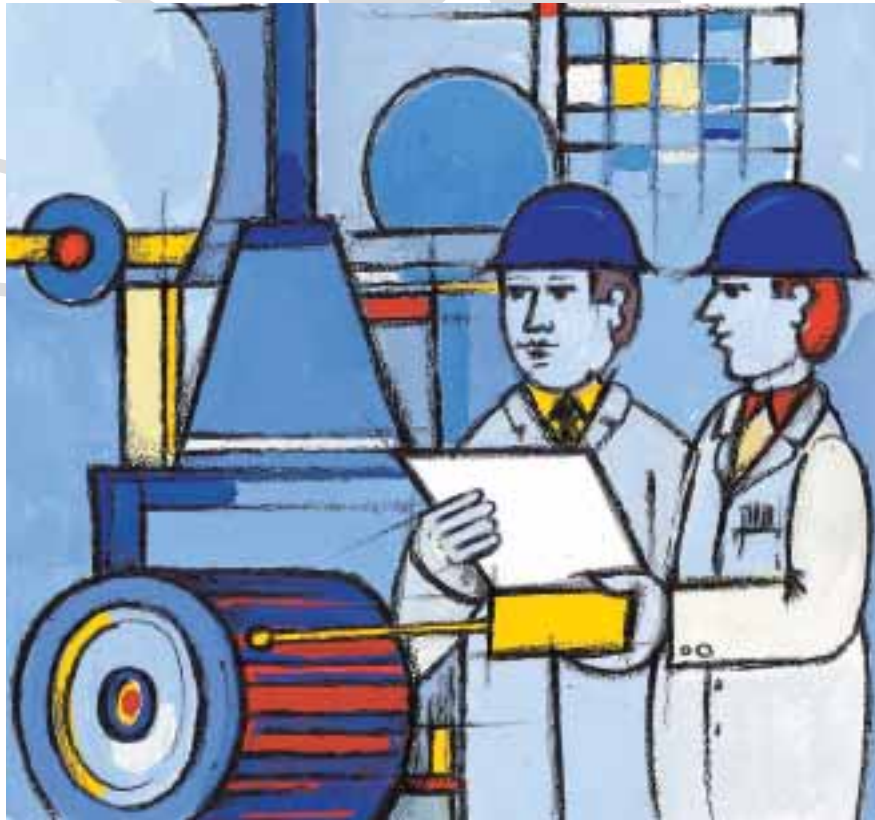


# JAHRESBERICHT 2002

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 2002



## **Titelbild**

HSK beaufsichtigt  
die schweizerischen  
Kernanlagen.

Illustration von Rolf Imbach,  
Solithurn

---

HSK-AN-4200  
KSA-AN-2170

# INHALT

<b>Vorwort</b>	<b>4</b>
<b>Übersicht</b>	<b>6</b>
<b>Organisation</b>	<b>9</b>
<b>1. Kernkraftwerk Beznau</b>	<b>10</b>
1.1 Betriebsdaten und Betriebsergebnisse	10
1.2 Anlagensicherheit	10
1.3 Strahlenschutz	13
1.4 Personal und Organisation	16
1.5 Gesamteindruck aus der Sicht der HSK	17
<b>2. Kernkraftwerk Mühleberg</b>	<b>18</b>
2.1 Betriebsdaten und Betriebsergebnisse	18
2.2 Anlagensicherheit	18
2.3 Strahlenschutz	20
2.4 Personal und Organisation	23
2.5 Gesamteindruck aus der Sicht der HSK	24
<b>3. Kernkraftwerk Gösgen</b>	<b>25</b>
3.1 Betriebsdaten und Betriebsergebnisse	25
3.2 Anlagensicherheit	25
3.3 Strahlenschutz	28
3.4 Personal und Organisation	30
3.5 Gesamteindruck aus der Sicht der HSK	31
<b>4. Kernkraftwerk Leibstadt</b>	<b>32</b>
4.1 Betriebsdaten und Betriebsergebnisse	32
4.2 Anlagensicherheit	32
4.3 Strahlenschutz	36
4.4 Personal und Organisation	38
4.5 Gesamteindruck aus der Sicht der HSK	39
<b>5. Anlagenübergreifende Themen zu den schweizerischen Kernkraftwerken</b>	<b>40</b>
5.1 Probabilistische Sicherheitsanalyse und Accident Management	40
5.2 Alterungsüberwachung	42
5.3 Radioaktive Abfälle	43
5.4 Inspektionen im Jahre 2002	44
5.5 Notfallbereitschaft	45
5.6 Beurteilung der Stilllegungsstudien der schweizerischen Kernkraftwerke	47
5.7 Zur Sicherheit der schweizerischen Kernkraftwerke bei einem vorsätzlichen Flugzeugabsturz	48
<b>6. Zentrales Zwischenlager Würenlingen</b>	<b>49</b>
6.1 Zwischenlagergebäude	49
6.2 Konditionierungsanlage	50
6.3 Verbrennungs- und Schmelzanlage	51
6.4 Abfälle aus der Wiederaufarbeitung	51
6.5 Beschaffung von Transport- und Lagerbehältern	52

<b>7. Paul Scherrer Institut (PSI)</b>	<b>53</b>
7.1 Die Kernanlagen des PSI	53
7.2 Forschungsreaktor PROTEUS	53
7.3 Rückbau der Forschungsreaktoren SAPHIR und DIORIT	54
7.4 Hotlabor	54
7.5 Behandlung radioaktiver Abfälle	55
7.6 Lagerung radioaktiver Abfälle	56
7.7 Besondere Vorkommnisse	57
7.8 Strahlenschutz	57
7.9 Personal und Organisation	57
7.10 Gesamteindruck	58
<hr/>	
<b>8. Weitere Kernanlagen</b>	<b>59</b>
8.1 Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL)	59
8.2 Universität Basel	59
8.3 Versuchatomkraftwerk Lucens	60
<hr/>	
<b>9. Transport von radioaktiven Stoffen</b>	<b>61</b>
9.1 Genehmigungen nach Gefahrgutgesetzgebung	61
9.2 Bewilligungen nach Strahlenschutzgesetzgebung	61
9.3 Bewilligungen nach Atomgesetzgebung	61
9.4 Transport abgebrannter Brennelemente und verglaster hochaktiver Abfälle	62
9.5 Inspektionen und Audits	63
9.6 Ausbildung und Information	63
<hr/>	
<b>10. Geologische Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle</b>	<b>64</b>
10.1 SMA-Lager Wellenberg	64
10.2 Lager für hochaktive Abfälle, vorbereitende Handlungen	65
<hr/>	
<b>11. Lehrreiche Vorkommnisse in ausländischen Kernanlagen</b>	<b>67</b>
11.1 Informationsquellen für Vorkommnisse in ausländischen Kernanlagen	67
11.2 Starke Korrosion am Reaktordruckbehälter-Deckel eines Druckwasserreaktors durch Borsäure	67
11.3 Bersten einer Rohrleitung infolge Wasserstoff-Explosion in einem Siedewasserreaktor	69
11.4 Weiterleitung gefälschter Dokumente an die Aufsichtsbehörde	71
11.5 Bruch eines Dampferzeuger-Heizrohres in einem Druckwasserreaktor	72
<hr/>	
<b>12. Regulatorische Sicherheitsforschung</b>	<b>73</b>
<hr/>	
<b>13. Internationales</b>	<b>75</b>
<hr/>	
<b>Anhang A</b>	<b>77</b>
<hr/>	
<b>Anhang B</b>	<b>105</b>
<hr/>	
<b>Verzeichnis der Abkürzungen</b>	<b>113</b>
<hr/>	

# VORWORT



## Sicherheit bleibt eine Herausforderung

Für das Jahr 2002 bescheinigt die HSK den Kernanlagen erneut ein hohes Sicherheitsniveau und einen zuverlässigen Betrieb. Nur wenige Störungen und meldepflichtige Ereignisse sind aufgetreten. Alle Transporte wurden zuverlässig und frei von Kontaminationen durchgeführt. Auch in der Stellungnahme zur Periodischen Sicherheitsüberprüfung des Kernkraftwerks Mühlberg stellt die HSK ein hohes

Mass an technischer und organisatorischer Sicherheitsvorsorge fest.

Doch was bedeutet das eigentlich: ein hohes Sicherheitsniveau, ein hohes Mass an Vorsorge?

Sicherheit kann nicht objektiv gemessen werden, wie etwa eine Länge oder ein elektrischer Widerstand. Es gibt keinen absoluten Massstab dafür. In der Bewertung von Sicherheit steckt immer auch eine Beurteilung, Sicherheit enthält eine subjektive Komponente und ist von der persönlichen Wahrnehmung geprägt. Was für den einen sicher ist, z. B. ein Flugzeug zu benutzen, kann vom andern als unsicher empfunden werden. In der Technik werden deshalb häufig Systeme miteinander verglichen, um eine Aussage über deren Sicherheit relativ zueinander zu machen. Dabei verwendet man meistens Systeme als Beurteilungsgrundlage, die allgemein als sicher empfunden werden.

Im Bereich der Kernenergie hat man von Beginn an zahlreiche Massnahmen ergriffen, um, verglichen mit anderen technischen Anlagen und der natürlichen Strahlenbelastung, ein hohes Sicherheitsniveau zu gewährleisten. Die Sicherheit von Kernkraftwerken beruht auf den drei Standbeinen:

*Vorbeugen* – Störungen sollen weitgehend vermieden werden,

*Beherrschen* – falls eine Störung auftritt, ist diese sicher zu beherrschen,

*Mildern* – ereignet sich dennoch ein schwerer

Unfall, müssen dessen Konsequenzen soweit als möglich gemildert werden.

Die Massnahmen, mit denen dieses Konzept umgesetzt wird, sind vielfältig. Ich erwähne hier einige Beispiele:

– *Vorbeugen* – Verwendung qualitätsgesicherter Materialien und Komponenten, periodische Prüfung und vorbeugende Instandhaltung aller sicherheitsrelevanten Einrichtungen, hochqualifiziertes und gut ausgebildetes Personal.

– *Beherrschen* – mehrfach vorhandene Sicherheitseinrichtungen; mehrere hintereinander gestaffelte technische Barrieren gegen die Freisetzung radioaktiver Stoffe; vorsorglicher Schutz der Anlage gegen Einwirkungen von innen (technische Störungen) und aussen (naturbedingte wie auch zivilisatorische Einflüsse).

– *Mildern* – die Notfallorganisationen der Werke und der Behörden, die im Rahmen von Notfallübungen regelmässig überprüft werden.

Die Sicherheit in einem Kernkraftwerk ist somit ein Puzzle zahlreicher Massnahmen, die ineinander greifen. Sie ist ein vernetztes System, das aus ganzheitlicher Perspektive betrachtet werden muss. Miteinander vernetzte Sicherheitsmassnahmen bilden auch ein verlässliches Sicherheitsnetz. Fehler, seien es menschliche oder technische, die in einem Werk nie ganz ausgeschlossen werden können, werden aufgefangen. Die Erfahrungen zeigen denn auch, dass einzeln eintretende Fehler in einem Kernkraftwerk in der Regel problemlos beherrscht werden. Erst wenn mehrere Fehler gleichzeitig auftreten, kann sich aus einer Störung möglicherweise eine schwieriger zu beherrschende Situation entwickeln. Zu den Vorsorgemassnahmen, mit denen schwer beherrschbare Situationen vermieden werden, gehört daher unter anderem, dass jede noch so kleine Störung in einer Kernanlage im Hinblick auf ihre Ursachen und möglichen Folgen genau analysiert wird, um daraus eventuelle Verbesserungsmassnahmen abzuleiten. Dies gilt nicht nur für die eigene, sondern auch für andere, vergleichbare Anlagen.

Absolute Sicherheit gibt es nicht. Keine Tätigkeit ist absolut sicher – im Alltag gehen wir damit bewusst oder unbewusst um. Wir wissen

sehr wohl, dass Autofahren oder Fliegen Gefahren in sich bergen. Da die Wahrscheinlichkeit für einen schweren Verkehrsunfall oder Flugzeugabsturz aber erfahrungsgemäss klein ist und der Nutzen der Transportmittel auf der Hand liegt, nehmen wir die Gefahr unterwegs immer wieder neu in Kauf. Im Alltag haben wir somit neben den möglichen Folgen eines Unfalls auch dessen Wahrscheinlichkeit im Blick. Wir denken risiko- und nicht gefahrenorientiert. Anders wäre Leben auch gar nicht möglich, würde jede neue Entwicklung – sei es im persönlichen oder im gesellschaftlichen Bereich – blockiert.

Auch der Betrieb eines Kernkraftwerks ist nicht frei von Risiken. Eine Störung in einem Kernkraftwerk kann sich zu einem grösseren Unfall ausweiten und die Umgebung mit radioaktiver Strahlung belasten. Die Wahrscheinlichkeit für einen schwereren Unfall in schweizerischen Kernkraftwerken entzieht sich allerdings weitgehend der alltäglichen Vorstellung: Nach aktuellen, eher pessimistischen Berechnungen liegt sie im Bereich von einem Ereignis in etwa 100 000 Betriebsjahren. Die Wahrscheinlichkeit, dass ein solches Ereignis während der Lebensdauer eines Kernkraftwerks eintreten wird, ist somit äusserst gering.

Sie ist jedoch nicht gering genug, dass die HSK sich darauf ausruhen könnte. Wir bleiben aufmerksam und wenden uns bei unserer Aufsicht tagein tagaus mit kritischem Blick auf den Betrieb der Kernanlagen. Dabei sehe ich auch

die Anstrengungen der Betreiber, ihre Anlage so sicher wie möglich zu betreiben, und spüre das Verantwortungsbewusstsein der Mitarbeitenden in den Kernanlagen. Diese Beobachtung hindert uns aber nicht daran, täglich genau hinzuschauen, dass Verantwortung auch wahrgenommen und der Sicherheit bei allen Tätigkeiten die oberste Priorität eingeräumt wird. Unsere Aufsichtstätigkeit, unsere häufige Präsenz in den Anlagen, unsere kritischen Überprüfungen der Änderungsanträge, unsere eingehenden Analysen aller noch so scheinbar unbedeutenden Störungen sind ein wichtiger Pfeiler für den sicheren Betrieb der schweizerischen Kernkraftwerke und werden es auch in Zukunft sein.

Wir von der Sicherheitsbehörde achten darauf, dass die Betreiber ihre Aufgaben umfassend wahrnehmen, dass Sicherheitskultur gelebt wird. Dabei ruhen wir uns nicht auf dem Erreichten aus. Nur aus dem Bestreben heraus, noch besser zu werden, können unsere Kernanlagen weiterhin sicher und zuverlässig betrieben werden. Dafür setzen wir von der HSK uns jeden Tag ein.



U. Schmocker

# ÜBERSICHT

## Allgemeines zur Aufgabe der HSK

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

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

Bewilligungsbehörde für Kernanlagen ist der Bundesrat. Bei seiner Entscheidungsfindung stützt er sich im Wesentlichen auf die von der HSK verfassten Gutachten zu Gesuchen der Anlagenbetreiber.

Die HSK unterhält eine eigene Notfallorganisation. Sie ist Bestandteil einer landesweiten Notfallorganisation, welche im Fall von schweren Störfällen in den schweizerischen Kernanlagen zum Tragen kommt.

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 korrekt, rasch und offen zu informieren. Im Allgemeinen werden die Informationen als Medienmitteilungen oder Interviews über die Medien und bei öffentlichen Veranstaltungen herausgegeben. Auf ihrer Homepage ([www.hsk.psi.ch](http://www.hsk.psi.ch)) im Internet publiziert die HSK ein breites Angebot an Informationen.

## Inhalt des vorliegenden Jahresberichts

Die Aufsicht über die schweizerischen Kernkraftwerke von Beznau, Gösgen, Leibstadt und Mühleberg, über die Kernanlagen des Paul Scherrer Instituts (PSI) und über das Zentrale Zwischenlager bildete auch in diesem Berichtsjahr das Schwergewicht der Tätigkeit der HSK.

Im vorliegenden Jahresbericht legt die HSK in den Kapiteln 1 bis 4 ihre Beurteilungen und Kommentare über die vier schweizerischen Kernkraftwerke dar. Im Kapitel 5 werden allgemeine Themen wie z. B. probabilistische Sicherheitsanalysen und Notfallbereitschaft angesprochen.

Kapitel 6 ist dem Zentralen Zwischenlager in Würenlingen gewidmet. Hier werden seit 2001 radioaktive Abfälle, insbesondere verglaste hochaktive Abfälle und abgebrannte Brennelemente angeliefert und zwischengelagert. In den Kapiteln 7 und 8 berichtet die HSK über ihre Aufsicht über die nuklearen Anlagen am Paul Scherrer Institut sowie über die kleinen Forschungsreaktoren an den Hochschulen von Basel und Lausanne. Die Transporte radioaktiver Stoffe von und zu den Kernanlagen werden im Kapitel 9 behandelt. Im Kapitel 10 widmet sich die HSK den vorbereitenden Handlungen zur geologischen Tiefenlagerung der radioaktiven Abfälle.

Im Kapitel 11 werden sicherheitsrelevante Vorkommnisse, die sich in ausländischen Anlagen ereignet haben, erläutert. Die Auswertung solcher Vorkommnisse soll im Hinblick auf eine mögliche Bedeutung für die Sicherheit der schweizerischen Kernanlagen hinterfragt werden. Zudem soll aus der Erfahrung in anderen Ländern gelernt werden. Wenn Defizite erkannt werden, können die entsprechenden Konsequenzen frühzeitig gezogen werden. In Kapitel 12 werden die von der HSK initiierten, unterstützten und begleiteten Forschungsprojekte zur nuklearen Sicherheit diskutiert. Kapitel 13 beschreibt die internationalen Aktivitäten der HSK.

## Gesamteindruck zu den Kernanlagen

Die HSK legt ihren Gesamteindruck über die Kernkraftwerke Beznau, Mühleberg, Gösgen und

Leibstadt jeweils am Schluss der Kapitel 1 bis 4 sowie über das PSI im Kapitel 7 dar. Die HSK stellt fest, dass der Zustand aller schweizerischen Kernkraftwerke in Bezug auf die nukleare Sicherheit gut ist. Auch am PSI werden die Nuklearanlagen gut betrieben und unterhalten. Dem Strahlenschutz wird sowohl im Anlagenbetrieb als auch bei der Behandlung, Lagerung und beim Transport überall die notwendige Beachtung geschenkt. Die Vorschriften wurden generell eingehalten. In allen Kernkraftwerken und am PSI sind die Jahreskollektivdosen tief. Sorgfältige Planung der Arbeiten im Strahlenfeld und die Anwendung von Abschirmungen haben hier zum positiven Resultat beigetragen. Die Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umwelt lagen an allen Standorten weit unterhalb der behördlich festgelegten Grenzwerte. Für die Bevölkerung ergab sich damit eine unbedeutende Strahlendosis.

### Zentrales Zwischenlager Würenlingen

Das Zentrale Zwischenlager der ZWILAG (Zwischenlager Würenlingen AG) umfasst Zwischenlagergebäude, eine Konditionierungsanlage sowie eine Verbrennungs- und Schmelzanlage. Die Lagerhallen stehen seit der Freigabe durch die HSK vom Juni 2001 in Betrieb; hingegen waren Ende des Berichtsjahres 2002 die Freigaben einerseits für die Konditionierungsanlage und andererseits für die Verbrennungs- und Schmelzanlage noch nicht erteilt. Im Juli 2002 hat die ZWILAG den Antrag für eine Teilfreigabe der Konditionierungsanlage an die HSK eingereicht. Nach eingehenden Prüfungen und Inspektionen erteilte die HSK der ZWILAG im Februar 2003 eine Teilbetriebsfreigabe für diese Anlage.

ZWILAG hat die Bauarbeiten für das Lagergebäude für schwach- und mittelaktive Abfälle (SMA) im 2002 fortgesetzt. Dieses Gebäude wird erst in einigen Jahren für die Einlagerung von SMA benötigt. Die ZWILAG will dieses Lagergebäude während der nächsten Jahre als konventionelles Lager nutzen.

In der Behälterlagerhalle standen Ende 2001 drei Transport- und Lagerbehälter (TL-Behälter). Im Jahr 2002 wurden weitere sieben TL-Behälter eingelagert. Der Lagerbestand per Ende 2002 betrug somit zehn Behälter: sieben sind mit abgebrannten Brennelementen und drei mit Glaskokillen gefüllt. Die Einlagerung eines jeden TL-Behälters bedarf einer eigenen Freigabe.

Während der Inbetriebsetzung und der Testphase der Verbrennungs- und Schmelzanlage in

den Jahren 2000 und 2001 wurden verschiedene Mängel festgestellt. In der Folge wurden Änderungen an dieser Anlage vorgenommen. Die HSK beaufsichtigte die Arbeiten der ZWILAG im Hinblick auf die Inbetriebnahme dieser Anlage und konnte sich insbesondere während der letzten Testbetriebsphase und des ersten Teils der Inbetriebnahme mit inaktiven Materialien von den erzielten Fortschritten überzeugen. Wenn die noch ausstehenden Schritte erfolgreich verlaufen und die Pendenzen erledigt sind, kann die HSK den ersten Probebetrieb mit aktiven Stoffen freigeben. Dies dürfte im Jahr 2003 der Fall sein.

### Transporte radioaktiver Stoffe

Im Jahr 2002 erfolgten zehn Transporte abgebrannter Brennelemente aus den schweizerischen Kernkraftwerken: zwei zur Wiederaufarbeitungsanlage der COGEMA im französischen La Hague, drei zu BNFL im englischen Sellafield und fünf zum Zentralen Zwischenlager im aargauischen Würenlingen. Zudem fanden zwei Rückführungen von hochaktiven Abfällen in Form von Glaskokillen aus Frankreich zum Zentralen Zwischenlager der ZWILAG statt.

Die HSK veröffentlichte im November ihre Bilanz über die Transporte. Darin nimmt sie Stellung zu den 37 Transporten mit abgebrannten Brennelementen und zu den drei Transporten mit Glaskokillen, die zwischen August 1999 und Oktober 2002 durchgeführt wurden. Diese Transporte erfolgten ohne Überschreitung der gefahrgutrechtlichen Grenzwerte. Die HSK legte in ihrem Bilanz-Bericht auch die Bedingungen für die Abwicklung der zukünftigen Transporte fest. Die geforderten technischen und organisatorischen Massnahmen tragen nachhaltig zur sicheren und kontaminationsfreien Durchführung solcher Transporte bei und werden deshalb weitergeführt.

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. Dabei kommen die Empfehlungen der Internationalen Atomenergie Agentur (IAEA) für die sichere Beförderung radioaktiver Stoffe zur Anwendung. Internationale Transporte abgebrannter Brennelemente aus schweizerischen Kernanlagen sowie Transporte in die Schweiz benötigen eine Bewilligung des Bundesamts für Energie. Die HSK ihrerseits ist



zuständig für das Ausstellen von Genehmigungszeugnissen gemäss Gefahrgutgesetzgebung.

Im Kapitel 9 des vorliegenden Jahresberichts wird ausführlicher über die Transporte berichtet.

### **Vorbereitungen zur geologischen Tiefenlagerung**

Das Nidwaldner Stimmvolk lehnte anlässlich der Volksabstimmung vom 22. September 2002 die geplante bergrechtliche Konzession für den Bau eines Sondierstollens am Wellenberg ab. Damit wurden die Projektarbeiten im Hinblick auf ein geologisches Tiefenlager für schwach- und mittelaktive Abfälle am Wellenberg eingestellt.

Das Programm für die geologische Tiefenlagerung der hochaktiven und langlebigen mittelaktiven Abfälle stand im Jahre 2002 im Zeichen des verlangten Entsorgungsnachweises. Dieser bezieht sich auf ein Modelllager im Opalinuston des Zürcher Weinlands und enthält drei Teile: den Sicherheitsnachweis, den Standortnachweis und den Machbarkeitsnachweis. Die drei Berichte wurden am 20. Dezember 2002 den Bundesbehörden übergeben. Die HSK wird die umfangreichen Unterlagen in den nächsten zwei Jahren überprüfen. Danach wird der Bundesrat über den Entsorgungsnachweis entscheiden und das weitere Vorgehen festlegen.

Im Kapitel 10 des Jahresberichts wird näher auf die Untersuchungsprogramme für die geologische Lagerung der radioaktiven Abfälle eingegangen.

### **Regelwerke und Beurteilungskriterien**

Die Richtlinien der HSK geben jene Kriterien an, nach denen die HSK die Tätigkeiten und Vorhaben der Betreiber von Kernanlagen beurteilt. Sie legen dar, woran sich die Betreiber zu halten haben und was die HSK von ihnen erwartet. Zweck der Richtlinien ist, Rechtssicherheit zu schaffen.

Die HSK-Richtlinien werden periodisch überarbeitet, um sie auf dem aktuellen Stand zu halten. Eine tabellarische Übersicht über alle Richtlinien findet sich im Anhang (Tabelle B1) dieses Jahresberichts.

### **Regulatorische Sicherheitsforschung**

Die HSK unterstützt Forschungsprojekte in den Bereichen Materialforschung, Stör- und Unfall-

forschung, Human Factors sowie Notfall- und Strahlenschutz. Neben den nationalen Projekten werden auch internationale Forschungsoperationen durchgeführt. Die Forschungsergebnisse ermöglichen der HSK, das Sicherheitsniveau der schweizerischen Kernanlagen am aktuellen internationalen Stand von Wissenschaft und Technik zu messen und bilden zudem die Basis für regulatorische Massnahmen und Entschiede. In Kapitel 12 werden die Projekte der regulatorischen Sicherheitsforschung kurz beschrieben. Ausführlichere Berichte sind auf dem Internet unter [www.hsk.psi.ch](http://www.hsk.psi.ch) verfügbar.

