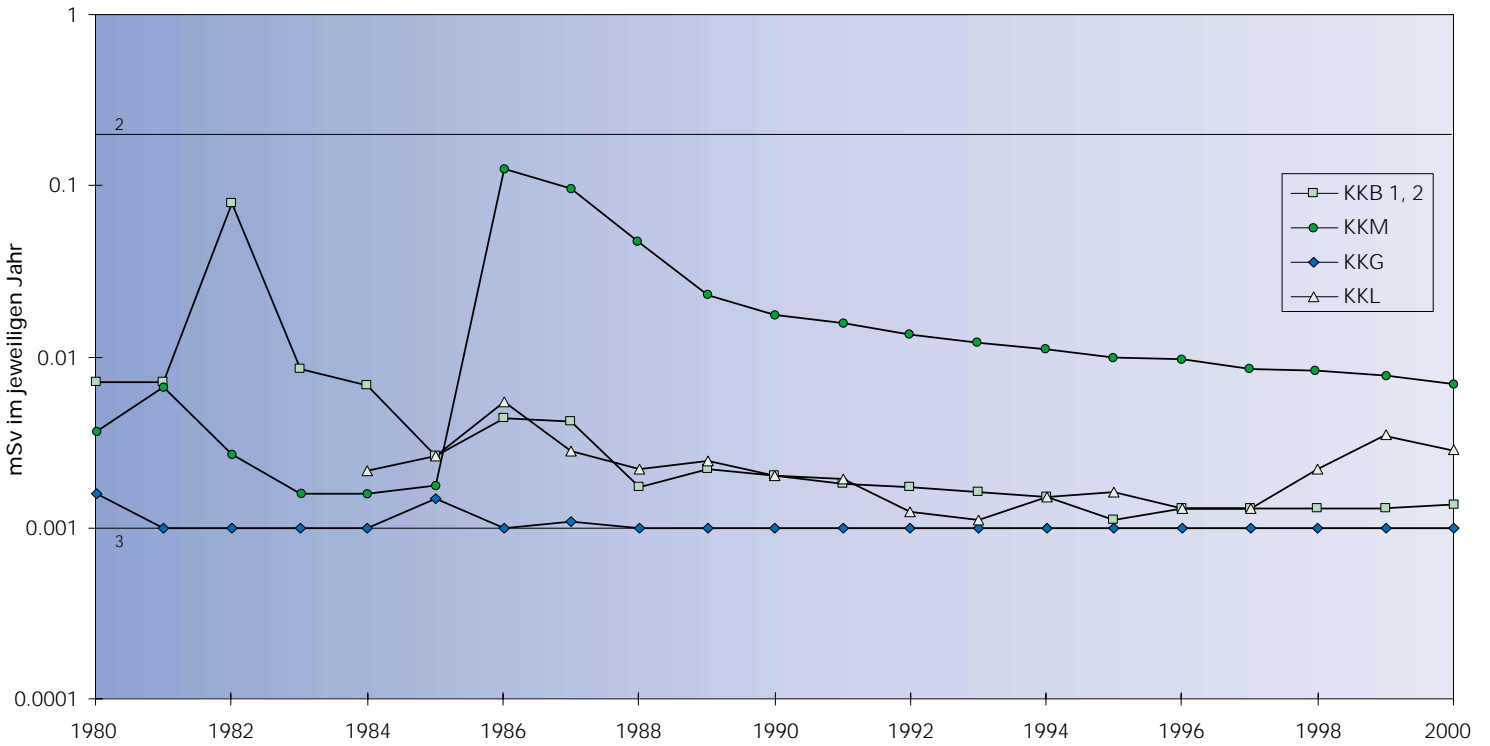


KKL



Figur A10

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.