### **Internationales**

Als offene, stark international vernetzte Behörde pflegt die HSK ihre gute Zusammenarbeit auf internationaler Ebene, sowohl in den bilateralen als auch in multilateralen Aussenbeziehungen. Sie ermöglichen der HSK, das regulatorische Umfeld im Ausland laufend zu beobachten und ihre Interessen und Positionen sowie das schweizerische Know-how einzubringen.

Die HSK engagierte sich im Jahr 2002 wieder aktiv in den Kommissionen und Arbeitsgruppen der IAEA, der OECD/NEA und in weiteren wichtigen internationalen Vereinigungen. Im April 2002 erhielt die Schweiz bei der zweiten Überprüfungskonferenz zum Übereinkommen über die nukleare Sicherheit eine gute Bewertung. Im Rahmen der bilateralen Vereinbarungen zwischen der Schweiz und Deutschland bzw. Frankreich, fanden die jährlichen Expertentreffen der Deutsch-Schweizerischen Kommission für die Sicherheit kerntechnischer Anlagen (DSK) und der Commission Franco-Suisse de Sûreté des Installations Nucléaires (CFS) statt.

Neben den institutionellen Kontakten wurden auch die engen Arbeitsbeziehungen mit diversen ausländischen Aufsichtsbehörden weiter gepflegt und neue Projekte mit Russland (SWISRUS III) und der Ukraine (SWISS-UKRAINE) gestartet. Die wichtigste Initiative im Bereich der technischen Zusammenarbeit ist das CENS (Zentrum für Nukleare Sicherheit in Osteuropa), welches im September 2002 offiziell eröffnet wurde. Das Zentrum ist in den ersten Monaten seines Bestehens auf grosses internationales Interesse gestossen und wird künftig den Schwerpunkt der technischen Unterstützungsarbeit in den osteuropäischen Staaten bilden. Kapitel 13 geht näher auf die internationalen Aktivitäten der HSK ein.



## Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK)

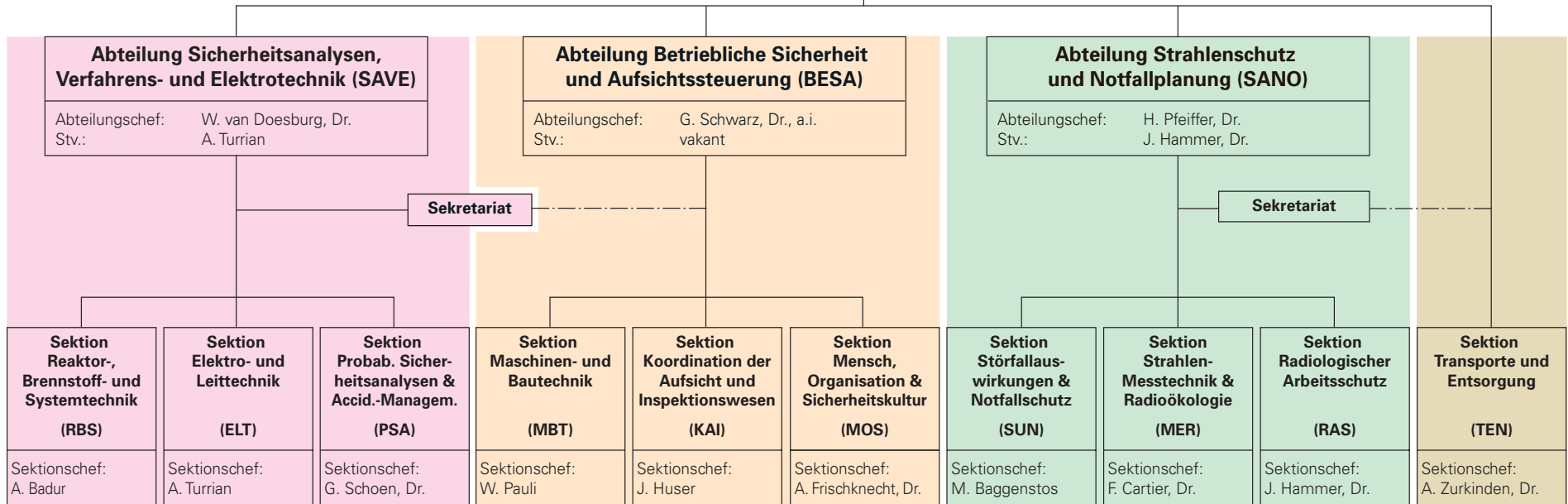
Direktor: U. Schmocker, Dr.      1. Stv.: H. Pfeiffer, Dr.      2. Stv.: G. Schwarz, Dr.

**Sekretariat KSA**  
Chef: B. Hollenstein

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

**Sonderaufgaben**  
vakant

<b>Dienst für Sicherheitsforschung und Internationales (SFI)</b>
Chef: S. Chakraborty
<b>Q-Leiterin</b>
Fr. E. Askitoglu, Dr.



# 1. KERNKRAFTWERK BEZNAU

## 1.1 Betriebsdaten und Betriebsergebnisse

Das Kernkraftwerk Beznau (KKB) der Nordostschweizerischen Kraftwerke AG (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 Nettogleistung 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 2002 eine Arbeitsausnutzung<sup>1</sup> von 91,1 % bzw. 94,3 % und eine Zeitverfügbarkeit<sup>2</sup> von 91,6 % bzw. 95,0 %, wobei der unproduktive Anteil jeweils im Wesentlichen auf den Revisionsstillstand zurückzuführen ist.

Die Zeitverfügbarkeiten und die Arbeitsausnutzungen der letzten 10 Jahre sind in Figur A1 dargestellt.

Im Block 1 dauerte der Revisionsstillstand zur Durchführung des Brennelementwechsels und der Instandhaltungsarbeiten insgesamt 31 Tage. Wegen einem Dampfleck an einer Frischdampf-Isolationsarmatur dauerte er rund 5 Tage länger als geplant.

Im Block 2 fand, wie erstmals im Jahre 2000, eine Kurzabstellung statt. Sie diente primär dem Brennelementwechsel. Bei der Wiederinbetriebnahme des Kraftwerksblocks nach dem Brennelementwechsel zeigten sich Mängel an der Dichtung einer Reaktorhauptpumpe. Die dazu notwendigen Instandsetzungsarbeiten verlängerten die ursprünglich auf 11 Tage veranschlagte Abstellungsdauer auf 17 Tage.

Die Wärmeauskopplung für das regionale Fernwärmenetz (REFUNA) belief sich im Jahr 2002 auf insgesamt 135 GWh<sub>th</sub> für beide Anlagen.

In beiden Blöcken erfolgte im Berichtsjahr keine ungeplante Reaktorschnellabschaltung. Für eine Reparatur an einer Messleitung der Hochdruckturbine musste die Reaktorleistung von Block 1 am 31. Dezember 2002 für etwa 3 Stunden auf 50 % reduziert werden. Zum vorsorglichen Austausch eines Stromwandlers

wurde Block 2 am 27. Mai 2002 für etwa 20 Stunden abgestellt. Der Entscheid für die Abstellung wurde getroffen, nachdem eine Anzeige im Kommandoraum einen Erdschluss an der Eigenbedarfs-Schaltanlage signalisierte.

## 1.2 Anlagensicherheit

### 1.2.1 Besondere Vorkommnisse

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

Im *Block 1* wurde ein Vorkommnis der Klasse B gemäss HSK-Richtlinie R-15 und der Stufe 0 der internationalen Bewertungsskala INES (siehe Anhang Tabelle B2) zugeordnet:

- Bei der Durchführung von Funktionsprüfungen von Ventiltrieben in Sicherheitssystemen müssen jeweils Leitungsabschnitte temporär abgesperrt werden. Bei einem dieser Tests im Mai 2002 wurde das Wiederöffnen einer Handarmatur in der Treibwasserleitung der Notstandsrezirkulation unterlassen. Dieser Zustand wurde zwei Tage später beim Test der Pumpe des gleichen Systems entdeckt. Um sicher zu stellen, dass künftig auch nach Durchführung von Funktionsprüfungen die Bereitschaft sicherheitsrelevanter Systeme wieder gewährleistet ist, wurde neu eine zusätzliche, durch eine unabhängige Person auszuführende Schlusskontrolle eingeführt.

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

- Bei den Primären Nebenkühlwasserpumpen wird monatlich ein Probelauf vorgenommen. Dabei wird die nicht in Betrieb stehende Pumpe durch Handbefehl vom Kommandoraum aus gestartet und die bis dahin laufende Pumpe abgeschaltet. Am 5. Dezember 2002 lief die zu prüfende Pumpe erst nach dreimaliger Betätigung der Ein-Taste an. Ursache dafür war ein Defekt im Leistungsschalter. Die Pumpe wäre auch im Anforderungsfall nicht automatisch angelaufen. Nach dem Austausch des Leistungsschalters konn-

<sup>1</sup> Arbeitsausnutzung (in %): Produzierte Energie, bezogen auf die Nennleistung und eine hundertprozentige Zeitverfügbarkeit.

<sup>2</sup> Zeitverfügbarkeit (in %): Zeit, in der das Werk in Betrieb bzw. in betriebsbereitem Zustand ist.

te die Funktionsprüfung erfolgreich durchgeführt werden.

Beim Vorkommnis in Block 1 waren organisatorische Mängel ausschlaggebend. Das Vorkommnis in Block 2 lässt sich auf technische Mängel zurückführen.

### 1.2.2 Arbeiten während der Stillstände zum Brennelementwechsel

Im *Revisionsstillstand des Blockes 1* vom 28. Juni bis zum 29. Juli 2002 wurden Routine-tätigkeiten wie Brennelementwechsel, elektrische und mechanische Inspektionen, zerstörungsfreie Werkstoffprüfungen, wiederkehrende Funktionsprüfungen an Komponenten und Systemen sowie Instandhaltungs- und Änderungsarbeiten durchgeführt. In Ergänzung zu den üblichen Revisionsarbeiten wurde der Motor einer der beiden Reaktorhauptpumpen ausgetauscht. Zudem wurden die Druckhalter-Sprühventile und die daran angrenzenden Rohrleitungen ersetzt. Aufgrund der ersten Betriebserfahrungen wurden an dem vor zwei Jahren eingebauten Reaktorschutz- und Regelsystem mehrere Änderungen vorgenommen. Im Weiteren wurden Er-tüchtigungen und Erweiterungen im Bereich des Brandschutzes der Primär- und Sekundär-anlagen durchgeführt.

Beim Anfahren der Anlage am 25. Juli 2002 wurde eine geringe Dampfleckage an einer Frischdampf-Isolationsarmatur festgestellt. Daraufhin wurde die Anlage wieder abgefahren und die defekte Dichtung ausgewechselt. Am 29. Juli konnte die Anlage wieder mit dem Netz synchronisiert werden. Vollast wurde am 1. August 2002 erreicht.

Bei den Wiederholungsprüfungen sind besonders die visuelle Inspektion am Reaktordruckbehälterdeckel, die Wirbelstromprüfungen an den Sondenführungsrohren der RDB-Kerninstrumentierung, die Wirbelstromprüfungen der Heizrohre der beiden Dampferzeuger, und die automatisierte Ultraschallprüfung der Mischnaht des Druckhalterstützens zur Druckhalter-Ausgleichsleitung hervorzuheben. Erwähnenswerte Veränderungen oder Mängel, die die sichere Funktion von Komponenten und Systemen gefährden könnten, wurden nicht festgestellt.

*Block 2* wurde wie geplant am 3. August 2002 vom Netz getrennt und für den zweiten Kurzstillstand abgestellt. Die Abstellung dauerte 17 Tage und diente primär dem Brennelementwechsel. Die übrigen Arbeiten konzentrierten sich hauptsächlich auf die System- und Komponententests beim Abstellen sowie beim Wie-

deranfahren der Anlage. Auch im Block 2 wurden keine erwähnenswerten Veränderungen oder Mängel festgestellt. Grössere Instandsetzungsarbeiten und Anlagenänderungen wurden nicht durchgeführt.

Nicht geplant war der Ersatz von zwei Dichtungspartien an einer der beiden Reaktorhauptpumpen. An diesen Komponenten waren während der Abstellung keine Arbeiten vorgesehen. Der Entscheid für den Ersatz der Dichtungen wurde getroffen, nachdem diese beim Anfahren vom 12. August 2002 nicht korrekt funktioniert hatten. Die ursprünglich auf 11 Tage veranschlagte Abstelldauer verlängerte sich dadurch um rund eine Woche. Am 20. August wurde die erste Turbogruppe mit dem Netz synchronisiert. Vollast wurde am 24. August 2002 erreicht.

Eine längere Abstellung des Blocks 2 mit umfangreichen Revisionsarbeiten ist für Juli/August 2003 vorgesehen.

### 1.2.3 Anlagenänderungen

Im *Block 1 und 2* sind im Berichtsjahr folgende Anlagenänderungen durchgeführt worden:

- Die Sicherheitseinspeisepumpen verfügen über eine gemeinsame Mindestmengen- bzw.

**Einbringen eines Transportbehälters mit frischen Brennelementen in das Brennelementbecken-gebäude.**

Foto: KKB



Rücklaufleitung zum Borwassertank. Diese Leitung ist wegen den regelmässig mit hohen Durchflussmengen stattfindenden Probeläufen dieser Pumpen Vibrationen unterworfen. Um das Risiko vibrationsbedingter Schäden zu verkleinern, wurden sowohl in Block 1 wie auch im Block 2 Verbesserungen vorgenommen.

- Die undichten, saugseitigen Absperrklappen zu den Ringraumkompressoren wurden durch neue, luftdichte Klappen ersetzt. Damit kann die Leckage des Ringraums reduziert werden.
- Die Zugänglichkeit des Handantriebs für den Brennelement-Manipulator wurde verbessert. Die Manipulatorbrücke kann nun in abgesenkter Lage der Brennelemente präziser positioniert werden.

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

- Verschiedene Durchdringungen des Sicherheitsgebäudes (Containment) von Prozessrohren wurden auf ihre Knickfestigkeit untersucht. Die Durchdringungen mit kleinen Prozessrohr-

Durchmessern sind mit Stützvorrichtungen ertüchtigt worden. Ein Ausknicken der kleinen Prozessrohre beim lokalen Dichtheitstest der Durchdringungen kann damit in Zukunft vermieden werden.

- Die oberen Dichtungen an den Thermoelement-Durchführungen auf dem Reaktor-Druckgefässdeckel wurden ersetzt. Durch die neue, verbesserte Konstruktion wird die Zeit für Demontage und Remontage der Durchdringungen wesentlich verkürzt. Damit kann auch die Dosisbelastung reduziert werden.
- Wie bereits im letzten Jahr im Block 2 wurden die bestehenden pneumatischen Druckhalter-sprühventile durch neue Magnetregelventile ersetzt. Gleichzeitig erfolgte auch der Ersatz der Rohrleitungen im Bereich der Sprühventile.
- Um den gleichen Ausführungsstand bezüglich Software und Hardware wie im Block 2 zu erreichen, wurden in der diesjährigen Revisionsabstellung des Blocks 1 Modifikationen in der Leittechnik des neuen Reaktorschutz- und Regelsystems durchgeführt.

**Modell einer  
Thermoelement-  
Durchführung auf  
dem Reaktor-  
Druckgefässdeckel.**

Foto: KKB



- Im Containment und im Ringraum wurden brandschutztechnische Beschichtungen angebracht.
- Wie bereits im Jahre 2001 im Block 2, wurden in diesem Jahr im Block 1 drei Magnetventile zu pneumatisch betätigten Drehklappen der Containmentspühl-Zuluft und -Abluft und der Containment-Entlastung durch einen Ventiltyp mit besserer Temperaturfestigkeit und Strahlungsbeständigkeit ersetzt.

Im Block 2 wurden folgende Anlagenänderungen durchgeführt:

- Im Vorjahr wurden die pneumatischen Druckhaltersprühventile durch neue, medium-hilfsgesteuerte Magnetregelventile ersetzt. Während des Revisionsstillstandes 2002 wurde zudem ein Einschaltverzögerer zur Beherrschung von sehr kurzzeitigen Spannungsunterbrüchen infolge Schienenumschaltungen eingebaut.
- Der Tank für das Borsäurekonzentrat wurde mit einer Bypassleitung nachgerüstet. Der Transfer von Borwasser vom Verdampferspeisetank in den Sammeltank kann nun direkt erfolgen.
- Mehrere Brandmeldeeinrichtungen in der Halonzone und im Maschinenhaus wurden an die im letzten Jahr eingebaute Brandmeldezentrale angeschlossen.

#### 1.2.4 Brennstoff und Steuerstäbe

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

Während des Revisionsstillstands von Block 1 wurden 20 neue Uranoxid-Brennelemente dem Kern zugeladen. Darunter befinden sich 8 Brennelemente aus wiederaufgearbeitetem, angereichertem Uran (Enriched Uranium Product, EUP). Der Reaktorkern von Block 1 enthält im Betriebszyklus 2002/03 insgesamt 24 MOX-Brennelemente, die alle bei der belgischen Firma Belgonucléaire gefertigt wurden.

Während des Brennelementwechsels in Block 2 wurden 24 Brennelemente durch 8 neue EUP-Brennelemente und 16 neue MOX-Brennelemente ersetzt. Die Brennstäbe der neuen MOX-Elemente waren bei der französischen Firma COGEMA gefertigt worden. Die HSK überzeugte sich anlässlich eines Besuchs in dieser Anlage von der Qualitätssicherung der Fertigung. Der Reaktorkern von Block 2 enthält im Betriebszyklus 2002/03 insgesamt 32 MOX-Brennelemente, darunter 4 aus der BNFL-Produktion, die seit Mai 1998 schadenfrei im Einsatz sind.

Die Untersuchungen zur Schadensursache von 4 defekten Uran-Plutonium-Mischoxid (MOX)

Brennelementen der britischen Firma BNFL (siehe Jahresberichte 2000, 2001), die im Sommer 2000 entladen worden waren, sind noch nicht abgeschlossen.

## 1.3 Strahlenschutz

### 1.3.1 Schutz des Personals

Im Kalenderjahr 2002 (Daten für 2001 in Klammern) wurden im KKB folgende Kollektivdosen ermittelt:

KKB 1		
Aktionen	Kollektivdosis Personen-Sv	
Revisionsstillstand (2001: Brennelementwechsel)	0,37	(0,08)
Leistungsbetrieb	0,07	(0,07)
gesamte Jahreskollektivdosis	0,44	(0,15)

KKB 2		
Aktionen	Kollektivdosis Personen-Sv	
Brennelementwechsel (2001: Revisionsstillstand)	0,09	(0,69)
Leistungsbetrieb	0,07	(0,07)
gesamte Jahreskollektivdosis	0,16	(0,76)

KKB 1 + 2		
Aktionen	Kollektivdosis Personen-Sv	
Revisionsstillstand bzw. BE-Wechsel	0,46	(0,77)
Leistungsbetrieb	0,13	(0,14)
gesamte Jahreskollektivdosis	0,59	(0,91)

Die Kollektivdosis ist angesichts des Umfangs der durchgeführten Arbeiten tief. Die höchste im KKB akkumulierte Individualdosis beträgt 11,7 mSv (14,2 mSv) und liegt damit unter dem Dosisgrenzwert der Strahlenschutzverordnung für beruflich strahlenexponierte Personen von 20 mSv pro Jahr. Nähere Angaben sind aus den Tabellen A5 bis A10 und den Figuren A5 bis A8 ersichtlich. Während der gesamten Berichtsperiode ist keine Personenkontamina-

tion aufgetreten, die nicht mit den üblichen Mitteln (Händewaschen, Duschen) entfernt werden konnte. Die Inkorporationsüberwachung mittels Quickcounter ergab keinen Hinweis auf Inkorporationen. In beiden Blöcken der Anlage Beznau traten an den allgemein zugänglichen Orten keine unzulässigen Kontaminationen auf, wie laufend durchgeführte Kontaminationskontrollen der Luft und der Oberflächen bestätigten.

In Block 1 blieb die Dosisleistung an den Primärkomponenten während des Revisionsstillstandes auf tiefem Niveau stabil. Die erhöhten Kobalt-58 (Co-58) Ablagerungen, welche durch die geringfügigen Änderungen der Primärwasserchemie im Jahr 2000 zustande kamen, konnten durch eine optimale Abfahrchemie vor der Revision entfernt werden. Die Reinigung des Primärwassers wurde bei 80 °C statt bei 120 °C durchgeführt. Das im Kreislauf vorhandene Co-58 lag bei dieser Temperatur nicht mehr in kolloidaler Form vor und konnte deshalb mit dem vorhandenen Ionenaustauscher-Mischbettfilter signifikant reduziert werden. Aufgrund der geplanten Arbeiten wurde im Sicherheitsgebäude ein neues Abschirmkonzept angewendet. In einem Sektor des Containments, in dem keine Arbeiten geplant waren, wurde auf die Standardabschirmungen verzichtet und der Bereich statt dessen abgesperrt. Durch die Reduktion der Abschirmmassnahmen wurde die Strahlenbelastung für die Abschirmspezialisten und Gerüstbauer niedrig gehalten. Insgesamt wurden im Sicherheitsgebäude 30 Tonnen Blei als Abschirmung eingesetzt. Die Strahlenpegel konnten dadurch an den Arbeitsplätzen durchschnittlich um den Faktor 3 gesenkt werden. An einzelnen Stellen wurden Abschirmfaktoren von über 10 erreicht. Durch die getroffenen Massnahmen konnten insgesamt etwa 260 Pers.-mSv eingespart werden. Für Abschirmungsarbeiten wurden 7 Pers.-mSv und für den Auf- und Abbau der erforderlichen Gerüste 10 Pers.- mSv akkumuliert.

Im Block 2 wurde nur ein Brennstoffwechsel durchgeführt. Als Strahlenschutzmassnahmen wurden am Reaktordeckel die temporäre Standardabschirmung montiert und die unteren beiden Etagen des Sicherheitsgebäudes während des Stillstandes abgesperrt. Wie berichtet, wurde während der Revision im Jahr 2001 an den Komponenten des Reaktorkühlkreislaufes und des Restwärmesystems ein markanter Anstieg der Ortsdosisleistung festgestellt. Durch eine Rückkehr zur ursprünglichen Wasserche-

mie während des Leistungsbetriebs und durch eine Verlagerung der Abfahrreinigung in einen niedrigeren Temperaturbereich konnten diese ungünstigen Effekte vermieden werden. Die Ortsdosisleistung an den Komponenten des Hauptkühlkreislaufes stieg nicht weiter an. An einigen Stellen waren die Strahlenpegel sogar wieder deutlich niedriger als im Vorjahr.

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

### 1.3.2 Abgaben an die Umwelt und Direktstrahlung

Die Grenzwerte für die Abgaben radioaktiver Stoffe aus dem KKB, die Jahresabgaben 2002 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 14 % des Jahresgrenzwertes. Tabelle A4b zeigt den Verlauf der Abgaben von Edelgasen und Jod über die Abluft resp. für Tritium und andere radioaktive Stoffe über das Abwasser während der letzten fünf Jahre. Abgabewerte unter 1 Promille der Abgabegrenzwerte werden nicht ausgewiesen.

Aus den tatsächlich über die Abluft und das Abwasser abgegebenen radiologischen Stoffen wird unter ungünstigen Annahmen die Jahresdosis für Einzelpersonen der Bevölkerung in der Umgebung des KKB berechnet. Sie liegt mit etwa 0,0013 mSv für Erwachsene und 0,0022 mSv für Kleinkinder deutlich unterhalb des Dosisrichtwerts von 0,2 mSv/Jahr gemäss HSK-Richtlinie R-11. Artikel 5 und 6 der Strahlenschutzverordnung besagen, dass Tätigkeiten, die für die betroffenen Personen zu einer effektiven Dosis von weniger als 0,01 mSv pro Jahr führen, in jedem Fall als gerechtfertigt und optimiert gelten. Das bedeutet, dass keine weiteren Anstrengungen zur Verminderung der radioaktiven Abgaben und der daraus resultierenden Dosis für die Bevölkerung notwendig sind.

Die Dosisleistungs-Messsonden des von der HSK betriebenen Messnetzes (MADUK) in der Umgebung des Werkes ergaben keine durch den Betrieb der Anlage erhöhten Werte (siehe Figur A10). Die Thermolumineszenz-Dosimeter (TLD), die an mehreren Stellen am Zaun des 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 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 ins-

piziert. Die HSK hat sich anhand der entsprechenden Prüfprotokolle und Dokumente des Betreibers und durch eigene Kontrollen in der Anlage davon überzeugt, dass die regelmässigen Überprüfungen der Messgeräte durch das Kraftwerkspersonal vorschriftsgemäss durchgeführt wurden und dass die Messgeräte einwandfrei funktionierten.

Im Dezember hat KKB – wie von der HSK für alle Werke während mindestens eines Jahres verlangt – eine zusätzliche Probenahmestelle für die systematische Messung der Abgaben von Tritium und Radiokohlenstoff (C-14) mit der Kaminfortluft von KKB 1 in Betrieb genommen. Ab Januar 2003 sollen die damit gewonnen Proben routinemässig ausgewertet werden. Die Messstelle dient der Beweissicherung und der Überprüfung der aufgrund der Reaktorleistung für die Dosisleistungsberechnungen angenommenen C-14- und Tritium-Abgaben.

Zusätzlich werden bestimmte Messsysteme jedes Jahr im Rahmen von Vergleichsmessungen, an denen weitere nationale Labors bzw. Messstellen teilnehmen, überprüft:  
– Die vierteljährlichen Kontrollmessungen der

**Umladen eines Transportbehälters für abgebrannte Brennelemente.**  
Foto: KKB







**Arbeiten am  
Deckel des  
Reaktordruck-  
behälters im  
KKW Beznau.**

Foto: KKB

HSK und die halbjährlich durchgeführten Vergleichsmessungen der SUEr von Aerosol- und Jodfiltern sowie von Abwasserproben zeigten eine gute Übereinstimmung der HSK-Ergebnisse mit den Werten des Kernkraftwerks Beznau.

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

## 1.4 Personal und Organisation

### 1.4.1 Organisation und Betriebsführung

Die Organisationsstruktur des KKB wurde im Berichtsjahr nicht geändert. Die übergeordneten Umstrukturierungen aufgrund der Entwicklung der Axpo haben keinen direkten Einfluss

auf die Organisation des Kernkraftwerks. Die Werksbelegschaft umfasste Ende des Berichtsjahres 481 Personen (2001: 475).

Wie mit allen Werken hat die HSK auch mit der Leitung des KKB mögliche Auswirkungen der Marktliberalisierung auf den Betrieb des KKB behandelt. Dabei stellte KKB fest, dass für sie der sichere Betrieb der beiden Blöcke höchste Priorität hat. Auch ein wirtschaftlicher Betrieb ist aus Sicht von KKB nur möglich, wenn er in erster Linie sicher ist. Im KKB sind keine Sparmassnahmen vorgesehen, welche die Sicherheit negativ beeinflussen könnten.

Auch die Dauer der Jahresrevisionen wird zwischen den Kernkraftwerken und der HSK regelmässig diskutiert. KKB plant die Tätigkeiten während den Revisionen sehr sorgfältig. Zeitliche und personelle Reserven sind nicht vorgesehen. Sie sind beim normalen Ablauf der Revision auch nicht erforderlich. Bei unerwarteten Befunden führt dies zwangsläufig zu Verlängerungen der Revision und zu ungeplanten Personaleinsätzen. Die HSK hat die Problematik der Personalbelastung während der Jahresrevision mit KKB besprochen und das Werk hat in der Folge eine umfangreiche Befragung der Betroffenen durchgeführt um Verbesserungsmöglichkeiten zu identifizieren.

KKB ist dabei, das Qualitätsmanagementsystem in ein integriertes Managementsystem umzuwandeln und nimmt dazu die notwendigen Anpassungen vor, auch im Hinblick auf die vorgesehene ISO-Zertifizierung.

Die Massnahmen zur Förderung der Sicherheitskultur werden weiter gepflegt. Um das Thema fortwährend interessant und attraktiv zu gestalten, werden unterschiedliche Wege zur Kommunikation des Inhalts an die Belegschaft praktiziert. Dies ist in Workshops, in Plakataktionen, oder, wie in diesem Jahr, unter anderem mit Hilfe eines «Memory»-Kartensets erfolgt. Eine gewisse Abwechslung in den Kommunikationsmethoden ist auf diesem Gebiet besonders wichtig, da das Thema, wird es immer in ähnlicher Form dargestellt, schnell an Aufmerksamkeit verlieren könnte.

### 1.4.2 Personal und Ausbildung

Zwei Picketingenieure und drei Reaktoroperateure bestanden im Berichtsjahr ihre Lizenzprüfung unter Aufsicht der HSK. Grundlage für die Ausbildung und Prüfung des lizenzpflichtigen Betriebspersonals bildet die HSK-Richtlinie HSK-R-27. Die Anzahl lizenzierter Personen ist in Tabelle A2 zusammengestellt.

Die Aus- und Weiterbildung des Schichtpersonals erfolgte gemäss Jahresprogramm. Es beinhaltet auch Strahlenschutz. Die Anerkennung des Strahlenschutzpersonals erfolgt durch die HSK entsprechend der Strahlenschutz-Ausbildungsverordnung (SR 814.501.261) und der HSK-Richtlinie R-37.

Am Fullscope-Simulator in den USA wurden neben technischen Aspekten auch Themen wie Schichtorganisation, Arbeits- und Kommunikationstechnik, Alarm- und Vorschriftenabarbeitung besprochen und geschult. Der am KKB vorhandene Kompaktsimulator wurde neben seiner Verwendung als Ausbildungsmittel mit gutem Erfolg auch für Notfallübungen und bei Lizenzprüfungen für Picketingenieure eingesetzt.

Eine grosse Anzahl Kurse diente Angehörigen aller Abteilungen zur Vertiefung ihres Fachwissens, der Persönlichkeitsbildung und der Schulung von praktischen Fähigkeiten.

## **1.5 Gesamteindruck aus der Sicht der HSK**

Der Zustand der Anlage Beznau in Bezug auf die nukleare Sicherheit und den Strahlenschutz sowie die Betriebsführung ist gut. Die aufgetretenen Vorkommnisse hatten geringe Bedeutung für die nukleare Sicherheit.

Im Rahmen ihrer Aufsichtstätigkeit führte die HSK während des Berichtsjahres rund 90 Inspektionen durch. Schwerpunkte waren dabei der Betrieb, der Strahlenschutz, die Wartungsarbeiten und die Erneuerungsarbeiten im Block 1. Die Ergebnisse der Inspektionen wurden dem Betreiber mitgeteilt und erkannte Verbesserungsmassnahmen durch ihn umgesetzt.

Die Revisionsstillstände wurden sorgfältig vorbereitet. Auf kurzfristig eingeplante Arbeiten wurde rasch mit adäquaten Mitteln und Massnahmen reagiert. Durch eine geänderte Fahrweise während des Betriebs wie auch beim Abfahren konnte die Aktivitätsübertragung aus dem Reaktor in die Kühlsysteme reduziert werden. Am Restwärme-System erreichten die Dosisleistungen das niedrigste Niveau seit dem ersten Jahr nach Betriebsbeginn. Nach dem Öffnen des Containments wurde praktisch keine Kontamination gefunden. Zusammenfassend kommt die HSK zum Schluss, dass im KKB ein guter und zweckmässiger Strahlenschutz betrieben wird.

Die Brennstoffhüllrohre erwiesen sich in beiden Reaktorblöcken als intakt. Es konnte daher auf eine Dichtheitsprüfung der Brennelemente verzichtet werden. Die Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umgebung lagen deutlich unterhalb der behördlich festgelegten Grenzwerte. Damit ergab sich eine nur unbedeutende Strahlendosis für die Bevölkerung.

## 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 2002 eine Arbeitsausnutzung von 90,7 % und eine Zeitverfügbarkeit von 94,7 %. Die Revisionsarbeiten mit dem Brennstoffwechsel dauerten 19 Tage und bestimmten wesentlich die Nichtverfügbarkeit der Anlage.

Die Zeitverfügbarkeiten und die Arbeitsausnutzungen der letzten 10 Jahre sind in Figur A1 dargestellt.

Für die Heizung der Wohnsiedlung «Steinriesel» wurden 1,43 GWh thermische Energie geliefert.

Neben der geplanten Durchführung von wiederkehrenden Prüfungen erfolgten zwei ungeplante Lastreduktionen, im einen Fall wegen einer Netzstörung, im andern Fall aufgrund einer Störung in der Umformergruppe eines Umwälzpumpenantriebes.

#### Ansicht des Kernkraftwerks Mühleberg.

Foto: KKB



Beide Störungen beeinflussten die Sicherheit der Anlage nicht.

Im Berichtszeitraum erfolgte keine ungeplante Reaktorschnellabschaltung.

Im Berichtsjahr erreichte das KKM die höchste Jahresproduktion seit der Inbetriebnahme im Jahre 1972.

### 2.2 Anlagensicherheit

#### 2.2.1 Vorkommnisse

Entsprechend der Richtlinie R-15, Berichterstattung über den Betrieb von Kernkraftwerken, wurden in diesem Betriebsjahr zwei Vorkommnisse der Klasse B und auf der internationalen Bewertungsskala INES der Stufe 0 zugeordnet (Anhang Tabelle B2).

Bei den beiden Vorkommnissen handelt es sich um Störungen während der monatlich geforderten Testläufe.

Die Ursache des Startversagens des Kernsprühsystems A während des Testlaufes lag in einer defekten Elektronikarte in der Logikbaugruppe der zugehörigen Steuerung des Systems. Nach dem Austausch des defekten Bausteines konnte der Test erfolgreich durchgeführt werden.

Das zweite Vorkommnis war eine Störung beim Testlauf der Notstromdieselgruppe SU-SAN-A, welche beim ersten Startversuch nicht anliefe, weil das Anlassventil nicht öffnete. Nach einem zweiten, nunmehr erfolgreichen Startversuch konnte der Test vollständig ausgeführt werden. Das Anlassventil wurde ausgetauscht und dem Lieferanten zur Untersuchung zugesandt. Ein Grund für das Fehlverhalten konnte nicht festgestellt werden. Es wird vermutet, dass Schmutzpartikel die Funktion beeinflussten. Als präventive Massnahmen wurde das Startluftsystem des Kompressors gereinigt und die Innenbeschichtung (Epoxidharz) der Druckluftbehälter entfernt.

Bei beiden Vorkommnissen waren technische Mängel die Ursache.

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

## 2.2.2 Revisionsstillstand

Am 11. August 2002 wurde die Anlage zum Revisionsstillstand 2002 abgestellt. Der Revisionsstillstand dauerte bis 30. August. Während dieser Zeit wurden die notwendigen Tätigkeiten wie Brennelementwechsel, Inspektionen, zerstörungsfreie Werkstoffprüfungen, Wiederholungsprüfungen, Funktionsprüfungen an Komponenten und Systemen durchgeführt. Die Anlage wurde am 30. August 2002 wieder angefahren. Als sicherheitsrelevante Arbeiten sind die folgenden hervorzuheben:

Prüfungen am Reaktordruckbehälter (RDB) und seiner Einbauten: Am Kernmantel wurden die bereits in früheren Jahresberichten behandelten Rissbereiche der Horizontalnähte Nr. 4 und 11 mit Ultraschall- und Wirbelstromverfahren geprüft. Im Ganzen und über den Zeitraum seit 1993 betrachtet, entspricht das festgestellte Risswachstum in etwa dem langjährigen Mittel. An der Rundnaht Nr. 11 wurden bei der diesjährigen Prüfung zwei Anzeigen neu festgestellt. Die letzte Messung an diesem Ort erfolgte 1999. Insgesamt stellen die im Kernmantel vorhandenen Risse für den 31. Betriebszyklus keine Beeinträchtigung der Sicherheit dar. Der Kernmantel erfüllt auch im Betriebszyklus 2002/03 seine betrieblichen und sicherheitstechnischen Aufgaben. Die Prüfungen ausgewählter Längsnähte des Kernmantels, eines Zugankers und anderer Kerneinbauten zeigten einen einwandfreien Zustand dieser Bauteile.

Mit einem speziellen Verfahren, dem so genannten NMCA-Verfahren, wurden während der Jahresrevision 2000 Edelmetalle (Pt und Rh) an den Reaktoreinbauten abgelagert. Seitdem wird kontinuierlich auch eine geringe Menge Wasserstoff in den Reaktorkreislauf eingespeist. Die daraus resultierende katalytische Reaktion soll die Entstehung neuer Risse verhindern und die Wachstumsgeschwindigkeit bestehender Risse reduzieren. Obwohl an den bekannten Rissbereichen ein leicht vermindertes Risswachstum festgestellt werden konnte, ist die bisherige Wirkung geringer als erwartet. Das weitere Vorgehen wird zur Zeit abgeklärt.

Prüfungen an Rohrleitungen: Die Werkstoffprüfungen von Schweissnähten an den Deckelsprüh-, Speisewasser- und Frischdampfleitungen ergaben keine unzulässigen Anzeigen.

Revisionen von Isolationsarmaturen: An den vier Speisewasserrückschlagventilen wurden Dichtheitsprüfungen, an zwei Frischdampfisolationsarmaturen grosse Revisionen durchgeführt.

Torusreinigung: Der Torus wurde entleert und im gereinigten Zustand visuellen Prüfungen der gesamten zugänglichen inneren Oberflächen und der Einbauten unterzogen. Die inspizierten Bereiche befinden sich in einem guten Zustand.

Prüfungen an elektrischen Ausrüstungen: Mit der jährlichen Entladung und Wiederaufladung der Batterien bestimmter Stränge wurde der einwandfreie Zustand der Batterien nachgewiesen. Die Prüfungen der Leittechnik im SUSAN und am Reaktorschutzsystem verliefen ohne Beanstandungen. Ebenso ergaben die Kontrollen der Schutzrelais an den Transformatoren und Kontrollen sämtlicher Gleich- und Wechselrichter des elektrischen Eigenbedarfs keine Befunde.

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

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

## 2.2.3 Anlagenänderungen

Nach den umfangreichen Änderungen und Instandhaltungsarbeiten in den vergangenen Jahren standen für 2002 wenige Änderungen bei den mechanischen und elektrischen Ausrüstungen an. Folgende Änderungen sind erwähnenswert:

Umrüstung des Reaktorkühlmittel-Begasungssystems: Zum Schutz der Reaktoreinbauten vor Korrosion wird seit dem Jahre 2000 Wasserstoff in das Speisewasser eingespeist. Dieses zweisträngig ausgeführte Reaktorkühlmittel-Begasungssystem wurde derart umgerüstet, dass bei längerer Nichtverfügbarkeit eines Wasserstoffgenerators der andere die Einspeisung von Wasserstoff in beide Speisewasserstränge gleichzeitig übernehmen kann.

Überwachung der Betriebsbereitschaft der Kernsprühpumpen: Mit der Nachrüstung einer Signalüberwachung der Leittechnik zur Steuerung der Pumpen wurde die Überwachung deren Betriebsbereitschaft verbessert.

Prozess-Visualisierungs-System (PVS): Durch die Bereitstellung von Zustandssignalen der Eigenbedarfsschalter und der Schalterstellungen der Luftdruckkompressoren wurde die Darstellung auf dem PVS erweitert.

Nachrüstungen von Alarmierungen: Durch die Nachrüstung einer Signalisierung von verschiedenen Ventilstellungen in den Notabläufen der Abgaskondensatoren und einer Alarmierung

der Bypass-Umschaltung der Vorwärmer 1, 2 oder 3, wurde die Anlagenübersicht für den Operateur im Kommandoraum verbessert.

#### 2.2.4 Brennelemente und Steuerstäbe

Im 29. Zyklus (2001/02) wiesen erhöhte Edelgasaktivitäten im Abgas auf Brennelementschäden hin. Bei der während des Revisionsstillstandes durchgeführten Dichtheitsprüfung aller Brennelemente des Kerns wurde ein defektes Brennelement identifiziert. Die visuell und mit Ultraschall- und Wirbelstrommessungen durchgeführte Prüfung dieses Brennelementes ergab an einem Brennstab einen geringfügigen, durch Fremdkörper-Reibung verursachten Hüllrohrschaden. Der defekte Brennstab wurde durch einen neuen ersetzt und das Brennelement wieder in den Reaktor geladen.

Für den 30. Zyklus (2002/03) wurden von den 240 Brennelementen des Kerns 40 durch neue Brennelemente mit einer 10 x 10-Brennstabanordnung ersetzt.

Um das Betriebsverhalten der Brennelemente bei höherem Abbrand und den Einfluss der Edelmetallzugabe zum Reaktorwasser auf die Brennelemente zu prüfen, wurden während dem Revisionsstillstand 8 Brennelemente mit unterschiedlichen Einsatzzeiten mittels einer Unterwasser-Videokamera inspiziert; an zwei dieser Brennelemente wurden zudem Dimensionmessungen vorgenommen. Alle inspizierten Brennelemente befinden sich in einem guten Zustand.

Während des diesjährigen Revisionsstillstandes wurden keine Steuerstäbe ersetzt.

#### 2.2.5 Periodische Sicherheitsüberprüfung

Der Bundesrat verlangte von BKW, dass sie bis zum Jahre 2001 eine umfassende Dokumentation der Periodischen Sicherheitsüberprüfung des KKM an die HSK einzureichen hat. Diese Sicherheitsüberprüfung stellt eine wichtige Ergänzung zur ständigen Aufsichtstätigkeit der HSK dar. Schwerpunktmässig werden dabei Vergleiche mit dem fortschreitenden Stand von Wissenschaft und Technik angestellt, eine systematische Beurteilung der Betriebserfahrung und des Anlagezustandes vorgenommen und die Ergebnisse der periodisch aufdatierten probabilistischen Sicherheitsanalyse geprüft.

Die HSK hat eine Überprüfung der eingereichten PSÜ vorgenommen und ihre Bewertung in einem Ende 2002 veröffentlichten Bericht festgehalten. Die Überprüfung hat bestätigt, dass im KKW Mühleberg ein hohes Mass

an technischer Sicherheitsvorsorge getroffen ist. Dessen ungeachtet hat die HSK dem Betreiber als Folge der PSÜ einige Verbesserungsmassnahmen vorgeschlagen. Der Anlagebetreiber hat von sich aus bereits verschiedene Verbesserungsmassnahmen eingeleitet und wird diese in den nächsten Jahren fortführen.

## 2.3 Strahlenschutz

### 2.3.1 Schutz des Personals

Im Kalenderjahr 2002 (Daten für 2001 in Klammern) wurden im KKM folgende Kollektivdosen ermittelt:

Aktionen	Kollektivdosis Personen-Sv	
Revisionsstillstand	0,52	(0,54)
Leistungsbetrieb	0,43	(0,38)
gesamte Jahreskollektivdosis	0,95	(0,92)

Wie aus der Tabelle ersichtlich wurde eine ähnlich tiefe Jahreskollektivdosis wie im Vorjahr akkumuliert. Die höchste registrierte Individualdosis betrug 11,2 mSv und liegt etwas höher als diejenige für 2001 (9,8 mSv). Sie ist jedoch deutlich unter dem Dosisgrenzwert der Strahlenschutzverordnung für beruflich strahlenexponierte Personen von 20 mSv pro Jahr. Weitere Angaben sind aus den Tabellen A5 bis A10 und den Figuren A5 bis A8 ersichtlich.

Im Berichtsjahr sind keine Personenkontaminationen aufgetreten, die nicht mit herkömmlichen Mitteln wie Händewaschen oder Duschen entfernt werden konnten. Vor der Jahresrevision wurde zwecks Erfassung und Auswertung der Personenkontaminationen ein «Strich-Code»-System, mit welchem Personenkontaminationen der betroffenen Person und damit einem Arbeitsort zugeordnet werden können, installiert und in Betrieb genommen. Dank diesem System können z.B. rasch Strahlenschutzmassnahmen ergriffen werden, um grössere Kontaminationsverschleppungen zu verhindern. Das System erlaubt auch eine Kontrolle hinsichtlich Übereinstimmung zwischen TL-Dosimeter und Personenausweis beim Eintreten und Verlassen der kontrollierten Zone. Damit kann ein Vertauschen von TL-Dosimetern verhindert werden.

Die Inkorporationsüberwachung des Personals mittels Triagemessung ergab keinen Hinweis auf Inkorporationen.

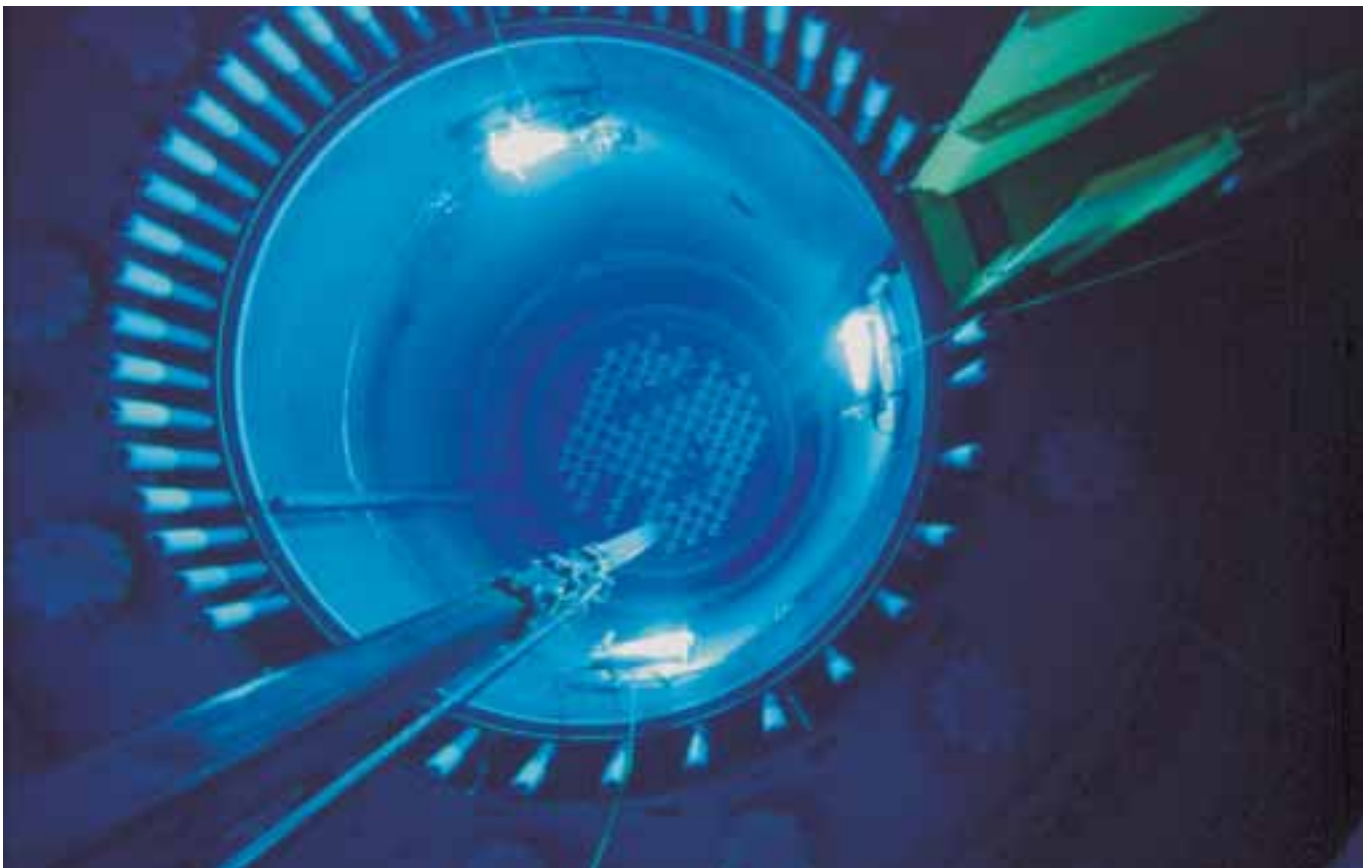
Im Vergleich mit dem Vorjahr ist die mittlere Dosisleistung an den Umwälzschleifen um etwa 75 % gestiegen und betrug 3,19 mSv/h, nachdem sie im Jahr 2001 auf einem Tiefstwert von 1,82 mSv/h lag. Der diesjährige Wert liegt immer noch deutlich unter den Dosisleistungen vor der Einspeisung von Wasserstoff. Die nuklidspezifischen Messungen der Kontamination in den Umwälzschleifen zeigten im Vergleich mit den Vorjahrswerten deutliche Abweichungen; der Kontaminationsgrad von Co-60, Mn-54 und Fe-59 hat zugenommen (die Dosisleistung wird zu 86 % von der Co-60-Kontamination verursacht). Trotz der damit verbundenen Erhöhung der Dosisleistung im Drywell, konnte der Dosisplanwert für dieses Gebiet eingehalten werden. Wie üblich wurden im Drywell insgesamt etwa 75 Tonnen Blei in Form von Blechen für die Abschirmung eingesetzt. Wegen der gestiegenen Kobaltkonzentration wurde auch in anderen Anlageteilen eine Erhöhung der Dosisleistungen beobachtet. Im Reaktorgebäude und im Maschinenhaus sowie im Aufbereitungsgebäude wurden deshalb und wegen eines erhöhten Arbeitsaufwands die Revisionsplanwerte der Kollektivdosen leicht überschritten; die totale Revisionskollektivdosis fiel deshalb geringfügig höher als geplant aus.

Bei der alle vier Jahre durchzuführenden Reinigung des Torus wurde ein neues Verfahren entwickelt und während der Jahresrevision 2002 erstmals eingesetzt. Das Verfahren erlaubt eine einfachere und schnellere Reinigung der inneren Oberflächen, ohne dass der Schmutz (oberflächliche Kontamination) dabei eintrocknet und in der Folge radioaktive Stäube in die Luft gelangen. Damit wird sowohl Zeit als auch Dosis eingespart.

Während dem Betrieb des 29. Zyklus wurden Anzeichen für ein undichtes Brennelement beobachtet. Der Jod- und Edelgasüberwachung wurde deshalb beim Öffnen des Reaktordruckbehälter-Deckels spezielle Aufmerksamkeit geschenkt. Für das Personal wurden entsprechende Massnahmen getroffen und Kriterien für einen allfälligen Unterbruch der Arbeiten am Brennelementlagerbecken festgelegt. Mit einem Sippingverfahren wurde beim Entladen der Brennelemente ein defektes Brennelement gefunden. Auswirkungen auf die radiologische Situation (z.B. erhöhter Kontaminationspegel im Maschinenhaus) in der Anlage, die auf den defekten Brennstab zurückzuführen sind, wurden keine festgestellt. Es konnten im Betriebsjahr mittels der regelmässig durchgeführten Messungen der Kontaminationen in der Luft und an

**Brennelement-  
wechsel im  
Reaktordruck-  
behälter.**

Foto: KKM





**Blick in den Kommandoraum.**

Foto: KKM

den Oberflächen auch sonst keine unzulässigen Kontaminationen beobachtet werden.

Die HSK führte im Laufe des Jahres mehrere angemeldete Inspektionen zum Thema Strahlenschutz durch. Sie stellte dabei fest, dass der Strahlenschutz im KKM effizient ist.