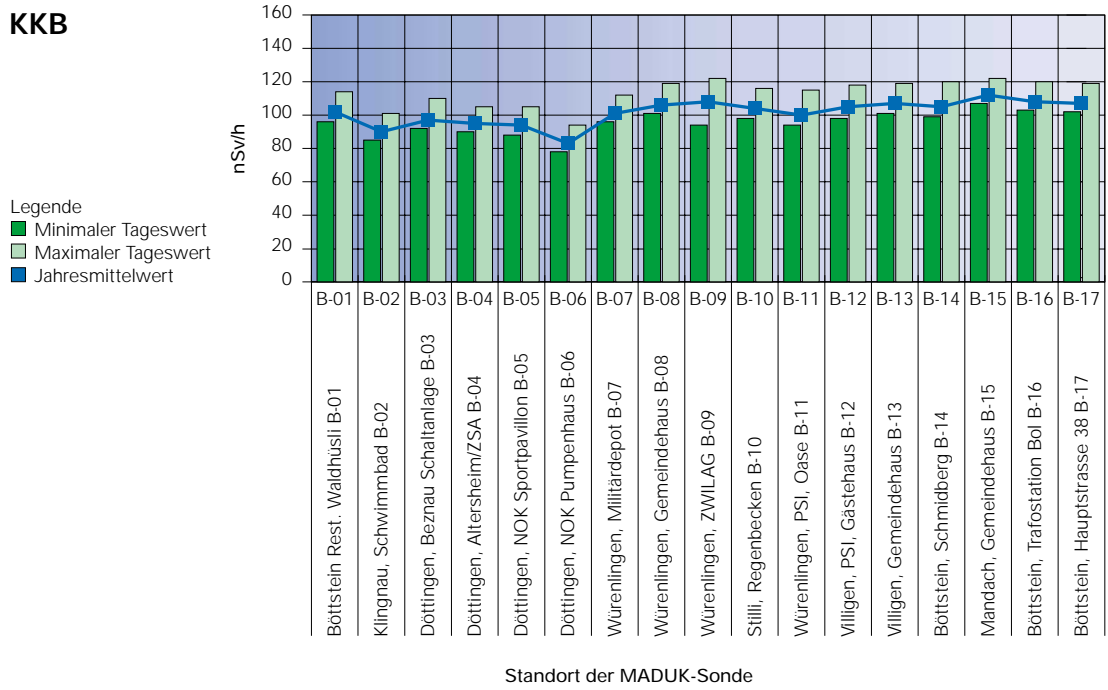
² Quellenbezogener Dosisrichtwert (StSV Art. 7, HSK-Richtlinie R-11).