**2.3.2 Abgaben an die Umwelt und Direktstrahlung**

Die Grenzwerte für die Abgaben radioaktiver Stoffe aus dem KKM, die Jahresabgaben 2002 sowie die daraus auf der Grundlage der HSK-Richtlinie R-41 rechnerisch ermittelten Dosiswerte für Einzelpersonen in der Umgebung sind in Tabelle A4a dargestellt. Die radioaktiven Abgaben über die Abluft in Form von Aerosolen, Jod und Edelgasen lagen deutlich unterhalb der in der Betriebsbewilligung festgelegten Grenzwerte. Die gleiche Aussage gilt auch beim Abwasser für Tritium und für die übrigen radioaktiven Abgaben. Tabelle A4b zeigt den Verlauf der Abgaben von Edelgasen und Jod über die Abluft resp. für Tritium und übrige radioaktive Stoffe über das Abwasser während der letzten fünf Jahre. Abgabewerte unter 1 Promille des Abgabegrenzwertes werden nicht ausgewiesen.

Aus den tatsächlich über die Abluft und das Abwasser abgegebenen, radioaktiven Stoffen wird unter ungünstigen Annahmen die Jahresdosis für Einzelpersonen der Bevölkerung in der Umgebung des KKM berechnet. Sie liegt, unter Berücksichtigung der Ablagerungen radioaktiver Aerosole als Folge einer Störung im Jahre 1986, bei ca. 0,0058 mSv für Erwachsene und 0,0055 mSv für Kleinkinder und damit

deutlich unterhalb des Dosisrichtwerts von 0,2 mSv pro Jahr gemäss HSK-Richtlinie R-11. Der Anteil an den errechneten Dosen aufgrund der Abgaben im Jahr 2002 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 im Herbst 2001 durch das EAWAG in den Sedimenten der Aare bei Hagneck festgestellten erhöhten Aktivitätskonzentrationen, insbesondere von Kobalt-60, gingen im Jahre 2002 auf die Werte der Vorjahre zurück. Eine mögliche Erklärung für diesen Rückgang ist in der Optimierung der Wasserreinigung zu suchen, wodurch die radioaktiven Abgaben mit dem Abwasser im Jahre 2002 gegenüber dem Vorjahr halbiert wurden.

Die Dosisleistungs-Messsonden des von der HSK betriebenen Messnetzes (MADUK) in der Umgebung des KKM ergaben keine durch den Betrieb der Anlage erhöhten Werte (siehe Figur A10). Die vom KKM ausgewerteten Thermolumineszenz-Dosimeter (TLD), die an mehreren Stellen am Zaun die Dosis messen, weisen für das Berichtsjahr einen Jahreshöchstwert von 2,6 mSv (inkl. natürlichem Untergrund von etwa 0,75 mSv) auf. Die Immissionsgrenzwerte für Direktstrahlung ausserhalb des Betriebsareals von 1 mSv pro Jahr für Wohn-, Aufenthalts- und Arbeitsräume und von 5 mSv pro Jahr für andere Bereiche nach Art. 102 Absatz 3 der Strahlenschutzverordnung wurden somit auch im Berichtsjahr eingehalten.

**2.3.3 Strahlenschutzinstrumentierung**

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

Bei der Beurteilung der Periodischen Sicherheitsüberprüfung des KKM durch die HSK ergaben sich einige Verbesserungsmaßnahmen bezüglich der Strahlenschutzinstrumentierung, die nun von KKM umgesetzt werden. Erwähnenswert ist die Erneuerung der Raumluftüberwachung hinsichtlich radioaktiver Aerosole.

Anfang 2002 hat die HSK dem KKM die Anerkennung für den Betrieb einer Inkorporationsmessstelle erteilt. Die Anerkennung erfolgte aufgrund der vom KKM eingereichten Unterlagen und einer vom Institut universitaire de radio-physique appliquée (IRA, Lausanne) im Auftrag der HSK durchgeführten Inspektion. KKM konnte zeigen, dass die Anforderungen der Dosimetrieverordnung eingehalten sind.

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

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

## 2.4 Personal und Organisation

### 2.4.1 Organisation und Betriebsführung

KKM hat in diesem Berichtsjahr als Folge von Pensionierungen langjähriger Kadermitarbeiter mehrere Neubesetzungen von Kaderpositionen, u.a. des Kraftwerkleiters, vorgenommen. Die HSK hat die Gelegenheit wahrgenommen, mit den Kandidaten vor der Übernahme ihrer neuen Aufgabe über deren Ziele und Vorstellungen und ihr Verhältnis zur HSK zu sprechen. Auch in naher Zukunft sind weitere Pensionierungen zu erwarten. Die HSK konnte sich davon überzeugen, dass die Personalplanung des KKM systematisch und vorausschauend erfolgt. Ende 2002 betrug die Werksbelegschaft 295 Personen (2000: 294). Aufgrund der vorgesehenen Überlappungszeiten bei Personalablösungen wird in

naher Zukunft der Personalbestand des KKM vorübergehend ansteigen.

In ihren regelmässigen Gesprächen mit der Direktion der Werke bespricht die HSK auch mögliche Auswirkungen der Marktliberalisierung und eines möglichen Kostendrucks auf die Sicherheit des Kraftwerkbetriebs. KKM legte der HSK dar, dass ein Entscheidungskonflikt bezüglich Sicherheit und Wirtschaftlichkeit im Werk nicht auftreten kann, da die Sicherheit im KKM immer oberste Priorität hat.

Das Qualitätsmanagementsystem des KKM ist etabliert und wird gelebt. KKM konnte aufgrund der guten Erfahrungen mit dem System die Anzahl der internen Audits reduzieren. Das System ist kompatibel mit den Anforderungen der Norm ISO-9001 und KKM hat die Absicht, das System zertifizieren zu lassen.

Die Jahresziele des KKM sind am Anschlagbrett für alle Mitarbeitende sichtbar. Das Kader des Werks überprüft in einem Self-Assessment regelmässig die Zielerreichung und leitet daraus Massnahmen ab.

Im Juni 2002 hat ein Team der IAEA die Umsetzung der Empfehlungen der OSART-Mission des Jahres 2000 überprüft. Die Experten haben dem KKM ein ausgezeichnetes Zeugnis bezüglich Anlagenzustand und Vorgehensweise bei der Bearbeitung der Empfehlungen erteilt. Insbesondere wurden das Engagement der Belegschaft und der Teamgeist im KKM erwähnt. Mit dieser Mission sind alle schweizerischen Kernkraftwerke einer OSART-Überprüfung inklusive Follow-Up unterzogen worden. Die HSK und Vertreter der Betreiber wurden von der IAEA eingeladen, über die mit den OSART-Missionen gewonnenen Erfahrungen zu berichten.

### 2.4.2 Personal und Ausbildung

Im Berichtsjahr wurden im KKM zwei A-Operateure lizenziert. Da im KKM A-Operateure kurzzeitig den Schichtchef vertreten können, werden Lizenzprüfungen von A-Operateuren, im Gegensatz zu den übrigen schweizerischen Kernkraftwerken, auch in Anwesenheit der HSK durchgeführt. Die Ausbildung und Prüfung des lizenzierten Betriebspersonals wurde gemäss den Vorgaben der Richtlinie HSK-R-27 durchgeführt. Der Bestand des lizenzierten Personals ist in Tabelle A2 aufgeführt.

Die Aus- und Weiterbildung des Schichtpersonals erfolgte gemäss Jahresprogramm in verschiedenen Ausbildungsveranstaltungen und am Simulator des KKM. Strahlenschutz ist dabei ein wichtiges Thema. Die Anerkennung



des Strahlenschutzpersonals erfolgt durch die HSK entsprechend der Strahlenschutz-Ausbildungsverordnung (SR 814.501.261) und der HSK-Richtlinie R-37.

Im Qualitätsmanagementsystem des KKM ist die Vorgehensweise zur Ermittlung des Aus- und Weiterbildungsbedarfs des Personals und zur Durchführung der daraus resultierenden Massnahmen festgelegt und der Nachweis der durchgeführten Ausbildung ist für alle Mitarbeitenden in einer Ausbildungsdatenbank nachgeführt. Neu ist für alle Neueintretenden eine Grundausbildung von 2 Wochen vorgesehen. Dieses Jahr erfolgten spezielle Ausbildungsanlässe im Bereich der konventionellen Arbeitssicherheit, z.B. zum sicherheitsgerichteten Arbeiten in Behältern und zum korrekten Heben von Lasten. Dem Thema Sicherheitskultur wird in Workshops und Vorträgen spezielle Beachtung geschenkt.

**Blick auf die  
Steuerstab-  
antriebseinheiten.**

Foto: KKM



## 2.5 Gesamteindruck aus der Sicht der HSK

Der Zustand der Anlage Mühleberg in Bezug auf die nukleare Sicherheit und den Strahlenschutz sowie die Betriebsführung sind gut. Es sind im Jahr 2002 zwei klassierte Vorkommnisse 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 60 Inspektionen durchgeführt, wovon etwa die Hälfte während der Jahresrevision stattgefunden hat. Schwerpunkte der Inspektionen waren der Betrieb, der Strahlenschutz und Wiederholungsprüfungen. Die Ergebnisse der Inspektionen wurden dem Betreiber mitgeteilt und erkannte Verbesserungsmassnahmen von ihm umgesetzt.

Auch die Periodische Sicherheitsüberprüfung hat bestätigt, dass in Mühleberg ein hohes Mass an technischer Sicherheitsvorsorge vorhanden ist. Trotzdem hat die HSK dem Betreiber als Folge der PSÜ einige Verbesserungsmassnahmen vorgeschlagen. Der Anlagebetreiber hat von sich aus bereits verschiedene Verbesserungsmassnahmen eingeleitet und wird diese in den nächsten Jahren nach einem festgelegten Terminplan fortführen.

Im Juni 2002 hat ein Team der IAEA die Umsetzung der Empfehlungen der OSART-Mission des Jahres 2000 überprüft. Die Experten haben dem KKM ein ausgezeichnetes Zeugnis bezüglich Anlagenzustand und Vorgehensweise bei der Bearbeitung der Empfehlungen erteilt.

Auf dem Gebiet des Strahlenschutzes zeigten die dosisreduzierenden Massnahmen weitere Erfolge. Für einen Siedewasserreaktor erreichte die Kollektivdosis (Eigen- und Fremdpersonal) wieder einen sehr tiefen Wert. Die Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umgebung lagen deutlich unterhalb der behördlich festgelegten Grenzwerte. Damit ergab sich eine unbedeutende Strahlendosis für die Bevölkerung.

# 3. KERNKRAFTWERK GÖSGEN

## 3.1 Betriebsdaten und Betriebsergebnisse

Das Kernkraftwerk Gösgen (KKG) ist eine 3-Loop-Druckwasserreaktoranlage mit 970 MW elektrischer Nettoleistung. Es nahm den Betrieb im Jahre 1979 auf. Weitere technische Daten sind in den Tabellen A1 und B3 des Anhangs zusammengestellt; Figur B1 zeigt das Funktionsschema einer Druckwasserreaktoranlage.

Das KKG erzielte im Betriebsjahr 2002 eine Arbeitsausnutzung von 93,1 % und eine Zeitverfügbarkeit von 93,1 %. Der geplante Revisionsstillstand dauerte 20 Tage und verursachte damit den Hauptanteil der Nichtverfügbarkeit der Anlage. Im Berichtsjahr lieferte die Anlage 163 GWh Prozesswärme für die Versorgung der nahegelegenen Kartonfabrik.

Die Zeitverfügbarkeiten und die Arbeitsausnutzungen der letzten 10 Jahre sind in Fig. A1 dargestellt.

Die Anlage wurde zwecks Reparatur der Reaktordruckbehälter-Deckeldichtung vom 1. bis zum 7. Juli 2002 abgestellt. Im Berichtszeitraum erfolgte keine ungeplante Reaktorschnellabschaltung. Dies ist bereits das zwölfte Jahr in Folge ohne ungeplante Reaktorschnellabschaltung, was im internationalen Vergleich ein herausragendes Ergebnis darstellt.

## 3.2 Anlagensicherheit

### 3.2.1 Besondere Vorkommnisse

Im Berichtsjahr gab es keine klassierten Vorkommnisse gemäss Richtlinie R-15 zu verzeichnen. Die klassierten Vorkommnisse der letzten zehn Jahre sind in den Figuren A3a und A3b dargestellt.

### 3.2.2 Arbeiten während des Stillstands zum Brennelementwechsel

Während des Stillstands vom 8. bis 28. Juni 2002 wurden die geplanten Tätigkeiten wie Brennelementwechsel, Instandhaltungs- und Änderungsarbeiten, Wiederholungs- und Funktionsprüfungen, zerstörungsfreie Werkstoffprüfungen und Inspektionen ausge-

führt. Einige Arbeiten sind nachfolgend genannt:

- Beim Abfahren der Anlage wurde der Überdrehzahlschutz der Turbine bei einer reduzierten Auslösedrehzahl von  $3100 \text{ min}^{-1}$  erfolgreich getestet.
- Eine Schweißnaht im Übergangsbereich von der Volumenausgleichsleitung zur Hauptkühlmittelleitung des Primärkreislaufs, bei der sich 1995 eine mögliche Rissanzeige ergeben hatte, wurde 2002 einer erneuten Ultraschallprüfung unterzogen. Verglichen mit den Ultraschallprüfungen von 1995 und 1996 zeigten sich keine Veränderungen, was in Übereinstimmung mit den Ergebnissen der von 1997 bis 2002 durchgeführten Überwachung mittels einer elektrischen Potentialsonde ist, welche ebenfalls keinen Hinweis auf eine Veränderung der Anzeige ergaben. Gestützt auf die Ergebnisse der aktuellen Ultraschallprüfung und der bruchmechanischen Beurteilung der Anzeige verlangt die HSK keine weiteren Prüfungen bis zum geplanten Austausch der betroffenen Komponente im Jahr 2005.

**Instandhaltungsarbeiten an einer Klappe im Kühlwassersystem.**  
Foto: KKG



- Die Heizrohre aller drei Dampferzeuger wurden einer Wirbelstromprüfung unterzogen und ergänzend teilweise mit Ultraschall geprüft. Drei Rohre wurden vorsorglich verschlossen.
- In einem Hochdruckvorwärmer wurden neun defekte Rohre gefunden. Diese und weitere 54 Rohre in deren Umgebung wurden verschlossen.
- An den Hauptkühlmittelpumpen 10 und 30 wurden die Hoch- und Niederdruckdichtungen ausgetauscht. Die Welle der Hauptkühlmittelpumpe 30 wurde mit Ultraschall geprüft und als in Ordnung befunden.
- 28 Rohrhalterungen und 64 hydraulische Stossbremsen wurden ohne wesentlichen Befund geprüft. 144 mechanische Stossbremsen wurden einer manuellen sowie dynamischen Funktionsprüfung unterzogen. Davon erfüllten 36 die Anforderungen nicht und wurden ausgetauscht.
- Der Strang 2 der elektrischen Eigenbedarfsversorgung wurde einer grossen Revision unterzogen.
- In der Freiluftschaltanlage wurden die 400 kV-

Überspannungsableiter ausgetauscht. Die Auslösekanäle des 400 kV-Blockschalters wurden in die KKG-Schutzleittechnik eingebunden, was eine Entflechtung von der ATEL-Leittechnik bedeutet.

- Im Bereich des Prozessdateninformationssystems PRODIS fand eine umfassende Prüfung der Zuordnung von rund 5000 Binärsignalen zum zugehörigen Erfassungsrechner statt. Sieben Fehler wurden behoben.
- Die Prüfungen des Reaktorschutzsystems sowie der Steuerungs- und Leittechnik ergaben nur Befunde, die noch während des Revisionsstillstands behoben werden konnten.

Insgesamt zeigten die durchgeführten Inspektionen und Prüfungen gute Resultate; es ergaben sich keine Befunde, die den sicheren Betrieb der Anlage im Betriebszyklus 2002/03 tangieren würden.

Die Arbeiten während des Stillstands wurden mit gewohnt hoher Qualität und unter Beachtung der Strahlenschutzvorgaben geplant und durchgeführt.

**Armaturen-  
revision an der  
Niederdruck-  
turbine.**

Foto: KKG



Die bereits unter 3.1 erwähnte Reparatur der Reaktordruckbehälter-Deckeldichtung steht in engem Zusammenhang mit dem Stillstand und wird daher an dieser Stelle behandelt. Beim Anfahren der Anlage nach dem Revisionsstillstand trat kurz vor dem Erreichen der Volleistung eine Undichtheit des inneren Dichtrings der Reaktordruckbehälter-Deckeldichtung auf. Die Dichtfunktion wurde vom äusseren Dichtring übernommen, es trat kein Kühlmittel und damit auch keine Radioaktivität ins Containment aus. Für die Ursachenabklärung und die Reparatur wurde die Anlage abgefahren. Als direkte Ursache für das Versagen des Dichtrings wurden kleine Vertiefungen in der Dichtungsnut eruiert. Das durch eine dieser Vertiefungen strömende Kühlmittel erodierte den Dichtring. Die Vertiefungen in der Dichtungsnut wurden repariert und der defekte Dichtring wurde ersetzt. Um ein solches Versagen eines Dichtrings in Zukunft auszuschliessen, werden ab dem Jahr 2003 die Dichtflächen während des Revisionsstillstands jeweils einer umfassenden Prüfung unterworfen.

### 3.2.3 Anlagenänderungen

Von den im Berichtsjahr durchgeführten beziehungsweise vorbereiteten Anlagenänderungen seien die Folgenden speziell erwähnt:

- Zur Verbesserung der Genauigkeit der Drehzahlmessung für den Überdrehzahlschutz der Turbine wurde das Messfenster von 5 ms auf 20 ms verlängert und damit die Anzahl der bei Nenndrehzahl pro Messfenster erfassten Impulse auf 60 erhöht.
- An einer der zwei Notstandsspeisepumpen wurde das Laufzeug modifiziert. Die veränderte Pumpenkennlinie erlaubt jetzt die Einspeisung auch in den drucklosen Dampferzeuger ohne Einschränkungen für das System. Die Modifikation der zweiten Pumpe ist geplant.
- Für das geplante Nasslager zur Zwischenlagerung abgebrannter Brennelemente wurde das Gesuch um Erteilung der Bau- und Betriebsbewilligung zusammen mit dem vorläufigen Sicherheitsbericht dem Bundesrat eingereicht.

Von den aus der periodischen Sicherheitsüberprüfung (PSÜ) resultierenden Verbesserungsmaßnahmen wurden folgende Nachrüstungen ausgeführt:

- Die im Vorjahr begonnenen Arbeiten zur Erüchtigung von 58 nichttragenden Brandschutzmauern im Schaltanlagengebäude gegen Erdbebenlasten wurden abgeschlossen. Die HSK hatte in ihrer PSÜ festgestellt, dass es bei ei-

nem schweren Erdbeben zum Einstürzen dieser Zwischenwände kommen könnte und dadurch sicherheitsrelevante elektrische Komponenten zerstört werden könnten.

- Die Nachrüstung der Kommandoraumdecke zur Erhöhung der Erdbebensicherheit wurde im Berichtsjahr umgesetzt. Die Erdbebensicherheit der Kommandoraumdecke dient sowohl dem Schutz des Betriebspersonals als auch der Bedienpulte vor herabstürzenden Teilen.
- Nach der Demontage der alten Prozessrechneranlage wurde das neue Prozessdateninformationssystem im Rechnerraum des Schaltanlagengebäudes installiert. Das neue System war vorgängig umfangreichen Tests unterzogen worden und musste einen fast 12-monatigen Probetrieb bestehen. Die Installation des auf der neuen Prozessrechneranlage basierenden Prozessvisualisierungssystems (PROVI) war im Berichtsjahr im Gang. Eine wichtige Funktion des PROVI ist die in der PSÜ geforderte verdichtete Darstellung sicherheitsrelevanter Parameter (Safety Parameter Display System, SPDS) in Störfallsituationen.
- Zur Auslösung der Reaktorschnellabschaltung wurde das Anregekriterium «Speisewasserdruck hoch» nachgerüstet. Durch das neue Anregekriterium wird der Schutz der Frischdampf-sicherheitsventile, der Frischdampfleitungen und der Dampferzeuger bei Störfällen mit Ausfall der äusseren Wärmesenke verbessert.
- Die drahtgebundene Fernsteuerung für die RABE-Sirenen in der Zone 1 wurde in Betrieb genommen. Bei schnellen Störfällen kann die Bevölkerung nun ohne zeitliche Verzögerung direkt durch KKG alarmiert werden.
- Ein radiologisch geschützter Ersatznotfallraum wurde eingerichtet und anlässlich der Notfallübung FEUERTAUF vom November 2002 erfolgreich getestet. Der Ersatznotfallraum stellt sicher, dass der Notfallstab seine Funktion auch im Fall der Freisetzung grosser Mengen radioaktiver Stoffe ausüben kann, ohne einer unzulässigen Bestrahlung ausgesetzt zu sein.
- Die Arbeiten zur primärseitigen Druckentlastung befanden sich im Berichtsjahr in der Planungsphase. Für die zur Ansteuerung der Druckhalterentlastungsventile vorgesehenen Vorsteuerventile fanden die Qualifikationsversuche auf dem Prüfstand beim Hersteller statt.

### 3.2.4 Brennelemente und Steuerstäbe

Die niedrigen Konzentrationen von Radionukliden im Reaktorkühlmittel lassen den Schluss zu,

dass im Berichtsjahr keine Brennstab-Hüllrohrschäden aufgetreten sind. Für den 24. Betriebszyklus (2002/03) wurden während des Revisionsstillstandes 40 von insgesamt 177 Brennelementen durch neue ersetzt. Darunter befanden sich 12 neue Uran-Brennelemente und 28 Brennelemente mit wiederaufgearbeitetem Uran als Brennstoff (WAU-Brennelemente). Die Brennstäbe der nachgeladenen Brennelemente haben Hüllrohre, deren Oberfläche mit einer korrosionshemmenden Schutzschicht versehen ist. Insgesamt sind im 24. Betriebszyklus im Kern 56 Uran/Plutonium-Mischoxid-Brennelemente (MOX-Brennelemente) eingesetzt.

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. Alle untersuchten Brennelemente zeigten ein gutes Betriebsverhalten.

Die Hüllrohre aller 48 Steuerstäbe wurden während des Revisionsstillstandes mittels Wirbelstromprüfung auf Hüllrohrbeschädigungen untersucht. Aufgrund der Messergebnisse wurden 20 Steuerstäbe durch solche ersetzt, die bereits früher eingesetzt waren und gemäss der durchgeführten Prüfung weiterhin funktionstüchtig sind.

### 3.3 Strahlenschutz

#### 3.3.1 Schutz des Personals

Im Kalenderjahr 2002 (Daten für 2001 in Klammern) wurden im KKG folgende Kollektivdosen ermittelt:

Aktionen	Kollektivdosis Personen-Sv	
Geplanter Stillstand	0,75	(0,43)
Leistungsbetrieb	0,18	(0,11)
gesamte Jahreskollektivdosis	0,93	(0,54)

Im Vergleich zum Vorjahr ist die Jahreskollektivdosis höher. Der Grund dafür ist im Umfang wichtiger Arbeiten im Strahlenfeld zu sehen. Zudem wurde wegen einer Undichtigkeit des inneren Dichtrings der Reaktordruckbehälter-Deckeldichtung die Anlage kurz nach dem Revisionsstillstand zu deren Reparatur wieder

abgefahren. Dadurch ergab sich eine vorgängig nicht abschätzbare zusätzliche Dosis von etwa 150 Pers.-mSv. Die höchste während der Berichtsperiode im KKG akkumulierte Individualdosis betrug 13,0 mSv (12,3 mSv) und lag unter dem Dosisgrenzwert der Strahlenschutzverordnung für beruflich strahlenexponierte Personen von 20 mSv pro Jahr. Nähere Angaben sind aus den Tabellen A5 bis A10 und den Figuren A5 bis A8 ersichtlich.

Während der Revision traten bei den Inkorporationsmessungen keine auffälligen Resultate auf. Die Inkorporations- und Kontaminationsüberwachung während der Revision bestätigte das vorschriftsgemässe Verhalten des Personals und ergab keine Kontaminationsfälle, die mit den üblichen Mitteln (Händewaschen, Duschen) nicht beseitigt werden konnten. Im Routinebetrieb wurden während des Berichtsjahres zwei Fälle von leichter aber fest haftender Kontamination festgestellt; den betroffenen Personen konnte jeweils nach wenigen Tagen der Zugang zur kontrollierten Zone wieder gestattet werden. Inkorporationen traten im Berichtsjahr nicht auf.

Die Dosisleistung an den Komponenten des Primärkreislaufs ist im Vergleich zu den Vorjahren annähernd gleich geblieben. Nur bei den Loop-Entwässerungsleitungen ohne Isolation stieg der Strahlenpegel etwas an. Zur Reduktion der Strahlenexposition von Eigen- und Fremdpersonal wurden während der Revision temporäre Abschirmungen aus Bleiblechen (insgesamt etwa 16 t) verwendet. An einigen schwer zugänglichen Orten wurden spezielle temporäre Abschirmungen angebracht.

Sonst traten in der Anlage keine unzulässigen Atemluft- und Oberflächenkontaminationen auf, wie laufend durchgeführte Kontrollmessungen bestätigten. Die Radioaktivitätskonzentration im Beckenwasser lag auf einem für defektfreien Brennstoff üblichen Niveau.

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

#### 3.3.2 Abgaben an die Umwelt und Direktstrahlung

Die Grenzwerte für die Abgaben radioaktiver Stoffe aus dem KKG, die Jahresabgaben 2002 sowie die daraus auf der Grundlage der HSK-Richtlinie R-41 rechnerisch ermittelten Dosiswerte für Einzelpersonen in der Umgebung sind in Tabelle A4a dargestellt. Die radioaktiven Abgaben über die Abluft in Form von Aerosolen, Jod und Edelgasen lagen deutlich unterhalb der

in der Betriebsbewilligung festgelegten Grenzwerte. Beim Abwasser gilt dies auch für die radioaktiven Abgaben ohne Tritium. Die für Druckwasserreaktoren typischen Tritium-Abgaben des KKG betragen etwa 20 % des Jahresgrenzwertes. Im April wurden im Rhein unterhalb von Basel im Monatsmittel Tritium-Konzentrationen von 9 Bq/l gemessen. Oberhalb des Zuflusses der Aare lag die Tritiumaktivität bei rund 3 Bq/l. Zur gleichen Zeit zeigten die Messstellen oberhalb und unterhalb von KKL, KKB und PSI 6 bis 9 Bq/l und unterhalb von KKG an zwei Wochenproben 15 Bq/l. Die Druckwasserreaktoren geben im Rahmen der bewilligten Limiten während des normalen jährlichen Betriebszyklus vor der Jahresrevision vermehrt Tritium mit dem Abwasser ab; im April stammte rund 80 Prozent aus dem KKG. Die in Aare und Rhein gemessenen Tritiumkonzentrationen sind somit durch Abgaben aus Druckwasserreaktoren zu erklären. Radiologisch sind die festgestellten Tritiumkonzentrationen im Flusswasser unbedeutend. Sie liegen weit unterhalb des Immissionsgrenzwertes für Tritium von 12 000 Bq/kg nach Artikel 102, Absatz 2 der StSV. 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 Promille des Abgabegrenzwertes werden nicht ausgewiesen.

Aus den tatsächlich über die Abluft und das Abwasser abgegebenen radioaktiven Stoffen wird unter ungünstigen Annahmen die Jahresdosis für Einzelpersonen der Bevölkerung in der Umgebung des KKG berechnet. Sie liegt mit etwa 0,0029 mSv für Erwachsene und 0,0048 mSv für Kleinkinder deutlich unterhalb des Dosisrichtwerts von 0,2 mSv pro Jahr gemäss HSK-Richtlinie R-11. Die Dosis resultiert primär aus der Abgabe von Kohlenstoff-14 (C-14). Dieses Nuklid entsteht im Reaktor aus Stickstoff, Kohlenstoff und Sauerstoff durch Reaktion mit Neutronen. Im KKG werden die C-14- und die Tritium-Abgaben über die Abluft gemessen. Artikel 5 und 6 der Strahlenschutzverordnung besagen, dass Tätigkeiten, die für die betroffenen Personen zu einer effektiven Dosis von weniger als 0,01 mSv pro Jahr führen, in jedem Fall als gerechtfertigt und optimiert gelten. Das bedeutet, dass keine weiteren Anstrengungen zur Verminderung der radioaktiven Abgaben und der daraus resultierenden Dosis für die Bevölkerung notwendig sind.

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



der Umgebung des Werkes ergaben keine durch den Betrieb der Anlage erhöhten Werte (siehe Figur A10). Die quartalsweise von der HSK durchgeführten Messungen an der Umzäunung des KKG zeigten keine signifikante Erhöhung über der Untergrundstrahlung. Dies wird auch durch die von KKG ausgewerteten Thermolumineszenz-Dosimeter (TLD) bestätigt, die an mehreren Stellen am Zaun des 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 Kraftwerkspersonal vorschriftsgemäss durchgeführt wurden und dass die Messgeräte einwandfrei funktionieren.

**Simulator des  
Kernkraftwerks  
Gösgen.**

Foto: KKG

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

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

**Einstellarbeiten an der Steuereinheit zu einem Frischdampf-Sicherheitsventil.**

Foto: KKG

## 3.4 Personal und Organisation

### 3.4.1 Organisation und Betriebsführung

Die Organisation des KKG hat im Berichtsjahr keine Änderungen erfahren. Die Werksbelegschaft umfasste Ende 2002 381 Personen (2001: 376). Auf Anfang 2003 trat der bisherige Betriebsdirektor zur Aare-Tessin AG für Elektrizität (Atel) über. Am 1. April 2003 übernimmt er die Geschäftseinheit Thermische Produktion der Atel und damit die Geschäftsleitung des KKG. Die HSK hat die Gelegenheit wahrgenommen, mit dem scheidenden Direktor, mit dem neuen Direktor und dessen Stellvertreter über deren Ziele und Vorstellungen und ihr Verhältnis zur Aufsichtsbehörde HSK zu sprechen.

Im März 2002 haben Experten der IAEA im KKG die Erfüllung der Empfehlungen der OSART-Mission im Jahre 1999 überprüft und dabei festgestellt, dass KKG die meisten Empfehlungen erfüllt oder grosse Fortschritte zu deren Erfüllung



gemacht hat. Das Team attestierte dem Werk einen sehr guten Anlagenzustand und eine gut motivierte, professionelle Mannschaft.

Das Qualitätsmanagement-System im KKG ist operativ, einige Bereiche sind noch zu vervollständigen. Das System erfüllt weitgehend die Vorgaben der IAEA-Safety Series 50-C/SG-Q «Quality Assurance» für Kernkraftwerke und damit die darin genannten Forderungen bezüglich Sicherheit. Im Hinblick auf eine mögliche Zertifizierung hat KKG das System so gestaltet, dass auch die Vorgaben der ISO-9001 Norm erfüllt sind. Eine spätere Überführung in ein umfassendes Managementsystem mit Einbezug des Umweltmanagements ist vorgesehen. Nach Bereinigung der noch offenen Punkte im QM-System von KKG verfügen alle schweizerischen Kernkraftwerke über vollständige QM-Systeme, wie sie von der Nuclear Safety Convention gefordert werden.

Es ist entscheidend, dass das Personal von Kernkraftwerken seine Aufgaben sicherheitsbewusst ausführt. Um Möglichkeiten zur weiteren Pflege und Förderung des Sicherheitsbewusstseins zu entwickeln und diese in konkrete Massnahmen umzusetzen, hat KKG eine interne «Arbeitsgruppe Sicherheitskultur» eingesetzt.

Zwischen KKG und HSK wurden Fragen zur Auswirkung der Marktliberalisierung und eines möglichen Kostendrucks besprochen. KKG wies darauf hin, dass seine Strategie auf einen langjährigen sicheren Betrieb abziele und Investitionen entsprechend getätigt würden. Spezielle Sparmassnahmen seien keine vorgesehen.

### 3.4.2 Personal und Ausbildung

Im KKG haben ein Pikett-Ingenieur, zwei Schichtchefs und ein Reaktoroperateur in Anwesenheit der HSK die Lizenzprüfung abgelegt und bestanden. Die Lizenzprüfungen wurden gemäss den Vorgaben der Richtlinie HSK-R-27 durchgeführt. Der Bestand des lizenzierten Personals ist in Tabelle A2 aufgeführt.

Die Aus- und Weiterbildung des Schichtpersonals erfolgte gemäss Jahresprogramm in verschiedenen Ausbildungsveranstaltungen, die auch Strahlenschutz zum Inhalt hatten. Die Anerkennung des Strahlenschutzpersonals erfolgt durch die HSK entsprechend der Strahlenschutz-Ausbildungsverordnung (SR 814.501.261)

und der HSK-Richtlinie R-37. Auch dieses Jahr hat sich der KKG-Simulator bei der Ausbildung und bei Lizenzprüfungen als wertvolles Instrument erwiesen. Der Simulator wird zudem bei der Verifikation und Validation der Störfallvorschriften eingesetzt, welche KKG zur Zeit überarbeitet.

In einer grossen Zahl von Kursen bauten Angehörige aller Abteilungen ihr Fachwissen aus und trainierten ihre praktischen Fähigkeiten. Im Bereich der Persönlichkeits- und Management-schulung seien speziell die Ausbildungsveranstaltungen zu den Themen Teamwork und Gruppendynamik sowie Change Management erwähnt.

## 3.5 Gesamteindruck aus der Sicht der HSK

Der Zustand der Anlage Gösgen in Bezug auf die nukleare Sicherheit, den Strahlenschutz und die Betriebsführung sind gut. Es gab keine klassierten Vorkommnisse zu verzeichnen.

Die HSK hat ihre Aufsicht unter anderem durch Inspektionen bei Anlagenänderungen, Wiederholungsprüfungen sowie in den Bereichen Brennelemente, Strahlenschutz und radioaktive Abfälle wahrgenommen. Die rund 60 durchgeführten Inspektionen betrafen schwerpunktmässig den Revisionsstillstand. Die Resultate der Inspektionen wurden dem Betreiber mitgeteilt und Verbesserungsmassnahmen von ihm realisiert.

Von den aus der periodischen Sicherheitsüberprüfung resultierenden Verbesserungsmassnahmen konnten im Berichtsjahr mehrere abgeschlossen werden.

Die Jahreskollektivdosis für das Eigen- und Fremdpersonal erreichte einen tiefen Wert, war aber höher als in den beiden Vorjahren. Ursachen für die Differenz sind die nicht alljährlich durchgeführten Prüfungen der Dampferzeugerrohre und die zusätzlichen Arbeiten infolge der defekten Dichtung am Reaktordruckbehälter. Zusammenfassend kommt die HSK zum Schluss, dass im KKG ein guter und zweckmässiger Strahlenschutz betrieben wird. Die Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umgebung lagen weit unterhalb der behördlich festgelegten Grenzwerte. Damit ergab sich für die Bevölkerung eine unbedeutende Strahlendosis.



# 4. KERNKRAFTWERK LEIBSTADT

## 4.1 Betriebsdaten und Betriebsergebnisse

Das Kernkraftwerk Leibstadt (KKL) ist eine Siedewasserreaktoranlage. Es nahm seinen kommerziellen Betrieb im Jahr 1984 auf. Die elektrische Nettoleistung betrug im Jahre 2002 vor dem Revisionsstillstand 1145 MW, nachher 1165 MW. Weitere Daten des Werkes sind in den Tabellen A1 und B3 des Anhangs zu finden; Figur B2 zeigt das Funktionsschema einer Siedewasserreaktoranlage.

Die HSK hat aufgrund der Bewilligung des Bundesrates die Freigabe der vierten und letzten Stufe der Erhöhung der thermischen Leistung auf 3600 MW bereits Ende des Jahres 2001 erteilt. Im Revisionsstillstand 2002 wurden die Leitschaukeln der Hochdruck-Turbine derart angepasst, dass die Leistungserhöhung von 3515 auf 3600 MW möglich wurde.

Die Anlage KKL verzeichnete in ihrem 18. Betriebsjahr eine Arbeitsausnutzung von 91,7 % und eine Zeitverfügbarkeit von 94,2 %. Der Revisionsstillstand dauerte in diesem Jahr 17 Tage.

Die Zeitverfügbarkeiten und die Arbeitsausnutzungen der letzten 10 Jahre sind in Fig. A1 dargestellt.

Das KKL hatte im Berichtsjahr zwei ungeplante Reaktorschnellabschaltungen, die im Kap. 4.2.1 näher erläutert werden. Zusätzlich wurden folgende störungsbedingte Leistungsreduktionen registriert:

- Im Januar erfolgte eine Lastabsenkung aufgrund einer Störung an einem Umwälzmen-genregelventil. Nach der Störungsbehebung konnte die Anlage etwa sechs Stunden später wieder hochgefahren werden.
- Nach dem Revisionsstillstand fiel beim Wiederanfahren eine Speisewasserpumpe aus. Mit der Zuschaltung der Reservepumpe konnte die Leistung wieder erhöht werden.
- Im November fand eine störungsbedingte Schutzabschaltung einer Speisewasserpumpe statt, wodurch die Leistung kurzzeitig auf 50 % abgesenkt wurde.

Die folgenden geplanten Reaktorabschaltungen und Leistungsreduktionen traten auf:

- Als Folge des im Kap. 4.2.1 näher erläuterten

Vorkommnisses «Defekt an einem Überspannungsableiter» wurde für den Einbau von drei neuen Überspannungsableitern die Anlage im Mai für drei Tage vom Netz genommen.

- Aufgrund einer Modifikation an der Speisewasserbehälter-Druckregelung wurde nach dem Revisionsstillstand im August das Verhalten der Speisewasserpumpen mit einer Schnellabschaltung der Turbine überprüft. Dabei war die Stromabgabe ans Netz kurzzeitig unterbrochen.
- Im September fand ein im Rahmen der Leistungserhöhung erforderlicher Stabilitätstest statt, bei dem die Leistung kurzzeitig bis auf 30 % gesenkt wurde.

## 4.2 Anlagensicherheit

### 4.2.1 Besondere Vorkommnisse

Gemäss HSK-Richtlinie R-15, Berichterstattung über den Betrieb von Kernkraftwerken, hat die HSK sechs Vorkommnisse der Klasse B zugeordnet. Sie wurden der Stufe 0 der internationalen Bewertungsskala INES zugeteilt (siehe Anhang Tabelle B2). Die Vorkommnisse werden im Folgenden dargestellt:

- Zur Erfüllung einer HSK-Forderung aus dem Jahr 2001 hat das KKL in den technischen Abteilungen umfangreiche Überprüfungen von Checklisten zu Betriebsüberwachungen durchgeführt. In einigen Fällen wurden falsche Angaben gefunden. Bei diesen Abweichungen waren keine Verletzungen von Betriebsvorschriften und Nachweisprotokollen von Prüfungen betroffen, die gemäss der Technischen Spezifikationen vorgeschrieben sind. Die nukleare Sicherheit war nicht tangiert. Die HSK bewertet das Vorkommnis mit B, da grundsätzlich im nuklearen Umfeld falsche Angaben nicht tolerierbar sind. Die Werksleitung hat bereits zu Beginn des Jahres 2002 eine Reihe von Massnahmen eingeleitet, damit solche Abweichungen in Zukunft ausgeschlossen werden können. Die HSK hat an ihrer Medienkonferenz im April 2002 u.a. über diese Vorfälle berichtet.
- Ein Defekt an einem Überspannungsableiter in der 420-kV-Freiluft-Schaltanlage löste einen

Turbinen-Schnellschluss aus. Damit war ein Ausfall der Eigenbedarfsversorgung verbunden, der zu einer automatischen Schnellabschaltung des Reaktors führte. Die Abschaltung verlief erwartungsgemäss. Nach dem Ausbau des defekten Ableiters und den entsprechenden Kontrollen wurde der Generator zwei Tage später wieder ans Netz geschaltet.

- Nach einer erfolgreich durchgeführten, routinemässigen Kapazitätsprüfung der Batterien für die Notstromversorgung wurde die betriebsmässige elektrische Versorgung wieder hergestellt. Die Batterieeinspeisung wurde wegen des dabei aufgetretenen hohen Ladestromes unnötigerweise manuell abgeschaltet. Dies führte zu Spannungstransienten und zum Verlust einer 24-V-Versorgung. Die Wiedereinspeisung bewirkte ein Ansprechen der «Alternativen Stabeinwurf-Logik» und damit in der Folge eine Reaktorschnellabschaltung. Die Anlage verhielt sich bei der Schnellabschal-

tung auslegungsgemäss. Der Generator wurde nach einem Tag wieder ans Netz geschaltet.

- Bereits zu Beginn des 18. Betriebszyklus gab es Anzeichen für Brennstabdefekte. Bei den Untersuchungen während des Revisionsstillstandes im August 2002 stellte sich heraus, dass ein Brennelement defekt war und Brennstoff ausgewaschen wurde. Das defekte Brennelement wurde ersetzt.
- Aus der Werkstatt, in der kontaminierte Komponenten bearbeitet werden, wurde in unregelmässigen Abständen über einen provisorisch installierten Schlauch Kondensat der Umluftkühlung in das Meteorwassernetz abgeleitet. Der Strahlenschutz stellte bei einer routinemässig durchgeführten Kontrolle im Schlauch und in einem Siphon Kontaminationen fest. Die HSK hat dieses Vorkommnis mit B bewertet, da das Kondensat der Umluftkühlung nicht auf dem nach den Betriebsvorschriften erlaubten Pfad abgegeben wurde. Die Aktivi-

**Blick auf die Dampfturbine, im Vordergrund die geöffnete Hochdruckturbine.**  
Foto: KKL



tätsabgabe an die Umgebung lag deutlich unterhalb der Grenzwerte. Dies wurde anhand von Registraturstreifen der Aktivitätsmessung im Rücklauf des Nebenkühlwassers, in das das Meteorwasser eingeleitet wird, nachgewiesen.

- Bei einem gemäss der Technischen Spezifikationen vorgeschriebenen Funktionstest konnte eine Grundwasserpumpe im Notstandsystem nicht gestartet werden. Die Ursache hierfür war ein Defekt an einem Leistungsschalter. Abklärungen zeigten, dass die Pumpe auch im Anforderungsfalle nicht automatisch angelaufen wäre. Der Test konnte nach dem Einbau eines Reserve-Leistungsschalters erfolgreich durchgeführt werden.

Die klassierten Vorkommnisse der letzten 10 Jahre sind in den Fig. A3a und A3b dargestellt.

#### 4.2.2 Arbeiten während des Stillstands zum Brennelementwechsel

Im Revisionsstillstand vom 3. bis zum 20. August 2002 wurden die üblichen Arbeiten wie Brennelementwechsel, Instandhaltungsarbeiten,

zerstörungsfreie Werkstoffprüfungen, Anlagenänderungen, Inspektionen und Funktionsprüfungen von Systemen und Komponenten ausgeführt.

Eine Hauptaktivität war die Ultraschallprüfung von ferritischen Schweissnähten der Nach- und Notkühlsysteme sowie der Hoch- und Niederdruck-Kernsprühsysteme, um betriebsinduzierte Veränderungen festzustellen. Vor der eigentlichen Ultraschallprüfung in der Anlage wurde im Rahmen einer Qualifizierung die Leistungsfähigkeit des Prüfsystems (Verfahren, Geräte und Personal) getestet. Bei einigen Schweissnähten wurden Anzeigen festgestellt, deren Auswertung zu keinen sicherheitsrelevanten Befunden führten.

Die Innenseiten des Reaktordruckbehälters und die Kerneinbauten wurden mit Unterwasserkameras entsprechend eines periodisch ablaufenden Prüfprogramms inspiziert, um eventuelle Risse und Abweichungen von den ursprünglichen Konturen festzustellen. An einer Strahlpumpe wurde wie im Vorjahr eine Anzeige festgestellt, die schwer zu interpretieren ist und deshalb zukünftig besonders beobachtet wird.

Die Dichtheitsprüfungen an verschiedenen Durchdringungen des Containments ergaben, dass alle gemessenen Leckraten kleiner als die zulässigen Werte waren. Auch die Dichtheitsprüfung der geprüften Containment-Absperrarmaturen zeigte, dass die gemessenen Leckraten geringer ausfielen, als es die zulässigen Limiten aus den Technischen Spezifikationen erlaubten.

An 32 Sicherheitsventilen wurden Funktionsprüfungen durchgeführt. An einigen Sicherheitsventilen wurden die Ventilkegel mit einem Weichsitz ausgestattet, damit eine bessere Dichtheit gewährleistet ist. Nach der Instandsetzung erfüllten alle 32 Sicherheitsventile die Anforderungen bei den Funktionsprüfungen.

Das Wanddickenmessprogramm mittels Ultraschall zur Schwachstellenanalyse infolge Erosionskorrosion an Rohrleitungen und Komponenten im Sekundärteil der Anlage wurde fortgesetzt. An 21 Komponenten wurden total 3720 Messwerte aufgenommen. Unterschreitungen der Zeichnungsmasse wurden nicht festgestellt.

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

#### Revisionsarbeiten am Rotor der Hochdruckturbinen.

Foto: KKL



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

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

#### 4.2.3 Anlagenänderungen

Die Leitschaufeln der Hochdruck-Turbine wurden angepasst, damit entsprechend der Leistungserhöhung von 3515 auf 3600 MWth bei gleichem Reaktordruck die höhere Dampfmenge durchgesetzt werden kann.

An den Stahlbühnen im Dampftunnel wurden umfangreiche Änderungen vorgenommen, damit im Jahresstillstand 2003 die neuen Rückschlagventilteile eingebaut werden können.

Die Abdichtung beim Saugsieb einer Speisewasserpumpe wurde modifiziert, um damit eine mögliche Bypassströmung zu verhindern.

Ein Vergleich der Getriebeöl-Temperaturen zwischen den einzelnen Speisewasserpumpen hatte ergeben, dass die Kühlwasserverteilung zwischen den drei Pumpaggregaten verbessert werden kann. Durch den Einbau von angepassten Blenden in die Kühlwasserstränge wurden die Temperaturdifferenzen ausgeglichen und somit die Kühlung verbessert.

Um Ölleckagen an den Speisewasserpumpen zu vermeiden, wurden Ölnebelabscheider auf den Getrieben der Speisewasserpumpen installiert.

Ein neues, umfangreiches Brandmelde-Leitsystem wurde mit einer ansprechenden Synoptik-Anzeigetafel im Hauptkommandoraum installiert. Die bisherige Brandmeldezentrale blieb vorerst unverändert in Betrieb. Die Inbetriebsetzung des neuen Leitsystems ist im Jahr 2003 vorgesehen.

Die Wicklungsisololation der Erregertransformatoren ist aufgrund der hohen Öltemperaturen stark gealtert. Alle drei Transformatoren wurden ersetzt, wobei zum Schutz der Wicklungsisololation eine neue Kühlung zur besseren Wärmeabfuhr eingebaut wurde.

Das KKL hat in den letzten Jahren in eigener Regie eine hochwertige Anlage zur Dekontamination von Komponenten gebaut. Während des Stillstands wurden letzte Arbeiten an der Anlage vorgenommen; so wurde z.B. die Stromversorgung verstärkt, da die neuen Dekontverfahren (Hochdruckwasserstrahl) einen höheren Energiebedarf haben.

Bei einem im Jahr 2001 durchgeführten Test der Turbinenschnellabschaltung wurde festgestellt, dass das Stützdampf-Regelventil etwas zu spät öffnete. Deshalb kam es zu einer geringfügigen Kavitation in den Speisewasserpumpen. Das Regelverhalten des Stützdampf-Regelventils wurde deshalb verbessert. Nach dem Revisionsstillstand 2002 wurde das Regelverhalten mit einer Schnellabschaltung der Turbine erneut überprüft. Der Test verlief erfolgreich. Es trat keine Kavitation in den Speisewasserpumpen mehr auf.

#### 4.2.4 Brennstoff und Steuerstäbe

Im 18. Betriebszyklus (2001/02) wies der Verlauf der Reaktorwasser- und Abgasaktivität auf Brennelementschäden hin. Beim Abfahren zum Jahresstillstand und der anschließenden Dichtheitsprüfung aller Brennelemente wurde ein defektes Brennelement identifiziert. Eine erste visuelle Inspektion zeigte den Umfangsbruch eines Brennstabes. Die primäre Schadensursache, vermutlich Fremdkörperreibung, wird noch ermittelt.

Während des Brennelementwechsels wurden 140 frische SVEA96-Brennelemente zugeladen. Darunter befinden sich 100 Brennelemente des neuen, von der HSK freigegebenen Typs SVEA96-Optima2. Die HSK hat sich davon überzeugt, dass die neuen Brennelemente den Qualitätsanforderungen für einen sicheren Betrieb entsprechen.

Zur Vermeidung fremdkörperbedingter Schäden an den Brennelementen sind gegenwärtig etwa 95 % aller Brennelemente mit Fremdkörperfiltern ausgerüstet. Die Erprobung eines neuen Filtertyps, der einen wesentlich besseren Schutz gegen drahtförmige Fremdkörper bietet, war bisher erfolgreich.

Seit dem Wiederanfahren nach dem Jahresstillstand gibt es bisher keine Anzeichen für Brennelementschäden.

Die Borsäurekonzentration im Reaktorwasser war im Berichtszeitraum erhöht, was auf Undichtheit von Steuerstäben zurückzuführen ist. Der Ersatz von vier stark bestrahlten Steuerstäben während des Revisionsstillstands brachte keinen Erfolg. Die HSK, die regelmässig über den Verlauf der Borsäurekonzentration im Reaktorwasser informiert wird, hat vom Betreiber ein Konzept zur Detektierung und zum Austausch defekter Steuerstäbe verlangt. Eine ausreichende Abschaltwirksamkeit der defekten Steuerstäbe konnte vom KKL nachgewiesen werden.

## 4.3 Strahlenschutz

### 4.3.1 Schutz des Personals

Im Kalenderjahr 2002 (Daten für 2001 in Klammern) wurden im KKL folgende Kollektivdosen ermittelt:

Aktionen	Kollektivdosis Personen-Sv	
	Geplanter Stillstand	0,22
Leistungsbetrieb	0,23	(0,30)
gesamte Jahreskollektivdosis	0,45	(1,01)

Die Jahreskollektivdosis ist eine der tiefsten seit dem kommerziellen Betriebsbeginn. Im Jahr 2002 betrug die höchste im KKL akkumulierte Individualdosis 4,6 mSv (11,8 mSv). Sie lag damit deutlich unter dem Dosisgrenzwert der Strahlenschutzverordnung für beruflich strahlenexponierte Personen von 20 mSv pro Jahr. Nähere Angaben sind aus den Tabellen A5 bis A10 und den Figuren A5 bis A8 ersichtlich.