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

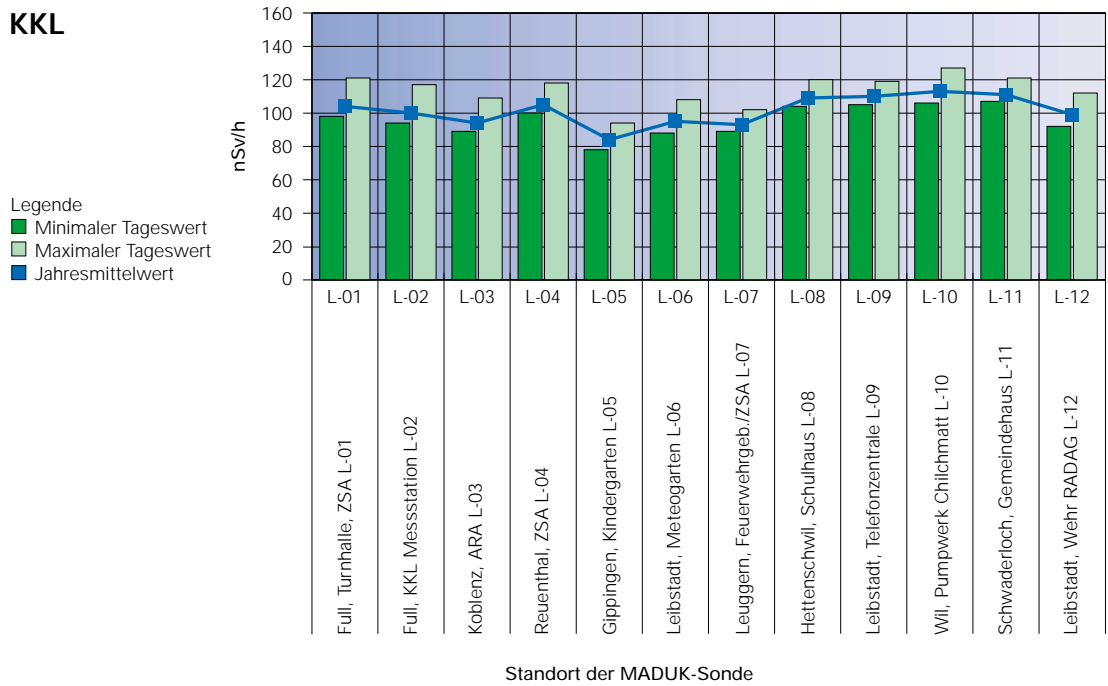
Figur A11

Ortsdosisleistung der MADUK-Sonden im Jahre 2000

KKB

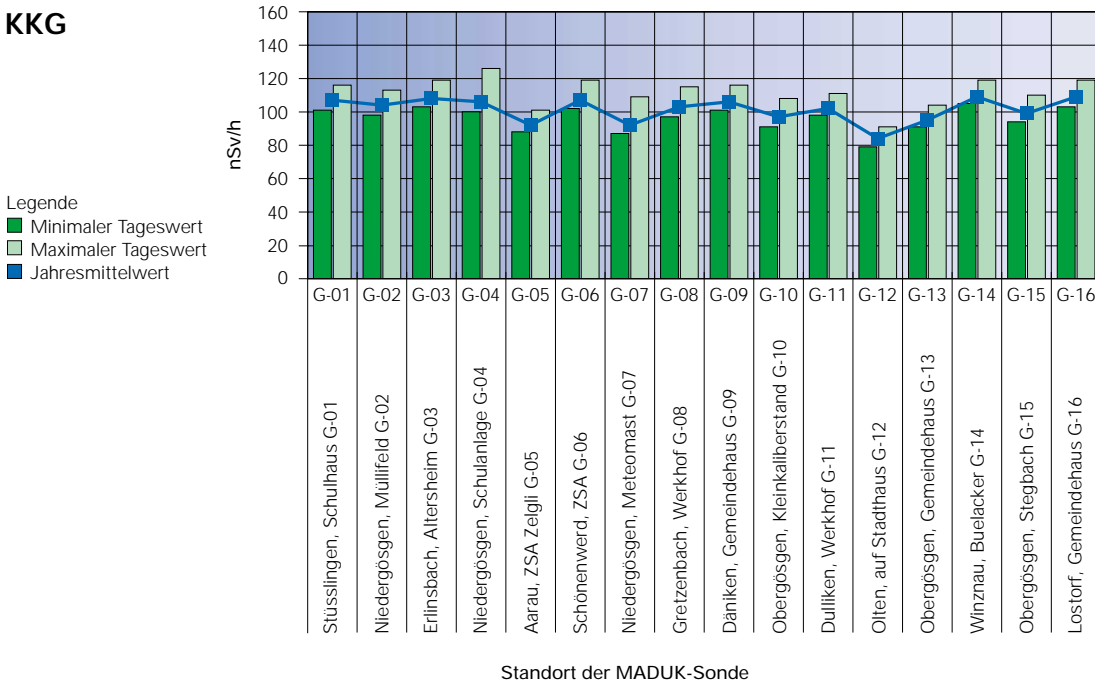


KKL



Ortsdosisleistung der MADUK-Sonden im Jahre 2000

KKG



KKM

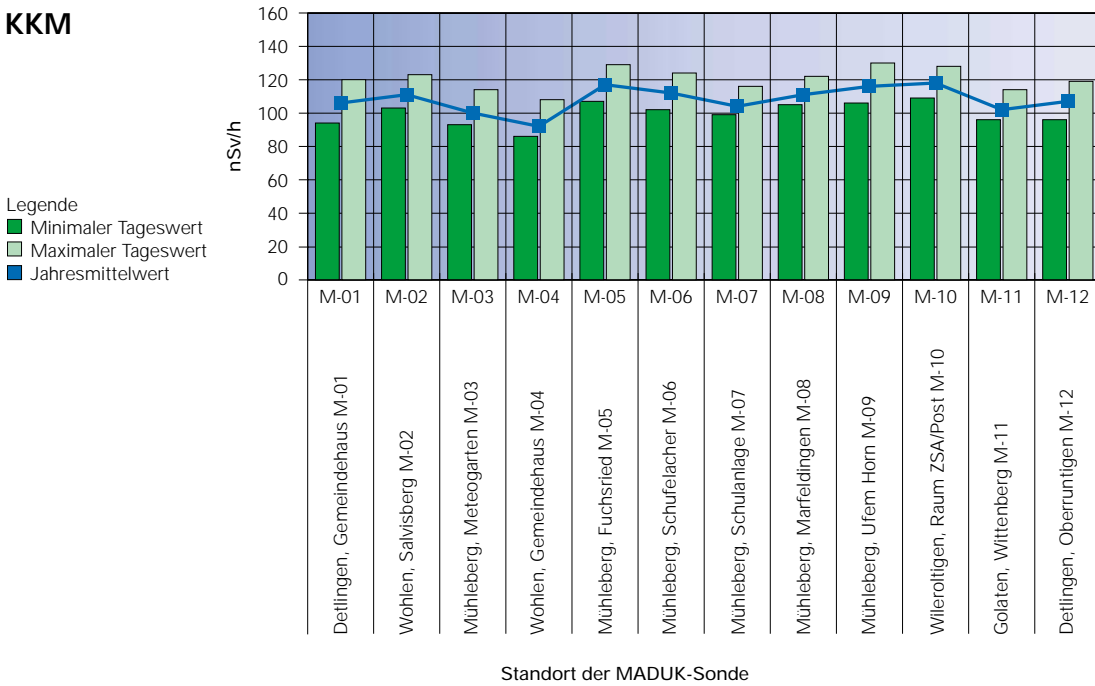


Tabelle B1	Liste der schweizerischen Richtlinien und Empfehlungen	102
Tabelle B2	Internationale Störfall-Bewertungsskala für Kernanlagen (INES)	105
Tabelle B3	Die Hauptdaten der schweizerischen Kernkraftwerke	107
Figur B1	Funktionsschema eines Kernkraftwerks mit Druckwasserreaktor	108
Figur B2	Funktionsschema eines Kernkraftwerks mit Siedewasserreaktor	108
Verzeichnis der Abkürzungen		109

Tabelle B1

Liste der schweizerischen Richtlinien und Empfehlungen

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 Institutes	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 Waste	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

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, 1E 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 Kursen für Strahlenschutz-Kontrolleure und -Chefkontrolleure; Prüfungsordnung	Mai 1990
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-42/e	Responsibility for decisions to implement particular measures to mitigate the consequences of a severe accident at a nuclear installation	März 1993
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-100/d	Anlagezustände eines Kernkraftwerks	Juni 1987

Tabelle B1 (Fortsetzung)

Liste der schweizerischen Richtlinien und Empfehlungen

Richtlinie	Titel der Richtlinie	Datum der gültigen Ausgabe
R-101/d	Auslegungskriterien für Sicherheitssysteme von Kernkraftwerken mit Leichtwasser-Reaktoren	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 NPP 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 betr. Ausführungen und Ausrüstungen 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>	

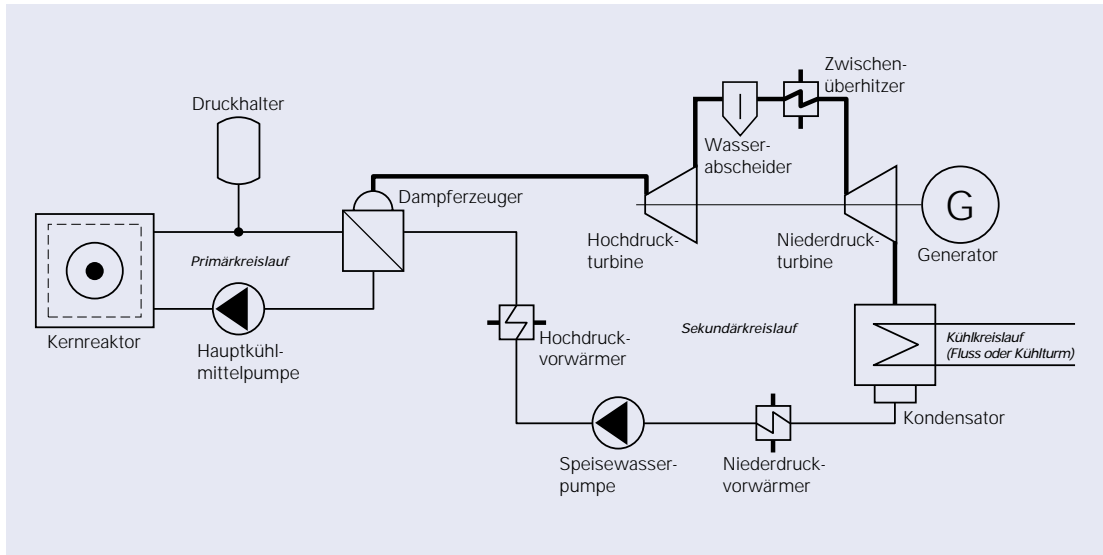
Tabelle B3

Die Hauptdaten der schweizerischen Kernkraftwerke

	KKB 1	KKB 2	KKM	KKG	KKL
Thermische Leistung [MW]	1130	1130	1097	3002	3420 3440 (ab 17.3.2000) 3515 (ab 11.10.2000)
Elektrische Bruttoleistung [MW]	380	380	372	1020	1170 1177 (ab 17.3.2000) 1200 (ab 11.10.2000)
Elektrische Nettoleistung [MW]	365	365	355	970	1115 1122 (ab 17.3.2000) 1145 (ab 11.10.2000)
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

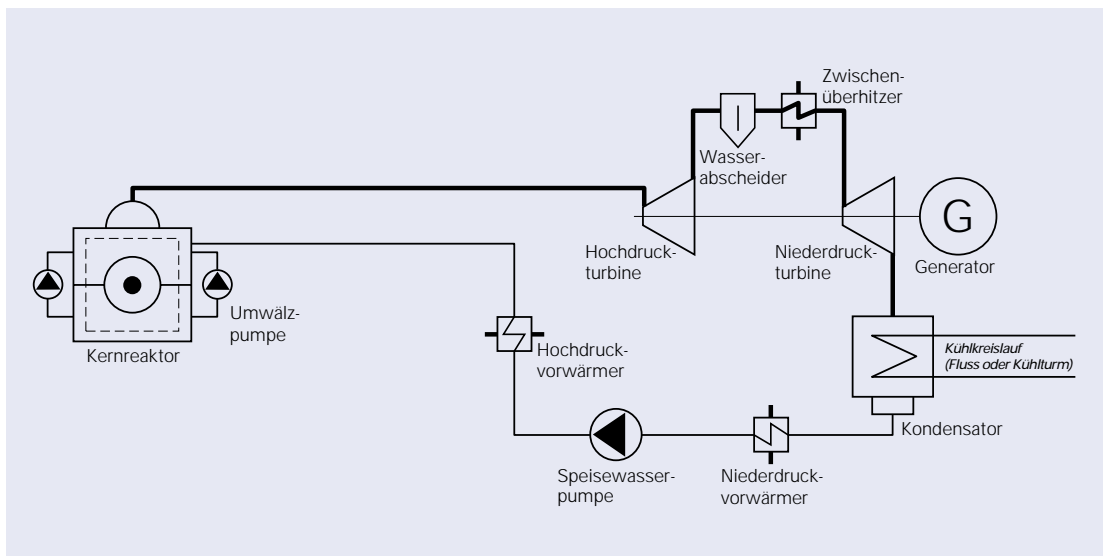
Figur B1

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
EKS	Eidgenössische Kommission für Strahlenschutz (Ende 2000 abgelöst durch KSR)
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
KUER	Eidgenössische Kommission zur Überwachung der Radioaktivität (Ende 2000 abgelöst durch KSR)
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-Elektronvolt = 10^8 Elektronvolt
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 Oxide 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

Impressum

HSK Jahresbericht 2000

Herausgeber

Hauptabteilung für die Sicherheit
der Kernanlagen (HSK)

CH-5232 Villigen-HSK

Telefon ++41(0)56 310 38 11

Telefax ++41(0)56 310 39 95

und ++41(0)56 310 39 07

zu beziehen bei

Hauptabteilung für die Sicherheit
der Kernanlagen

Informationsdienst

CH-5232 Villigen-HSK

oder per E-Mail

Infodienst@hsk.psi.ch

Übersetzungen

Dieser Jahresbericht ist auch in den
Sprachen Französisch und Englisch
erhältlich.

Massgebend ist die deutsche Fassung.

Zusätzlich zu diesem Jahresbericht...

...informiert die HSK in separaten
Publikationen über weitere Aufgaben
aus ihrem Arbeits- und Aufsichtsgebiet.

abrufbar unter

www.hsk.psi.ch

© HSK, März 2001

HSK, Würenlingen (Schweiz)

Postadresse

HSK

CH-5232 Villigen-HSK

Telefon ++41(0)56 310 38 11

Telefax ++41(0)56 310 39 95

und ++41(0)56 310 39 07

Internet www.hsk.psi.ch