Schon zu Beginn des 18. Betriebszyklus deutete im August 2001 ein Anstieg der Primärkühlmittelaktivität auf Brennstoffschäden hin. Beim Abfahren der Anlage zur Jahreshauptrevision 2002 konnte der Aktivitätstransfer in die Sekundäranlage gering gehalten werden. Deshalb blieb ein Anstieg der Jodkonzentration in der Fortluft wie nach dem 17. Betriebszyklus aus. Das Strahlenfeld um die Hochdruckturbine erreichte nur ein Drittel des prognostizierten Wertes. Die Inkorporationsüberwachung mittels Triage-Inkorporationsmonitor ergab keine Hinweise auf Inkorporationen. Personenkontaminationen, die nicht mit den üblichen Mitteln (Händewaschen, Duschen) sofort entfernt werden konnten, sind nicht aufgetreten.

An den Umwälzschleifen ist die mittlere Dosisleistung weiter leicht gesunken und lag im Revisionsstillstand 2002 mit 1,89 mSv/h (2,12 mSv/h) erstmals seit 1997 wieder unter dem Richtwert aus der Betriebsbewilligung (2 mSv/h). Die von KKL ergriffenen, langfristig wirkenden Massnahmen haben Erfolg und sind konsequent weiterzuführen. Der Betrieb der Anlage mit erhöhter Leistung hatte weiterhin keinen relevanten Einfluss auf die Dosis der Mitarbeiter. Die Dosisleistungen an den langjährig überwachten Reaktoreinbauten haben sich während der vergangenen fünf Jahre kaum verändert.

Während des Revisionsstillstandes wurde nur ein Teil der vorhandenen temporären Abschirmungen aus Wassersäcken und Bleimatten angebracht, da im Drywell nur wenige Arbeiten durchgeführt wurden. Im Dampftunnel wurde die Standardabschirmung (etwa 400 Bleimatten mit einer Masse von ca. 8 t) aufgebaut.

In der Anlage traten an den allgemein zugänglichen Stellen keine unzulässigen Kontaminationen auf, wie laufend durchgeführte Kontrollmessungen an Luft- und Oberflächenproben bestätigten. Die im Zusammenhang mit Brennstoffdefekten durchgeführten Messprogramme zur Bestimmung der Kontamination durch  $\alpha$ -Strahler wurden weitergeführt. Es zeigten sich Resultate, die mit den niedrigen Werten der Vorjahre vergleichbar sind.

Während des Revisionsstillstands im Berichtsjahr wurden praktisch keine dosisintensiven Wiederholungsprüfungen durchgeführt. Die Arbeiten an den Speisewasser-Rückschlagventilen führten zu einer Dosis von 18,6 Pers.-mSv. Sämtliche Arbeiten wurden von einer laufend nachgeführten arbeitsspezifischen Dosimetrie begleitet. Die für die Revision geplante Dosis wurde deutlich unterschritten. Gründe waren die günstigen strahlenschutztechnischen Verhältnisse im wasserbeaufschlagten Teil der Primäranlage und niedrige Kontaminationswerte in der Sekundäranlage, die durch ein optimiertes Abfahren der Anlage zum Revisionsstillstand erreicht wurden.

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

### 4.3.2 Abgaben an die Umwelt und Direktstrahlung

Die Grenzwerte für die Abgaben radioaktiver Stoffe aus dem KKL, die Jahresabgaben 2002 sowie die daraus auf der Grundlage der HSK-Richtlinie R-41 rechnerisch ermittelten Dosiswerte für Einzelpersonen in der Umgebung sind in Tabelle A4a dargestellt. Die radioaktiven Abgaben über die Abluft in Form von Aerosolen, Jod und Edelgasen lagen deutlich unterhalb der in der Betriebsbewilligung festgelegten Grenzwerte. Die gleiche Aussage gilt auch beim Abwasser für Tritium und für die übrigen radioaktiven Abgaben. Im September 2003 meldete das KKL der HSK, dass radioaktive Stoffe aus der Aktivwerkstatt über das Nebenkühlwasser nicht bilanziert in die Aare gelangt sind (siehe 4.2.1). Aufgrund einer Überprüfung der Messwerteaufzeichnung der Aktivitätsmessung des Neben-

kühlwassers kann eine Überschreitung der bewilligten Abgabelimite ausgeschlossen werden. 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 Promille der Abgabelimite werden nicht ausgewiesen.

Aus den tatsächlich über die Abluft und das Abwasser abgegebenen radioaktiven Stoffen wird unter ungünstigen Annahmen die Jahresdosis für Einzelpersonen der Bevölkerung in der Umgebung des KKL berechnet. Sie liegt mit etwa 0,0043 mSv für Erwachsene und 0,0076 mSv für Kleinkinder deutlich unterhalb des Dosisrichtwerts von 0,2 mSv/Jahr gemäss HSK-Richtlinie R-11. Die Dosis resultiert primär aus der Abgabe von Kohlenstoff-14 (C-14). Dieses Nuklid entsteht im Reaktor durch Kernreaktionen von Neutronen mit Stickstoff, Kohlenstoff und Sauerstoff. KKL führt C-14 und Tritium-Messungen in den Abgaben über die Abluft durch. Artikel 5 und 6 der Strahlenschutzverordnung besagen, dass Tätigkeiten, die für die betroffenen Personen zu einer effektiven Dosis von weniger als 0,01 mSv

pro Jahr führen, in jedem Fall als gerechtfertigt und optimiert gelten. Das bedeutet, dass keine weiteren Anstrengungen zur Verminderung der radioaktiven Abgaben und der daraus resultierenden Dosis für die Bevölkerung notwendig sind.

Die Dosisleistungs-Messsonden des von der HSK betriebenen Messnetzes (MADUK) in der Umgebung des KKL ergaben keine durch den Betrieb der Anlage erhöhten Werte (siehe Figur A10). Im Nahbereich eines Siedewasserreaktors ist die Ortsdosisleistung durch Direkt- und Streustrahlung aus dem Maschinenhaus erhöht. Die am Zaun quartalsweise von der HSK ermittelten Messwerte zeigten keine signifikante Veränderung. Die von KKL ausgewerteten Thermolumineszenz-Dosimeter (TLD), die an mehreren Stellen am Zaun die Dosis messen, zeigten im Berichtsjahr einen Höchstwert von 3,89 mSv (inkl. natürlichem Untergrund von etwa 0,7 mSv). Die HSK hat im Berichtsjahr den Einfluss der Leistungserhöhungen des KKL auf die radioaktiven Abgaben und die Direktstrahlung untersucht. Dabei lässt sich feststellen, dass bei den Abgaben keine signifikante

**Abtransport von  
abgebrannten  
Brennelementen.**

Foto: KKL



Erhöhung feststellbar ist. Bei der Direktstrahlung sind die nach der schrittweisen Leistungserhöhung gemessenen Dosisleistungswerte geringfügig erhöht. In einer Messkampagne wurden nach der Erhöhung der Reaktorleistung auf 3600 MW<sub>th</sub> eine Dosisleistung nach Abzug des natürlichen Untergrundes von 0,028 mSv pro Woche gemessen. Dies entspricht 28 % des Grenzwertes von 0,1 mSv pro Woche gemäss der HSK-Richtlinie R-11. Die Immissionsgrenzwerte für die Direktstrahlung ausserhalb des Betriebsareals von 1 mSv pro Jahr für Wohn-, Aufenthalts- und Arbeitsräume und von 5 mSv pro Jahr für andere Bereiche nach Art. 102 Absatz 3 der Strahlenschutzverordnung wurden aber auch im Berichtsjahr eingehalten.

#### 4.3.3 Strahlenschutzinstrumentierung

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

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

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

### 4.4 Personal und Organisation

#### 4.4.1 Organisation und Betriebsführung

Das KKL hat im Berichtsjahr keine organisatorischen Veränderungen vorgenommen.

KKL hatte ursprünglich bis Ende 2003 eine Reduktion des Personalbestandes auf 380 Personen vorgesehen. Nach einer Überprüfung der gemachten Erfahrungen und der anstehenden Aufgaben hat KKL diese Zahl für 2004 auf 395 festgelegt. Zur Ergänzung ihres lizenzierten Betriebspersonals hat KKL zwölf neue Reaktoroperator-Anwärter rekrutiert, welche bereits ihre über vier Jahre dauernde Ausbildung begonnen haben. Zudem ist KKL dabei, Kandidaten für die Karriere als Pickettingenieur zu rekrutieren. Das KKL beschäftigte Ende Berichtsjahr 395 Personen (2001: 386).

Das Thema «Auswirkungen der Marktliberalisierung» wird zwischen HSK und der Kraftwerksleitung seit einigen Jahren regelmässig besprochen. Aus der Darstellung der Kostenentwicklung im KKL seit 1997 konnten keine negativen Auswirkungen der Marktliberalisierung auf die Sicherheit festgestellt werden.

Leibstadt hat im Berichtsjahr die bisher kürzeste Jahresrevision durchgeführt. Die HSK verfolgte die Tätigkeiten vor Ort während der Inspektionen, auch im Hinblick auf mögliche Störungen im Ablauf der Revision und die Belastung des Personals. Sie konnte feststellen, dass die Revision gut vorbereitet war und sorgfältig durchgeführt wurde.

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

KKL ist dabei, sein Qualitätsmanagementsystem in ein Total Quality Managementsystem umzuwandeln und nimmt die dazu nötigen Anpassungen vor. Die HSK begrüsst die Bestrebungen der Werke, das Qualitätsmanagement in ein übergeordnetes Managementsystem zu integrieren, in welchem die Aspekte des Betriebes ganzheitlich berücksichtigt und aufeinander abgestimmt werden.

#### 4.4.2 Personal und Ausbildung

Im Berichtsjahr wurden im KKL zwei Pickettingenieure und zwei Schichtchefs aufgrund erfolgreich bestandener Prüfung lizenziert. Die Prüfung erfolgte in Anwesenheit der HSK gemäss den Vorgaben der Richtlinie HSK-R-27.

In Tabelle A2 ist der Bestand an lizenzpflichtigem Personal aufgeführt.

Die Aus- und Weiterbildung des Schichtpersonals erfolgte gemäss Jahresprogramm in verschiedenen Ausbildungsveranstaltungen und am KKL-eigenen Simulator. Der Simulator wurde erfolgreich auch bei Prüfungen und Notfallübun-

gen eingesetzt. Er erlaubt es, den Beübten realitätsnahe Situationen vorzugeben und die erforderlichen Abläufe in Echtzeit darzustellen.

Angehörige aller Abteilungen vertieften ihr Fachwissen in einer grossen Anzahl weiterer Kurse, wobei auch Strahlenschutz behandelt wurde. Die Anerkennung des Strahlenschuttpersonals erfolgt durch die HSK entsprechend der Strahlenschutz-Ausbildungsverordnung (SR 814.501.261) und der HSK-Richtlinie R-37. Gewisse Kurse dienten den Werksangehörigen auch dazu, ihre praktischen Fähigkeiten zu erweitern und sich persönlich weiterzuentwickeln. So führte KKL auch dieses Jahr spezielle Workshops zum Thema Sicherheitskultur durch.

#### **4.5 Gesamteindruck aus der Sicht der HSK**

Der Betrieb der Anlage KKL wurde im 18. Betriebsjahr von zwei ungeplanten und zwei geplanten Reaktorabschaltungen unterbrochen. Der gut geplante und programmgemäss abgewickelte Revisionsstillstand war mit 17 Tagen der kürzeste seit der Inbetriebnahme des KKL. Die Anlage verzeichnete in ihrem 18. Betriebsjahr die beste Arbeitsausnutzung von 91,7 % seit Inbetriebnahme. Die wiederkehrenden Prüfungen am Reaktordruckbehälter, am Kernmantel und an den Kerneinbauten ergaben keine signifikanten Befunde.

Die Erhöhung auf die maximale thermische Leistung von 3600 MW wurde erfolgreich abgeschlossen.

Im Berichtsjahr hat die HSK im Kernkraftwerk Leibstadt über 70 Inspektionen durchgeführt. Schwerpunkte lagen dabei während dem Revisionsstillstand u.a. bei der Inspektion der Brennelemente, den Umbauten im Dampftunnel, der Qualifizierung und Durchführung der Ultraschallprüfungen von ferritischen Schweissnähten, der Installation der Erregertransformatoren und bei Inspektionen zu strahlenschutz-

technischen Aspekten. Weitere Inspektionen wurden insbesondere im Zusammenhang mit Vorkommnissen durchgeführt.

Im Berichtsjahr traten sechs B-Vorkommnisse gemäss der R-15 auf. Ein Vorkommnis resultierte aus der vom KKL zu erfüllenden HSK-Forderung zur Prüfung, ob Dokumentenfälschungen im KKL vorgekommen sind. Das KKL hat in einigen Fällen falsche Angaben in Checklisten gefunden. Die nukleare Sicherheit war nicht tangiert. Die Werksleitung hatte bereits zu Beginn des Jahres 2002 eine Reihe von Massnahmen eingeleitet, damit Abweichungen in Zukunft ausgeschlossen werden können. Die HSK hat die Entwicklung sehr genau verfolgt. Die Massnahmen sind nach Ansicht der HSK angemessen und zeigen, dass das KKL-Personal mit Ernsthaftigkeit und Sorgfalt auf die Vorkommnisse reagiert.

Das KKL hat im Berichtsjahr eine Reihe betrieblicher Optimierungsmassnahmen eingeleitet. Dies gilt für die Einführung eines umfassenden Qualitäts-Managementsystems. Die Überprüfung der Technischen Spezifikationen wird in einigen Bereichen zu einer Verlängerung der Prüfzyklen führen. Zukünftig werden sich längere und kürzere jährliche Revisionsstillstände ablösen. Der Personalbestand hat sich durch Neueinstellungen insbesondere im Bereich Betrieb leicht erhöht.

Das KKL unternimmt grosse Anstrengungen zur Verbesserung einer hohen Sicherheitskultur und der Motivation des Personals.

Während des Revisionsstillstands und im gesamten Jahr 2002 wurden die niedrigsten Kollektivdosen seit der Inbetriebnahme des KKL registriert. Die radiologischen Verhältnisse in der Primär- und Sekundäranlage haben sich leicht verbessert. Im KKL wird ein guter und effektiver Strahlenschutz betrieben. Die Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umgebung lagen weit unterhalb der behördlich festgelegten Grenzwerte. Damit ergab sich für die Bevölkerung eine unbedeutende Strahlendosis.



# 5. ANLAGENÜBERGREIFENDE THEMEN ZU DEN SCHWEIZERISCHEN KERNKRAFTWERKEN

## 5.1 Probabilistische Sicherheitsanalyse und Accident Management

### 5.1.1 Probabilistische Sicherheitsanalysen

Die Aufgabe der Probabilistischen Sicherheitsanalyse (PSA) ist, Schwere Unfälle in Bezug auf das Risiko zu bewerten und deren Konsequenzen aufzuzeigen. Als Schwerer Unfall wird ein Störfall bezeichnet, bei dem der Reaktorkern nicht mehr gekühlt werden kann und in der Folge zu schmelzen beginnt. Schwere Unfälle sind äusserst unwahrscheinlich und setzen den Ausfall zahlreicher Anlagenteile voraus. Erst ein Schwerer Unfall kann (aber muss nicht notwendigerweise) dazu führen, dass grosse Mengen radioaktiver Stoffe in die Umgebung des KKW freigesetzt werden.

Im Jahre 2002 wurden von den Schweizer Anlagenbetreibern im Wesentlichen folgende PSA-Arbeiten durchgeführt und der HSK eingereicht:

- Der Betreiber des KKW Leibstadt (KKL) initiierte ein umfassendes PSA-Projekt, das die Aktualisierung der Zuverlässigkeitsdaten sowie die Verbesserung der werkspezifischen PSA insbesondere in den Bereichen Brandanalyse und Modellierung von Operateurhandlungen zum Ziel hat.
- Im Zusammenhang mit der Periodischen Sicherheitsüberprüfung (PSÜ) des KKW Mühleberg (KKM) überarbeitete der Betreiber die gesamte PSA und reichte sie Ende 2001 der HSK ein. Im Jahre 2002 wurden auf Anfrage der HSK ergänzende Informationen geliefert, die für die behördliche Überprüfung der PSA erforderlich waren. Die wichtigsten Resultate der Studie und der Überprüfung durch die HSK werden im Kapitel 5.1.2 dargestellt.
- Der Betreiber des KKW Gösgen reichte im Jahr 2002 eine überarbeitete Stillstandsstudie ein, die eine erheblich reduzierte Brennstoffschadenshäufigkeit und damit ein besseres Sicherheitsniveau für die Anlagenzustände Schwachlast und Stillstand gegenüber der ursprünglichen Studie ausweist. Diese Verbes-

serung ist laut Betreiber auf Nachrüstungen, realistischere Modellierung und die Berücksichtigung von bislang nicht modellierten Notfallmassnahmen zurückzuführen.

- Im Hinblick auf die PSÜ hat der Betreiber des KKW Beznau jenen Teil der PSA überarbeitet, in welchem für den Betriebszustand Volllast das Risiko einer Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umgebung analysiert wird. Die Studie zeigt, dass das Freisetzungsrisiko massgeblich von äusserst seltenen Unfallszenarien mit grossen Freisetzungen bestimmt wird. Gemäss Betreiber verursachen über 90 % aller Schwere Unfälle keine oder nur geringe Freisetzungen. Die Risikoergebnisse sind ähnlich wie diejenigen anderer Schweizer KKW. Zusätzlich wurden für die gesamte PSA die Zuverlässigkeitsdaten unter Berücksichtigung der im Zeitraum 1995 bis 2001 gesammelten Betriebserfahrung aktualisiert. Mit den aktualisierten Zuverlässigkeitsdaten verbessert sich gemäss Betreiber die Kernschadenshäufigkeit (Mass für das Sicherheitsniveau der Anlage bei Volllastbetrieb) und die Brennstoffschadenshäufigkeit (Mass für das Sicherheitsniveau der Anlage bei Schwachlast- und Stillstandsbetrieb) jeweils um etwa 10 %.

Die HSK überprüft alle eingereichten Studien. Gleichzeitig mit der Überprüfung der von den Betreibern erstellten PSA aktualisiert die HSK ihre eigenen werkspezifischen PSA-Modelle. Diese Modelle ermöglichen es der HSK, eigene Risikoanalysen durchzuführen, um die Sicherheit der Anlage unabhängig von den Resultaten der Betreiber zu bewerten.

Sowohl die PSA-Ergebnisse der Betreiber als auch die Prüfergebnisse der HSK zeigen, dass die Schweizer KKW ein im internationalen Vergleich hohes Sicherheitsniveau aufweisen, das deutlich über den Zielvorgaben der IAEA (Internationale Atomenergiebehörde) liegt.

### 5.1.2 Überprüfung der PSA Mühleberg

Der Betreiber des KKW Mühleberg legte im Rahmen der PSÜ eine umfassende PSA zur Un-

tersuchung des Anlageverhaltens im auslegungs-  
überschreitenden Bereich vor. Die Studie be-  
scheint der Anlage ein ausgeglichenes Risiko-  
profil bei Vollastbetrieb, welches durch die un-  
abhängigen, auf eigenen Rechnungen beruhen-  
den Resultate der HSK bestätigt wird.

Die ermittelte Kernschadenshäufigkeit ist  
im internationalen Vergleich gering und somit  
ein Indiz für ein hohes Sicherheitsniveau der An-  
lage Mühleberg. Die im Bewertungszeitraum der  
PSÜ erfolgten Anlageänderungen (insbesonde-  
re die neue Logik für die Auslösung der automa-  
tischen Druckentlastung bei Transienten) wirken  
sich positiv auf die Sicherheit der Anlage aus.

Die PSA zeigt, dass im äusserst unwahr-  
scheinlichen Fall eines Kernschadens das robuste  
Containment des KKM die radiologischen  
Konsequenzen zu mildern vermag. Mildernde  
Wirkung hat auch das im Bewertungszeitraum  
nachgerüstete System für die gefilterte Druck-  
entlastung. Dieses System verhindert in einer  
Vielzahl der untersuchten Unfallsequenzen mit  
grosser Wahrscheinlichkeit das unkontrollier-  
te Containmentversagen, welches mit erhebli-  
chen radioaktiven Freisetzungen verbunden wä-  
re. Dementsprechend ist der wichtigste Freiset-  
zungspfad bei KKM die gefilterte Druckentlas-  
tung, die gemäss Betreiber bei rund 90 % der  
Schweren Unfälle zum Einsatz gelangt. Die PSA  
zeigt ferner, dass sich auch das ebenfalls im Be-  
wertungszeitraum nachgerüstete Drywell-Sprüh-

und -Flutsystem positiv auf das Anlagenverhalten  
auswirkt. Dieses System hat den Zweck, die  
Kernschmelze zu kühlen, wenn der Reaktordruck-  
behälter versagt und die Schmelze folglich in die  
darunterliegende Kaverne fliesst. Die derzeit bei  
KKM laufende Entwicklung der SAMG-Vorschrif-  
ten (s. auch 5.1.4) lässt eine weitere Verringerung  
des Freisetzungsriskos der Anlage erwarten.

### 5.1.3 Neue probabilistische Erdbebengefährdungsanalyse

Die HSK verlangte von den Betreibern der  
Schweizer KKW neue Erdbebengefährdungs-  
analysen, nachdem sie deutliche Fortschritte in  
der solchen Studien zu Grunde liegenden Metho-  
dik festgestellt hatte. Das von den Betreibern  
in der Folge unter dem Projektnamen PEGASOS  
(Probabilistische Erdbebengefährdungsanalyse  
für die KKW-Standorte in der Schweiz) in Angriff  
genommene Vorhaben ist inzwischen weit fort-  
geschritten.

Einen wichtigen Bestandteil von PEGASOS  
bilden Workshops, bei denen die für die Gefähr-  
dungsrechnungen benötigten erdwissenschaftli-  
chen Eingabedaten mit strukturierter Experten-  
befragung ermittelt werden. Diese Workshops  
sind so gestaltet, dass daraus Einschätzungen  
resultieren, die für die gesamte Fachwelt reprä-  
sentativ sind. Der grösste Teil der Workshops  
war für 2002 vorgesehen und konnte planmäs-  
sig durchgeführt werden. Konkretes Produkt die-



Die vier  
schweizerischen  
Kernkraftwerke.

ser Workshops sind zahlreiche, von den Experten diskutierte und gewichtete Modelle zu Einzelaspekten der Entstehung und Fortpflanzung von seismischen Bodenerschütterungen. Gegen Ende Jahr wurde in einem weiteren Teilprojekt damit begonnen, diese Detailmodelle in ein numerisches Gesamtmodell zu integrieren.

#### **5.1.4 Einführung von «Severe Accident Management Guidance»**

In allen Schweizer KKW wurden 2002 die Arbeiten zur Einführung von technischen Entscheidungshilfen für die Bewältigung von Schweren Unfällen (engl. Severe Accident Management Guidance, SAMG) weitergeführt. Die SAMG dienen der Beendigung oder zumindest der Milderung der Konsequenzen eines Schweren Unfalls.

Der Betreiber des KKW Beznau konnte die Entwicklung der SAMG weitgehend abschliessen und in einer Notfallübung erfolgreich validieren. Die KKW Gösgen, Leibstadt und Mühleberg führten zum Teil umfangreiche Zwischenschritte in ihren Projekten durch, die gegenwärtig von der HSK geprüft werden.

#### **5.1.5 Unfallanalysesystem «ADAM»**

Bei einem Störfall in einem Schweizer KKW werden der HSK alle zwei Minuten die Werte von bis zu 25 relevanten Anlageparametern via eigenes Übermittlungsnetz zugestellt. In der HSK können diese Werte mit dem Unfallanalysesystem ADAM (Accident Diagnostics, Analysis and Management) weiter verarbeitet werden. ADAM erlaubt, die Werte so aufzubereiten, dass sich die HSK rasch über den Ablauf, das Ausmass und die Ursachen des Störfalls ins Bild setzen kann.

Die Entwicklung von ADAM wurde im Jahre 2002 weitgehend abgeschlossen. ADAM-Modelle sind nun für alle Schweizer KKW vorhanden. Neben dem Einsatz in der Notfallorganisation wird ADAM für die HSK-interne Schulung im Bereich der Reaktorsicherheit genutzt.

## **5.2 Alterungsüberwachung**

Die Alterungsüberwachungsprogramme (AÜP) werden von allen Schweizer Kernkraftwerken und vom Zentralen Zwischenlager (ZZL) planmässig durchgeführt. Sie dienen dazu, Effekte der Alterung von Werkstoffen und Baustoffen rechtzeitig zu erkennen und zu beurteilen, und Massnahmen zur Behebung und Verhinderung von Alterungsschäden zu veranlassen. Sie um-

fassen alle sicherheitstechnisch wichtigen mechanischen und elektrischen Komponenten der schweizerischen Kernkraftwerke sowie Gebäude und Bauwerke der Kernkraftwerke und des Zentralen Zwischenlagers.

Die HSK verfolgt laufend die Ergebnisse und stellt fest, dass Alterungsphänomene bisher nicht zu einer Beeinträchtigung der Sicherheit geführt haben.

Für alle Anlagen wurden 2002 die umfassende AÜP-Dokumentation weitergeführt, in der die wichtigen Angaben für die Beurteilung der Alterungsanfälligkeit der einzelnen Anlageteile enthalten sind. Diese Dokumentation bildet auch eine wichtige Basis für die Beurteilung der Alterungsüberwachung im Rahmen der periodischen Sicherheitsüberprüfung, der jede Anlage regelmässig unterzogen wird.

In der Bautechnik sind durch die Kernkraftwerke weitere Basisinspektionen durchgeführt und AÜP-Dokumente erstellt oder auf Grund der Inspektionen aktualisiert worden. Tätigkeitsschwerpunkte waren im Berichtsjahr die Durchführung von spezifischen Inspektionen und Instandsetzungsarbeiten an sicherheitsrelevanten Baustrukturen. Es wurden auch gezielt Materialproben entnommen und im Hinblick auf Alterungseinflüsse untersucht. Die Untersuchungen sind noch im Gang.

In der Elektrotechnik sind die AÜP-Dokumente für die sicherheitsrelevanten Komponenten im Containment fast vollständig, für die übrigen 1E-klassierten Komponenten teilweise erstellt. Schwerpunktmässig wurden im Berichtsjahr bei KKB, KKG und KKL weitere Dokumente für klassierte Komponenten ausserhalb des Containments erstellt. Bei KKM wird nach der sicherheitstechnischen Bedeutung der zu erfüllenden Funktion, jedoch unabhängig vom Einbauort, vorgegangen. Im Hinblick auf eine verbesserte Überwachung und Prävention alterungsbedingter Zustandsverschlechterungen wurden einige Lücken in der Instandhaltung bei den KKW erkannt und durch angemessene Massnahmen behoben. Die AÜP-Dokumente der betroffenen Komponenten wurden dementsprechend überarbeitet.

In der Maschinenteknik wurden werkspezifische Datensammlungen fertiggestellt, in denen chemische, physikalische und Werkstoffdaten erfasst sind, die zur Beurteilung der Alterungsanfälligkeit der mechanischen Anlageteile benötigt werden. Die Erstellung der AÜP-Dokumente für die Komponenten der Sicherheitsklassen 2 und 3 wurde weitergeführt. Wo erfor-

derlich, wurden Dokumente für Komponenten der Sicherheitsklasse 1 ergänzt oder revidiert.

Die Alterungsüberwachung beinhaltet nicht nur die Zustandsbeurteilung der Anlageteile mit geeigneten Methoden sondern auch die regelmässige Auswertung von weltweiten Erfahrungen mit werkstofftechnischer Alterung. Diese Daueraufgabe wird sowohl in den Kernkraftwerken als auch in Arbeitsgruppen der GSKL wahrgenommen, die sich international an entsprechenden Arbeitsgruppen zum Alterungsmanagement beteiligen. Auch die HSK verfolgt international die Erfahrung mit Alterungsphänomenen in Kernkraftwerken und leitet gegebenenfalls Massnahmen zur Abklärung ein. Es wurden die wichtigsten alterungsbedingten Schadensfälle in ausländischen Kernkraftwerken ausgewertet. Ein unmittelbarer Handlungsbedarf für die schweizerischen Kernkraftwerke ergab sich daraus nicht.

### 5.3 Radioaktive Abfälle

Beim Betrieb der Kernkraftwerke fällt durch Instandhaltung und Umbau Material an, das radioaktiv kontaminiert oder aktiviert ist. Zur Minimierung der radioaktiven Abfälle wird nichtaktiviertes, aber kontaminiertes Material der Dekontamination und anschliessend der Inaktivfreimessung zugeführt. Die Bedingungen für die Freimessung von Materialien aus kontrollierten Zonen sind in der Richtlinie HSK-R-13 geregelt, die im Februar 2002 in Kraft gesetzt wurde. Im Jahr 2002 sind aus den schweizerischen Kernkraftwerken insgesamt rund 100t Material (vorwiegend Stahl) zur Weiterverwendung oder zur konventionellen Beseitigung als inaktiv freigemessen und der HSK gemeldet worden. Die aus der Dekontamination entstandenen Abfälle werden den radioaktiven Rohabfällen zugeführt.

Radioaktive Rohabfälle fallen vor allem aus den Wasserreinigungssystemen sowie der Abgas- und Fortluftreinigung an. Die radioaktiven Rohabfälle werden gesammelt, kampagnenweise konditioniert und bis zur geologischen Tiefenlagerung entweder im werksinternen Zwischenlager oder im Zentralen Zwischenlager (ZZL) eingelagert. In allen Kernkraftwerken lag der Anfall an radioaktiven Rohabfällen im Berichtsjahr im Bereich der Erfahrungswerte vergangener Jahre (vgl. Tabelle A11a).

Bei der Konditionierung werden die radioaktiven Rohabfälle durch Verfestigung, Einbin-

dung in einer Matrix und Verpackung in eine transport-, zwischenlager- und endlagerfähige Form gebracht. Im Berichtsjahr wurden in jedem Kernkraftwerk Konditionierungskampagnen durchgeführt: im KKB die Zementierung von Schlämmen aus der Abwasserreinigungsanlage, im KKM die Zementierung von Ionenaustauscherharzen, im KKG die Bituminierung von Konzentraten und die ersten Schritte zur Konditionierung von Feinfilterkerzen, im KKL die Zementierung von Harzen und Konzentraten. Jedes konditionierte Abfallgebilde wird mit seinen Eigenschaften in einer elektronischen Datenbank erfasst.

Im Herbst 2002 haben alle Kernkraftwerke zum letzten Mal brennbare Abfälle zur Verbrennung an das PSI geliefert und von dort, nach Aushärtung, die in Zement eingebetteten Verbrennungaschen und Filterkerzen wieder zurückgenommen. Das PSI hat nach der 46. Verbrennungskampagne den Betrieb des Ofens eingestellt. Es ist geplant, dass die Verbrennungs- und Schmelzanlage des ZZL ab 2003 die schwachaktiven, brennbaren Abfallströme über-

**Vorbereitung zu Dekontaminationsarbeiten.**

Foto: KKL



nimmt. Daher haben alle Kernkraftwerke die Konditionierung der brennbaren Abfälle bereits auf Ende 2002 umgestellt und entsprechend brennbare Abfallfässer für den neuen ZZL-Ofen hergestellt. Ende 2002 waren diese Abfälle noch in den werkseigenen Zwischenlagern; sie sollen 2003 zum ZZL transferiert werden. Das im ZZL angewandte Verfahren erlaubt neben dem Verbrennen auch das Schmelzen von Metallabfällen, sodass mit der Betriebsaufnahme des neuen Ofens eine merkliche Veränderung der Abfallströme zu erwarten ist.

Alle Konditionierungsverfahren und die daraus entstehenden Abfallgebindetypen müssen gemäss der Richtlinie HSK-R-14 von den Betreibern im Detail spezifiziert und von der HSK geprüft und freigegeben werden. Vor Inkraftsetzung dieser Richtlinie hergestellte Gebinde müssen gemäss den Vorgaben dieser Richtlinie nachdokumentiert werden. Zur Herstellung aller gegenwärtig produzierten Abfallgebindetypen verfügen die Kernkraftwerke über eine HSK-Freigabe. Im Berichtsjahr hat die HSK drei Modifikationen an bestehenden Gebindetypen (verpresste Mischabfälle der Werke KKB, KKL und KKM aus der 2001-Kampagne im KKL) sowie einen neuen Gebindetyp zur Konditionierung von Flüssigkeitsfeinfiltern im KKG beurteilt und freigegeben.

In allen Kernkraftwerken werden Rohabfälle im Hinblick auf eine spätere Behandlung in dafür vorgesehenen Räumlichkeiten der kontrollierten Zone aufbewahrt. Die konditionierten Abfallgebinde werden in die werkseigenen Zwischenlager eingelagert. Über die Belegung dieser Zwischenlager wird von den Werken Buch geführt und monatlich rapportiert. KKM hat mit den im Jahr 2002 durchgeführten Konditionierungen der alten Ionenaustauscherharze die Strahlung in der näheren Umgebung des Zwischenlagers deutlich reduziert. Die HSK hat im Berichtsjahr die Zwischenlager von KKG und KKM inspiziert; aus diesen Inspektionen waren keine sicherheitsrelevanten Beanstandungen zu vermerken.

## 5.4 Inspektionen im Jahre 2002

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

Im Jahre 2002 führte die HSK 340 Inspektionen im Rahmen ihrer Aufsichtstätigkeit durch. Eine Aufgliederung dieser Inspektionen auf die einzelnen Kernanlagen ergibt folgendes Bild (siehe Tabelle unten):

Die Mehrzahl dieser Inspektionen wurden im Rahmen des Basisinspektionsprogramms während des Betriebs und Stillstands abgewickelt.

Nicht enthalten in der angeführten Tabelle sind die Inspektionen des SVTI, der die HSK bei der Kontrolle der wiederkehrenden Prüfprogramme der Kernkraftwerke bei druckführenden sicherheitsklassierten Komponenten unterstützt. Der SVTI führte im Jahr 2002 zwischen 150 und 200 Inspektionen in jedem KKW durch.

Ein Schwerpunkt der HSK-Inspektionen im Jahr 2002 bildete das Thema Instandhaltung von Dieselgeneratoren. Ein Team aus Mitgliedern verschiedener HSK-Fachsektionen durchleuchtete sowohl den Arbeitsprozess, als auch die dafür vorhandene Dokumentation und überzeugte sich vor Ort mittels visueller Prüfung der Dieselanlagen sowie Beiwohnen an Motorentests vom Zustand der Dieselgeneratoren. Diese Inspektionen zeigten interessante Unterschiede in der Instandhaltungsphilosophie der verschiedenen Werke auf. Insgesamt bestätigte die HSK allen Betreibern eine sehr gute und

Inspektionen der HSK im Jahre 2002								
Anlage	KKB	KKM	KKG	KKL	ZZL	PSI	Andere	Total
Total	86	58	58	71	22	41	4	340

aufgrund der langjährigen Ergebnisse auch sicherheitsgerichtete Instandhaltungspraxis.

Unangemeldete Inspektionen wurden zu den Themenbereichen meteorologische Instrumentierung, Störfallvorsorge, Strahlenschutz, Konditionierung und Transport radioaktiver Stoffe durchgeführt. Reaktive Inspektionen ergaben sich in den Bereichen Systemnachrüstung, Systemzustand, Personalmanagement, Einhaltung von Vorschriften, Anlagenbetrieb und bei Vorkommissen.

Die Inspektionen wurden mehrheitlich durch Einzelpersonen (Fachsektionen) der HSK ausgeführt. Fachgebietsübergreifende Inspektionsthemen wurden durch Vertreter der involvierten Sektionen als Teaminspektionen durchgeführt. Dieser Anteil betrug rund 20 %. Etwa 20 % aller HSK-Inspektionen wurden im Jahr 2002 durch MOSAIK-Inspektionen (MOSAIK = Inspektionskatalog zur Erfassung menschlicher und organisatorischer Sicherheitsaspekte) ergänzt (zu MOSAIK siehe auch HSK-Jahresbericht 2001, Kap. 5.5.2).

Mehr als 60 % der HSK-Inspektionen ergaben ausschliesslich positive Resultate. Bei weiteren rund 25% der Inspektionen sprach die HSK in Teilbereichen «Hinweise» (geringfügige Beanstandung) aus, doch insgesamt waren die Inspektionsergebnisse positiv. Bei weniger als 15% der Inspektionen verlangte die HSK in Teilbereichen zusätzliche Abklärungen oder Massnahmen. In lediglich 3 % aller HSK-Inspektionen erfüllten die Beobachtungen und Prüfungen während der Inspektionen nicht die Erwartungen der HSK. Die entsprechenden Forderungen stellten aber keine derartigen sicherheitstechnischen Defizite dar, die den sicheren Betrieb der Anlagen in Frage stellten. Auch im organisatorischen Bereich und im Human-Factor-Bereich wurden keine Abweichungen festgestellt, die den sicheren Betrieb der Anlagen in Frage stellten.

## 5.5 Notfallbereitschaft

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

Ziel der Notfallbereitschaft ist es, bei einem Unfall durch zeit- und sachgerechtes Entscheiden und Handeln von fachlich kompetentem und zweckmässig organisiertem Personal sowie



durch den Einsatz installierter Einrichtungen die Auswirkungen dieses Ereignisses auf die Umgebung und auf das Personal so niedrig wie möglich zu halten.

**Inspektion  
einer Reaktor-  
hauptpumpe.**

Foto: HSK

### 5.5.1 Notfallübungen

Zur Erhaltung der Notfallbereitschaft auf hohem Niveau sind Notfallübungen ein wesentliches Mittel. Sie dienen der Umsetzung der theoretischen Inhalte von Notfallschutzplanungen und haben den Zweck, die Ausbildung und Zusammenarbeit aller in Notfallorganisationen eingeteilten Personen zu fördern, den Einsatz der organisatorischen und technischen Mittel unter möglichst realistischen Bedingungen zu üben sowie Schwachstellen zu erkennen und zu korrigieren.

Die Anforderungen der HSK an Planung und Durchführung von Notfallübungen in den schweizerischen Kernkraftwerken sind in der Richtlinie HSK-R-45 festgelegt. Es wird in der Regel pro Jahr und Kraftwerk eine Notfallübung mit Behördeninspektion durchgeführt. Damit die gesamte Notfallorganisation beübt werden kann, müssen meist Übungsszenarien postuliert werden, die in der Realität kaum möglich sind, resp. eine extrem kleine Eintrittshäufigkeit (<1:1 Mill.) haben. Dies muss bei den nachfolgenden Diskussionen der im Jahre 2002 durchgeführten Übungen beachtet werden.

Folgende Übungen fanden im Berichtsjahr statt:

– *Kernkraftwerk Beznau (KKB): Stabsnotfallübung «SIRIUS».*

Als Übungsthema wurde ein LOCA, der sich zu einem schweren Unfall entwickelt, postu-

liert. Im Zuge der Unfallbewältigung waren Vorschriften des Accident Managements (AM) anzuwenden, welche jedoch die weitere Eskalation zur Kernbeschädigung nicht verhindern konnten. Mit SAMG-Vorschriften musste die Anlage stabilisiert und in einen sicheren Zustand überführt werden.

- *Kernkraftwerk Gösgen (KKG): Werksnotfallübung «FEUERTAUFE».*

Die Übung sah die Beschädigung eines elektrischen Kabels im Schaltanlagegebäude vor, wobei eine Person verletzt wurde und ein Brand ausbrach. In der Folge kam es zu Unterbrüchen in der Stromversorgung von verschiedenen Systemen. Dies führte schliesslich zu einer automatischen Reaktor- und Turbinenschnellabschaltung. Unabhängig vom Brand trat infolge eines fehlerhaft offen gebliebenen Ventils in einer Entnahmeleitung des Volumenregelsystems ein nichtkompensierbarer Kühlmittelverlust auf. Es galt den Unfallablauf ohne Kernschaden zu beherrschen.

- *Kernkraftwerk Leibstadt (KKL): Werksnotfallübung «ALIMUS».*

Die Übung postulierte, dass eine Havarie in der Abgasanlage zu einer kurzfristigen Überschreitung der Jahresabgabelimite für radioaktive Stoffe an die Umgebung führte. Es galt u.a. die seit dem Juli 2001 eingeführten Notfallvorschriften für «Schnelle Störfälle» anzuwenden und zweckmässige Massnahmen zur Minimierung der Abgaben durchzuführen.

- *Kernkraftwerk Mühleberg (KKM): Sicherheitsstabsnotfallübung «SUNSET».*

In der Übungsannahme drang eine Terroristengruppe gewaltsam ins Areal ein, erzwang den Zugang zum Maschinenhaus und platzierten dort an Anlagenkomponenten Sprengsätze. Nach dem Verlassen des Areals wurden dem Notfalleiter KKM erpresserische Forderungen gestellt. Für die Beübten bestand in der Anfangsphase das Problem, die eigentliche Bedrohung zu erkennen und mit angepassten Massnahmen zu reagieren.

- *Zentrales Zwischenlager Würenlingen (ZWI-LAG): Werksnotfallübung «MÜNCHHAUSEN».*

Die Übung sah vor, dass während der Arbeitszeit ein kombinierter Sprengstoff- und Brandanschlag im Hochregallager der Konditionierungsanlage des ZZL einen Brand auslöste. Dabei wurden die Filtereinheiten in der Abluftanlage zerstört und einige sich beim Explosionsherd befindende Fässer mit radioaktivem Inhalt beschädigt. Dies führte zum Austritt von radioaktivem Material in die Anlage

und über die Lüftungsanlage in die Umgebung. Die mit dem Notfall verbundenen Sicherheits- und Sicherheitsaspekte mussten in der Folge vom Notfallstab ZWILAG in Zusammenarbeit mit der Kantonspolizei Aargau und Einsatzkräften des PSI abgearbeitet werden.

- *Paul Scherrer Institut (PSI): Institutsnotfallübung «PRIMO»*

Als Übungsthema wurde ein Brand in einem Labor des neuen Forschungslabors OFLG infolge Schweissarbeiten und Gasexplosion angenommen. Die Explosion zerstörte die Rauchabschnittstür in das wegen Sanierungsarbeiten einzig benützbare Treppenhaus, sodass sich der toxische Rauch darin ausbreiten konnte. In der Folge galt es, im Rahmen des Einsatzes der PSI-Notfallorganisation gefährdete Personen aus dem Gefahrenbereich zu evakuieren, Verletzte zu retten und zu versorgen, eine eventuelle Kontaminationsverschleppung ins Freie zu erkennen und einzudämmen sowie die internen und externen Orientierungs- und Informationsaufgaben wahrzunehmen.

Die HSK stellte fest, dass bei den inspierten Notfallübungen die Übungsziele weitgehend erreicht werden konnten und die Anlagen über einen hohen Stand der Notfallbereitschaft verfügen. Sinnvolle Anpassungen an neue technische und organisatorische Erfordernisse wurden durchgeführt und Erkenntnisse aus früheren Übungen umgesetzt.

### 5.5.2 Notfallbereitschaft in der Umgebung

Die Eidgenössische Kommission für ABC-Schutz koordiniert die Vorbereitungsarbeiten für den Fall erhöhter Radioaktivität innerhalb der Bundesstellen und mit den Kernkraftwerken und unterstützt die Kantone im Hinblick auf die Umsetzung der Notfallschutzbereitschaft.

In diesem Sinne hat die HSK in verschiedenen KomABC Arbeitsgruppen mitgearbeitet. Genannt seien hier Arbeiten für die Erstellung eines Konzepts für «Kontaktstellen», welche der bei einem KKW-Unfall radiologisch betroffenen und/oder verängstigten Bevölkerung psychologisch-medizinische Betreuung, Beratung und Information bieten soll.

Bei einem Ereignis in einer Kernanlage mit einer bevorstehenden oder bereits erfolgten Freisetzung von radioaktiven Stoffen werden die Organisation, die Zuständigkeit und der Einsatz der Organe des Bundes in der Verordnung über die Einsatzorganisation bei erhöhter Radioaktivität (VEOR) geregelt. Die Grundlage für die Anordnung von Schutzmassnahmen für die Be-

völkerung bildet dabei die Beurteilung der radiologischen Gefährdung. Diese muss vor allem in der Phase vor und unmittelbar nach erfolgter Freisetzung, wenn noch keine Radioaktivitätsmessungen in der Umgebung vorliegen, aufgrund der aktuellen Situation in der Anlage und der vorherrschenden Wetterbedingungen mittels Modellrechnungen abgeschätzt werden. Die Aufgaben der HSK hinsichtlich der Erstellung von Modellrechnungen sind in der VEOR, Art. 18, geregelt. Sie umfassen insbesondere die Erstellung von Abschätzungen für den lokalen Bereich, d.h. bis zu einer Distanz von 20 bis 30 km vom Standort der Kernanlage.

Anfang 2002 hat die HSK die Kompetenzzentrum «Ausbreitungsrechnungen» ins Leben gerufen, um den Verpflichtungen der VEOR noch besser gerecht zu werden. Zu den Aufgaben des Kompetenzzentrums zählen insbesondere das Verfolgen und Beurteilen des Standes von Wissenschaft und Technik bei Ausbreitungsrechnungen, die Planung und Vorbereitung von Weiterentwicklungen der bei der HSK verwendeten Ausbreitungsprogramme (MADUK-ADP und ADPIC) und die Sicherstellung deren Einsatzbereitschaft im Notfall. Im Weiteren gehören dazu die Bearbeitung von Fragestellungen zur Ausbreitung im Rahmen der HSK sowie die fachtechnische Beratung der Einsatzorganisation Radioaktivität (EOR) in Fragen der Ausbreitung radioaktiver Stoffe.

Im Jahre 2002 wurden auf dem Gebiet des Notfallschutzes insgesamt 18 externe Ausbildungskurse durchgeführt, resp. es wurde an Ausbildungsveranstaltungen mitgearbeitet. Die Kurse teilten sich u.a. in 10 Kurse auf Bundes- und 4 auf Kantons- und Gemeindeebene auf. Ausbildungsschwerpunkt war der Notfallschutz bei erhöhter Radioaktivität in der Umgebung der Kernkraftwerke in der Schweiz. Je nach Teilnehmerkreis ergänzten zusätzliche Themen, wie Grundlagen des Strahlenschutzes, Funktionsweise von Kernkraftwerken sowie Unfallszenarien den Ausbildungsstoff.

## 5.6 Beurteilung der Stilllegungsstudien der schweizerischen Kernkraftwerke

Anfang 2002 wurden der HSK neue Stilllegungsstudien der schweizerischen Kernkraftwerke zur Stellungnahme eingereicht. Gegenüber der ersten Studie von 1980 sind die neuen Studien wesentlich detaillierter durchgeführt. Dies gilt

sowohl für die Datenqualität zu den stillzulegenden Materialmengen der Kernkraftwerke (KKW) und der Endlagerkosten der Nagra als auch für die Planung der eigentlichen Stilllegung und deren Kosten.

Der generische Charakter der Studien von 1980 wurde durch werk- und endlagerspezifische Angaben ersetzt. Die seit 1980 durchgeführten Änderungen und Nachrüstungen an den KKW wurden berücksichtigt. Die Methoden der Analyse und der Umfang und Detaillierungsgrad der Rechnungen wurden stark verbessert. Technische und planerische Erfahrungen konkreter Rückbauprojekte wurden von den deutschen KKW-Betreibern und ihren Experten kontinuierlich und iterativ eingebracht und umgesetzt. Lücken sind daher heute unwahrscheinlicher geworden.

Die heutigen Studien sind besser und einfacher nachvollziehbar als die Studien von 1980. Die Resultate bilden heute eine gesichere Basis zur Feststellung der finanziellen Beiträge zum Stilllegungsfond. Für die Stilllegung von Druckwasserreaktoren bleiben die ermittelten Kosten in etwa gleich wie die in der früheren Studie ausgewiesenen. Für die Stilllegung von Siedewasserreaktoren sind die Kosten ca. 50 % höher als die 1980 ermittelten. Der Grund liegt darin, dass bei Siedewasserreaktoren in der früheren generischen Studie die Arbeiten unter Strahlenschutzvorkehrungen und die Menge der aktivierten Anlagenteile unterschätzt worden war.

Ein interessantes Ergebnis ist, dass sich aufgrund des Einsatzes fortgeschrittener Technik die prognostizierten Kollektivdosen für das Rückbaupersonal reduziert haben.

Ein internationaler Kostenvergleich (Verifizierung) ist schwierig wegen den unterschiedlichen Randbedingungen und da es weltweit noch keine Beispiele von tatsächlich rückgebauten grossen Leistungsreaktoren gibt. Dennoch zeigen kosten- und preisnormierte Abschätzungen, dass die Stilllegungskosten für schweizerische KKW ähnlich hoch liegen wie die Stilllegungskosten für KKW in anderen OECD-Ländern. Weitere konkrete Erfahrungen durch künftige Rückbauprojekte von kommerziellen Kernkraftwerken (D: Würzgassen, Mülheim-Kärlich) innerhalb der nächsten 10 Jahre werden Feinanpassungen erlauben.

Aufgrund ihrer Überprüfung kommt die HSK zum Ergebnis, dass die veranschlagten Gesamtkosten der Stilllegung der schweizerischen KKW plausibel sind.



## 5.7 Zur Sicherheit der schweizerischen Kernkraftwerke bei einem vorsätzlichen Flugzeugabsturz

Nach den Attentaten vom 11. September 2001 hatte die Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK) die Kernkraftwerksbetreiber beauftragt, eine vertiefte Analyse zur Sicherheit der schweizerischen Kernkraftwerke bei einem vorsätzlich herbeigeführten Flugzeugabsturz vorzunehmen.

In ihrer Analyse, die mit aktuellen Modellen, Methoden und Datenmaterial durchgeführt wurde, hat eine Expertengruppe der Kernkraftwerksbetreiber die wesentlichen Bedingungen eines vorsätzlichen Flugzeugabsturzes untersucht. Es wurden alle heute weltweit eingesetzten Verkehrsflugzeugtypen, deren Gewicht, die Treibstoffmenge, die Geschwindigkeit und andere Anflugbedingungen einbezogen. Die Expertengruppe hat mit Hilfe einer dynamischen Grenzlastanalyse die Auswirkungen auf die strukturelle Integrität und Stabilität der sicherheitsrelevanten Baustrukturen der schweizerischen Kernkraftwerke untersucht. Dabei kamen aufwendige Crash- und Brandmodelle zum Einsatz. Der vorhandene Schutz gegen einen vorsätzlichen Flugzeugabsturz wurde zusätzlich mit einer Probabilistischen Sicherheitsanalyse bewertet.

Die Untersuchungen im In- und Ausland stimmen heute darin überein, dass ein zielgenauer Anflug mit einem Grossflugzeug auf die sicherheitsrelevanten Strukturen der Kernkraftwerke aus fliegerischen, flugtechnischen und topographischen Gründen sowie aufgrund der spezifischen Bautenanordnung bei Kernkraftwerken bei hohen Geschwindigkeiten kaum machbar ist.

Beim Aufprall auf ein Kernkraftwerk wird ein Flugzeug – anders als bei den Anschlügen auf das World Trade Center – bereits ausserhalb des Gebäudes fast völlig zerstört. Ausserdem bestätigen neuere internationale Experimente und Analysen, dass die aus massivem Stahlbeton gebauten Reaktorgebäude einer deutlich grösseren Belastung standhalten, als bisher nachgewiesen wurde.

Für die schweizerischen Kernkraftwerke können aus den Analysen folgende Erkenntnisse abgeleitet werden:

- Die Grenzlast-Untersuchungen für die neueren

schweizerischen Kernkraftwerke Gösgen und Leibstadt zeigen, dass deren sicherheitsrelevanten Gebäude einen Vollschutz gegen die Absturzfolgen eines modernen, vollbetankten Langstrecken-Verkehrsflugzeugs selbst bei hoher Geschwindigkeit aufweisen. Damit verfügen beide Anlagen über einen deutlich höheren Schutzgrad, als aufgrund der behördlichen Forderungen bei ihrer Projektierung in den 70er Jahren verlangt wurde. Damals war ein Vollschutz gegen eine Boeing 707 mit Resttreibstoff und einer Geschwindigkeit von 370 km/h gefordert worden. Die probabilistischen Untersuchungen für ein Spektrum von möglichen Flugzeugtypen und Anfluggeschwindigkeiten weisen aus, dass die Wahrscheinlichkeit für einen Kernschaden und eine nachfolgende Freisetzung von Radioaktivität aufgrund eines Flugzeugabsturzes sehr niedrig ist.

- Für die älteren schweizerischen Kernkraftwerke Beznau und Mühleberg bestand bei ihrer Erstellung keine Auslegungsanforderung bezüglich eines Flugzeugabsturzes. Die Grenzlast-Untersuchungen zeigen jedoch, dass die Auslegungsanforderungen gegen den Absturz einer Boeing 707, wie sie bei der Projektierung der neueren Schweizer Anlagen gefordert wurde, erfüllt werden. Darüber hinaus bestehen weitere Sicherheitsreserven. Die Ergebnisse der probabilistischen Analysen für den Fall eines Flugzeugabsturzes zeigen, dass auch die nachgerüsteten, flugzeugabsturz-sicheren Notstands-systeme und die räumliche Trennung von Sicherheitseinrichtungen zu einer niedrigen Wahrscheinlichkeit für einen Kernschaden und einer nachfolgenden Freisetzung von Radioaktivität beitragen.

Zusammenfassend darf festgestellt werden, dass die detaillierten Analysen einen hohen Schutzgrad der schweizerischen Kernkraftwerke bei einem vorsätzlichen Flugzeugabsturz aufgezeigt haben. Dieser Schutzgrad ist deutlich höher, als vor dem 11. September 2001 aufgrund älterer Analysen angenommen wurde.

Die HSK hat zur Sicherheit der schweizerischen Kernkraftwerke bei vorsätzlichem Flugzeugabsturz eine Stellungnahme verfasst. Dieser Bericht wird Anfang April 2003 anlässlich einer Medienkonferenz publiziert.

## 6. ZENTRALES ZWISCHENLAGER WÜRENLINGEN

Das Zentrale Zwischenlager (ZZL) der Zwischenlager Würenlingen AG (ZWILAG) umfasst Zwischenlagergebäude, eine Konditionierungsanlage sowie eine Verbrennungs- und Schmelzanlage. Der Stand der Inbetriebnahme bzw. des Betriebs dieser Anlagenteile wird nachfolgend dargestellt. Zusätzlich wird auch die Rückführung von Wiederaufarbeitungsabfällen und die Beschaffung von Transport- und Lagerbehältern beleuchtet.

### 6.1 Zwischenlagergebäude

Die Zwischenlagergebäude des ZZL dienen der Lagerung über mehrere Jahrzehnte von abgebrannten Brennelementen und von radioaktiven Abfällen aller Kategorien. Sie umfassen die Behälterlagerhalle für abgebrannte Brennelemente und verglaste hochaktive Abfälle aus der Wie-

deraufarbeitung (Glaskokillen), das massive Lagergebäude für mittelaktive Abfälle und die sich derzeit noch im Bau befindende Lagerhalle für schwach- und mittelaktive Abfälle. Dazu gehören auch das Empfangsgebäude und die Heisse Zelle. Der Einlagerungsbetrieb wurde 2001 aufgenommen.

Ende 2001 standen 3 Transport- und Lagerbehälter (TL-Behälter) in der Behälterlagerhalle. Im Jahr 2002 wurden weitere 7 TL-Behälter eingelagert. Der Lagerbestand per Ende 2002 betrug somit 10 Behälter: 3 Behälter des Typs CASTOR HAW 20/28 CG mit je 28 Glaskokillen aus der Wiederaufarbeitung von KKB- und KKG-Brennstoff bei COGEMA, 3 Behälter des Typs TN97L mit je 97 abgebrannten Brennelementen aus dem Betrieb des KKL sowie 4 Behälter des Typs TN24G mit je 37 Brennelementen aus dem Betrieb des KKG. Die HSK hat die entsprechenden Einlagerungsanträge zwecks Freigabe ge-

**Kontrolle des Deckels eines TL-Behälters bei der Einlagerung.**

Foto: ZWILAG



prüft und während der Einlagerungsarbeiten mehrere Inspektionen durchgeführt.

In das Lager für mittelaktive Abfälle fand im Berichtsjahr keine Einlagerung statt. Der Bestand an Abfällen in diesem Lager ist somit unverändert bei 134 Gebinden geblieben. Eine Einlagerungsaktion in das Untergeschoss des Empfangsgebäudes betraf 38 Gebinde mit etwa 2000 kg leicht angereichertem uranhaltigem Material, das ursprünglich für den Betrieb des Versuchsatomkraftwerkes Lucens vorgesehen war. Da für dieses Material keine Verwertungsmöglichkeit gefunden werden konnte, wurde es als Abfall deklariert und vom bisherigen Lagerort am PSI zum ZZL transferiert.

Die Bauarbeiten für die Lagerhalle für schwach- und mittelaktive Abfälle wurden fortgesetzt. Die ZWILAG will dieses Gebäude zunächst während mehrerer Jahre als konventionelles Lager für nichtradioaktive Ausrüstungen und Materialien nutzen. Der Ausbau wird deshalb auf die für diese Nutzung erforderlichen Einrichtungen beschränkt. Die HSK beaufsich-

tigt im Rahmen des Freigabeverfahrens den Bau und die Montage jener Einrichtungen, die für die spätere Nutzung als Lager für radioaktive Abfälle benötigt werden.

## 6.2 Konditionierungsanlage

Der Bau der Konditionierungsanlage des ZZL wurde vom Bundesrat am 21. August 1996, deren Betrieb am 6. März 2000 bewilligt. Die Konditionierungsanlage dient der Behandlung von schwachaktiven Abfällen aus dem Betrieb und aus der späteren Stilllegung der schweizerischen Kernkraftwerke sowie bei Bedarf von nicht  $\alpha$ -haltigen radioaktiven Abfällen aus Medizin, Industrie und Forschung. Bereits im Jahr 2000 hatte die ZWILAG die Montage der Systeme und der Instrumentierung bis auf wenige Ausnahmen abgeschlossen und die Vorbereitungen zur Betriebsaufnahme in die Wege geleitet. Die HSK hatte diese Aktivitäten der ZWILAG mittels Prüfung der eingereichten Dokumenta-

### Antransport eines Transport- und Lagerbehälters auf dem Areal der ZWILAG.

Foto: ZWILAG



tion und Inspektionen vor Ort verfolgt und kontrolliert.

Im Jahre 2002 hat die ZWILAG beschlossen, auf den Betrieb einzelner Einrichtungen der Konditionierungsanlage, insbesondere jener zur Zementierung von Abfällen, vorerst zu verzichten, weil die in den nächsten Jahren zu erwartenden Abfälle mit der Verbrennungs- und Schmelzanlage behandelt werden können. Sie hat deshalb im Juli 2002 einen Antrag auf eine Teilfreigabe der Konditionierungsanlage eingereicht. Die HSK hat die notwendigen Prüfungen und Inspektionen im Hinblick auf den beantragten Freigabebereich vorgenommen und hat die Teilbetriebsfreigabe im Februar 2003 erteilt.

### 6.3 Verbrennungs- und Schmelzanlage

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

Anlässlich des mehrphasigen Testbetriebs in den Jahren 2000 und 2001 wurden, wie es für eine Erstanlage zu erwarten war, verschiedene Mängel festgestellt, die entsprechende Anpassungen von Anlageteilen zur Folge hatten. Im April 2002 wurde ein weiterer Testbetrieb vorgenommen, der deutliche Verbesserungen zeigte. Im September 2002 wurde die inaktive Inbetriebnahme der meisten Systeme und Einrichtungen durchgeführt. Dabei konnte demonstriert werden, dass mit wenigen Ausnahmen alle Probleme zufriedenstellend gelöst werden konnten. Am Ofen waren zu diesem Zeitpunkt noch nicht die endgültigen Ausgussvorrichtungen montiert, weshalb ein Teil der inaktiven Inbetriebnahme auf das Jahr 2003 verschoben werden musste.

Die HSK beaufsichtigte die Arbeiten der ZWILAG im Hinblick auf die Inbetriebnahme der Verbrennungs- und Schmelzanlage intensiv und konnte sich insbesondere während der letzten Testbetriebsphase und des ersten Teils der inaktiven Inbetriebnahme von den erzielten Fortschritten überzeugen. Sofern die noch ausstehenden

inaktiven Inbetriebnahmeschritte erfolgreich verlaufen und die noch offenen Pendenzen erledigt werden, kann die HSK 2003 den ersten aktiven Probebetrieb und gegebenenfalls eine weitere, aktive Verbrennungs- und Schmelzkampagne freigeben.

Alle Konditionierungsverfahren und die daraus entstehenden Abfallgebindetypen müssen gemäss Richtlinie HSK-R-14 vom Betreiber spezifiziert und von der HSK geprüft und freigegeben werden. Die ZWILAG hat die Unterlagen zu einer provisorischen Freigabe der aus dem Ofen entstehenden Abfallgebindetypen der HSK eingereicht. Diese provisorische Freigabe bezieht sich auf die Herstellung einer begrenzten Anzahl Gebinde, anhand welcher eine eingehende Typenprüfung vorgenommen werden soll. Die Prüfung der eingereichten Unterlagen durch die HSK ist in Arbeit und wird rechtzeitig für den geplanten ersten aktiven Probebetrieb abgeschlossen sein.

### 6.4 Abfälle aus der Wiederaufarbeitung

In La Hague (Frankreich) wird abgebrannter Brennstoff aus schweizerischen Kernkraftwerken durch die Firma COGEMA im Rahmen der abgeschlossenen Verträge wiederaufgearbeitet. Die entsprechende Anlage der Firma BNFL in Sellafield (Grossbritannien) ist 1995 in Betrieb gegangen. Es wurde dort aber noch kein Brennstoff aus schweizerischen Kernkraftwerken aufgearbeitet. Die Abfälle, die bei der Wiederaufarbeitung von Brennelementen aus schweizerischen Kernkraftwerken bei COGEMA und bei BNFL entstehen, müssen in die Schweiz zurückgenommen werden. Verglaste hochaktive Abfälle (Glaskokillen) aus der Wiederaufarbeitung bei COGEMA stehen für die Rückführung bereit.

Die Rückführung der ersten Glaskokillen aus der Wiederaufarbeitung von abgebranntem Brennstoff aus dem Kernkraftwerk Gösgen fand 2001 statt. Im Jahr 2002 erfolgten zwei Rückführungen von verglasten Abfällen aus der Wiederaufarbeitung von abgebranntem Brennstoff aus dem Kernkraftwerk Beznau. Die HSK überprüfte die Kontrolle der zurückzunehmenden Kokillen und deren Beladung in die TL-Behälter in Frankreich. Der Transport und die Einlagerung beider Behälter in die Behälterlagerhalle des ZZL verliefen planmässig. Im November 2002 wurde ein weiterer Behälter bei COGEMA mit Glaskokillen beladen, der im Frühjahr 2003 zum ZZL transportiert werden soll.

## 6.5 Beschaffung von Transport- und Lagerbehältern

Das bewilligte Konzept für die Zwischenlagerung von abgebrannten Brennelementen und von Glaskokillen besteht darin, diese Abfälle in massiven Transport- und Lagerbehältern (TL-Behältern) einzuschliessen. Die TL-Behälter werden von den Kernkraftwerken bzw. von den Wiederaufarbeitungsanlagen zum ZZL transportiert und dort in der Behälterlagerhalle aufgestellt. Diese Behälter müssen die Sicherheit der Zwischenlagerung gewährleisten. Zu diesem Zweck formulierte die HSK Referenzanforderungen an TL-Behälter, die in ihrem Gutachten vom Dezember 1995 umschrieben sind. Abweichungen davon sind nur dann zulässig, wenn der Schutz von Mensch und Umwelt anderweitig nachgewiesen wird. Die Gesellschafter der ZWILAG haben bereits im

Jahre 1996 die Beschaffung geeigneter TL-Behälter eingeleitet. Die HSK hat bisher der Wahl von drei Behältertypen für abgebrannte Brennelemente und von zwei Behältertypen für Glaskokillen zugestimmt. Sie verfolgte im Berichtsjahr die Auslegung, die Konstruktion und die Herstellung der bestellten TL-Behälter weiter. Der Schweizerische Verein für Technische Inspektionen (SVTI) hat im Auftrag der HSK wichtige Abnahmeprüfungen verfolgt.

Aufgrund des eingereichten Sicherheitsberichts hat die HSK im Berichtsjahr einen weiteren Behältertyp (TN24G) für abgebrannte Brennelemente aus dem Kernkraftwerk Gösgen geprüft. Sie kam zum Schluss, dass die Anforderungen für die sichere Zwischenlagerung im ZZL erfüllt sind. Die Ergebnisse dieser und früherer Prüfungen flossen ins Freigabeverfahren für die Einlagerung ein.

# 7. PAUL SCHERRER INSTITUT (PSI)

## 7.1 Die Kernanlagen des PSI

Das PSI ist der Schweiz grösstes Forschungsinstitut für Natur- und Ingenieurwissenschaften. Zusammen mit in- und ausländischen Hochschulen, Instituten, Kliniken und Industriebetrieben arbeitet das PSI in den Bereichen Materialwissenschaften, Elementarteilchen-Physik, Umwelt- und Energieforschung sowie Tumorthherapie. Die Kernanlagen des PSI werden durch die HSK beaufsichtigt. Es sind dies der Forschungsreaktor PROTEUS, das zur Untersuchung von Kernbrennstoffen spezialisierte Hotlabor, die Anlagen für die Behandlung und Lagerung radioaktiver Abfälle sowie die im Rückbau befindlichen Forschungsreaktoren SAPHIR und DIORIT.

## 7.2 Forschungsreaktor PROTEUS

Nachdem gegen Ende des Jahres 2001 die Grundkonfiguration des Reaktors, der im zentralen Testtank neun Siedewasserreaktor-Brennelemente enthielt, leicht abgeändert und zudem die Lüftungsanlage saniert wurde, konnte die HSK aufgrund des neuen Sicherheitsberichts im Jahr 2002 die Phase II des LWR-PROTEUS-Experimentierprogrammes freigeben. In dieser Experimentierperiode liegt der Schwerpunkt auf den Untersuchungen zum Hochabbrand von Druckwasserreaktor-Brennelementen. Dazu wurden Proben von hochabgebranntem Brennstoff im PROTEUS bestrahlt und deren Reaktivität mit frischen und mit kalibrierten Brennstoffproben

**Blick in den PROTEUS-Forschungsreaktor. Mit der über dem Reaktor positionierten Wechselflasche werden hochabgebrannte Brennstoffproben ferngesteuert in das Zentrum des Reaktors eingefahren.**

Foto: PSI



verglichen. Die im Berichtsjahr durchgeführten Versuche brachten interessante Ergebnisse über die Abnahme der Reaktivität mit zunehmendem Abbrand, die mit Rechenergebnissen theoretischer Modelle verglichen werden. Damit können die für Kernkraftwerke angewandten Simulationsprogramme verbessert werden.

Der Reaktor wurde im Jahr 2002 während 713h betrieben (2000: 893h, 2001: 416h), davon 4h im Leistungsbetrieb (2000: 36h, 2001: 9h). Als Leistungsbetrieb wird der Betrieb oberhalb von  $200 W_{th}$  bis zur maximal zulässigen Leistung von  $1000 W_{th}$  bezeichnet.

Die Kollektivdosis des Betriebspersonals (8 Personen) betrug 0,4 Pers.-mSv. Der Bestand an lizenziertem Personal (4 Personen) hatte sich gegenüber dem Vorjahr nicht verändert.

Ein nach HSK-Richtlinie R-25 meldepflichtiges Vorkommnis wird unter 7.7 behandelt.

**Nach der Sanierung des Hotlabors wurden im Jahr 2002 zahlreiche Apparaturen zur Werkstoff-Untersuchung wieder in Betrieb gesetzt.**

Foto: PSI



### 7.3 Rückbau der Forschungsreaktoren SAPHIR und DIORIT

Der erste Teilschritt des SAPHIR-Rückbaus konnte im Berichtsjahr durchgeführt und abgeschlossen werden. Dabei wurden sämtliche nicht fest installierten Einrichtungen in der Reaktorhalle, in den angrenzenden Räumen und im Reaktorpool demontiert und entsorgt. Die Kollektivdosis konnte mit 3,5 Pers.-mSv weit unterhalb des Planungswerts gehalten werden. Die HSK anerkannte die Arbeiten dieser aus fünf Personen bestehenden Betriebsmannschaft bezüglich der Dokumentation von Prozessschritten und wegen der optimierten Behandlung des angefallenen radioaktiven Abfalls. Der im SAPHIR-Gebäude gelagerte unbestrahlte Lucens-Kernbrennstoff wurde als radioaktiver Abfall ins ZZL transportiert (siehe dazu auch Kapitel 6).

Beim Rückbau des DIORIT-Reaktors wurden Anfang 2002 die letzten Graphitblöcke aus der Reaktorkammer entfernt und in einer in der Anlage aufgebauten Schredderanlage zu Granulat vorkonditioniert. Der zermahlene Graphit ist als Ersatz von Quarzsand zur Zementierung radioaktiver Abfälle vorgesehen. Nach der Entfernung des Graphits wurde damit begonnen, den inneren Betonring inklusive den aus Stahlblech bestehenden thermischen Schild zu zersägen und mittels hydraulischer Pressen in einzelne Segmente zu brechen. Diese Segmente werden aus dem Reaktor direkt in endlagerfähige Betonbehälter eingebracht. Die zum thermischen Schild gehörenden Boralbleche konnten mit einfachen Mitteln von den Stahlsegmenten gelöst werden, um sie getrennt weiter zu konditionieren. Die Kollektivdosis der bei den DIORIT-Rückbauarbeiten eingesetzten 8 Personen betrug 19,4 Pers.-mSv.

### 7.4 Hotlabor

Das Hotlabor ist ein Laborgebäude, welches speziell zur Untersuchung und Bearbeitung hoch radioaktiver Substanzen (z.B. Kernbrennstoffe, Beschleuniger-Targets oder medizinische und industrielle Grossquellen) ausgestattet ist. Die im Jahr 2000 begonnene Sanierung des Gebäudes zur Verbesserung des Brandschutzes, der Erdbebensicherheit und des Strahlenschutzes konnte im Berichtsjahr 2002 erfolgreich und termingerecht abgeschlossen werden. Die Sanierung wurde etappenweise durchgeführt, wobei zunächst die Labors und Lager ausgeräumt und

nicht mehr benötigte Einrichtungen abgebaut wurden. Nach der Dekontamination wurden Wände, Decken und Böden auf unzulässige Kontaminationen kontrolliert und die Räume temporär ausgezont. Dadurch konnten die weiteren Sanierungsarbeiten als konventionelle Bauarbeiten ohne besondere Strahlenschutzmassnahmen durchgeführt werden. Zur Verbesserung des Brandschutzes wurden Fenster höherer Feuerwiderstandsklasse installiert und brennbare durch nichtbrennbare Laboreinrichtungen ersetzt. Mittels Klebarmierungen wurde die Steifigkeit des Gebäudes gegen Erdbeben erhöht. Die Erneuerung der Lüftungskanäle sowie die Sanierung der Raum- und Atemluftüberwachungsanlage tragen zu einer erheblichen Verbesserung des Strahlenschutzes bei. Nach Abschluss jeder Bauetappe wurden die entsprechenden Bereiche wieder in die kontrollierte Zone des Hotlabors eingegliedert. Durch das etappenweise Vorgehen konnte ein sicherer Betrieb des Hotlabors parallel zu den Sanierungsarbeiten gewährleistet werden. Die HSK beaufsichtigte diese Arbeiten und führte mehrere Inspektionen durch. Die bei der Räumung der Labors entstandenen Abfälle wurden durch das PSI-Personal auf Kontaminationen überprüft und falls notwendig dekontaminiert. Dadurch konnten die radioaktiven Abfälle auf ein Minimum reduziert werden. Die inaktiven Abfälle wurden durch die HSK mit eigenen Stichproben-Messungen kontrolliert und freigegeben. Im Zuge der Sanierung sind insgesamt etwa 290 Tonnen Abfälle zur weiteren uneingeschränkten Verwendung abtransportiert worden. Die Kollektivdosis des Eigenpersonals (insgesamt 25 Personen), die sich durch den Betrieb und die Sanierungsarbeiten ergab, betrug 10,6 Pers.-mSv.

## 7.5 Behandlung radioaktiver Abfälle

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

### 7.5.1 Freigabeverfahren für Abfallgebindetypen

Im Berichtsjahr wurde die Dokumentation für zwei Abfallgebindetypen freigegeben, deren Produktion abgeschlossen ist. Das PSI hat zwei

Spezifikationen für Abfälle aus der Stilllegung des Forschungsreaktors SAPHIR sowie für mit Plutonium kontaminierte Abfälle aus dem Hotlabor erstellt und mit den durch die Nagra durchgeführten Endlagerfähigkeitsbeurteilungen eingereicht. Die darauf basierenden Freigaben der HSK sind noch in Bearbeitung.

### 7.5.2 Verbrennungsanlage und Abfalllabor

In der Verbrennungsanlage des PSI wurden im Berichtsjahr während der Verbrennungskampagnen Nr. 45 und Nr. 46 radioaktive Abfälle aus den schweizerischen Kernkraftwerken, aus dem PSI und aus den Bereichen Medizin, Industrie und Forschung verbrannt. Die Verbrennungsrückstände (Asche) und die für die Rauchgasreinigung eingesetzten keramischen Filterkerzen, die anlässlich der Verbrennungskampagnen Nr. 44, 45 und 46 angefallen sind, wurden im Abfalllabor mit Zementmörtel konditioniert und anteilmässig an die Kernkraftwerke zurückgeführt bzw. ins Bundeszwischenlager (siehe Abschnitt 7.6.1) eingelagert. Die Verbrennungsanlage des PSI wird im Jahre 2003 ausser Betrieb genommen. Ihr Rückbau soll in den nächsten Jahren erfolgen. Dafür ist eine Bewilligung erforderlich.

Im Abfalllabor wurden Abfälle aus dem Hotlabor-Umbau sortiert, zum grössten Teil verpresst und anschliessend in 200-Liter-Gebinden endkonditioniert. Des weiteren wurden radiumhaltige Abfälle sortiert, die in einer Kehrichtverbrennungsanlage in Genf entdeckt wurden (siehe Jahresbericht 2002 der Abteilung Strahlenschutz, BAG). Der brennbare Anteil dieser Abfälle wurde anlässlich der 46. Verbrennungskampagne verbrannt. Der nicht brennbare Anteil wird zwecks späterer Konditionierung gelagert. Nach einer Inspektion im Abfalllabor konnte die HSK die Bearbeitung von alphahaltigen Abfällen freigeben.

Im Berichtsjahr akkumulierten bei der Abfallbehandlung in der Verbrennungsanlage und im Abfalllabor 13 Personen, davon drei Mitarbeiter der ZWILAG sowie vier ständig und sechs temporär angestellte PSI-Mitarbeiter, eine Kollektivdosis von 17,6 Pers.-mSv, wobei die höchste Individualdosis bei 3,8 mSv lag.

### 7.5.3 Weitere Abfallkonditionierungen im PSI-Ost

Im Hotlabor wurde im Berichtsjahr ein zweiter Klein-Container mit Stahlzylindern, welche bestrahlte Kernbrennstoff- und Strukturmaterialabfälle enthalten, gefüllt. Basierend auf dem neuen Sicherheitsbericht für das BZL und der diesbe-



**Aktiviertes Segment des thermischen und biologischen Schildes aus Gusseisen und Colemanitbeton aus dem im Rückbau befindlichen Forschungsreaktor DIORIT.**  
Foto: PSI

züglichen Sicherheitsanalyse wurde die Freigabe zur Aufbewahrung dieses Containers im BZL erteilt. Im Berichtsjahr wurden weitere etwa 3 Tonnen Rohabfälle aus dem Hotlabor in einem ersten Schritt sortiert. Dabei konnten etwa 2,3 Tonnen Material unterschiedlichster Art als inaktiv freigemessen und der HSK zur Freigabe gemeldet werden. Etwa 0,7 Tonnen wurden als radioaktiver Abfall in 200-Liter-Fässern konditioniert, wobei ein Teil durch Verbrennung in seinem Volumen reduziert werden konnte.

Weitere Abfälle sind anlässlich der Rückbauarbeiten in den Reaktoren DIORIT und SAPHIR angefallen (siehe Abschnitt 7.3). Diese werden spezifikationskonform in Klein-Container verpackt, wobei die Endkonditionierung nach dem Erteilen einer aktualisierten Betriebsbewilligung für das BZL erfolgen wird.

#### 7.5.4 Materialfreigaben

Aus den kontrollierten Zonen des PSI (nur Aufsichtsbereich HSK) wurden im Jahr 2002 inaktive Materialien mit einer Masse von 103 Tonnen, darunter 38,5 Tonnen Metallschrott, zur uneingeschränkten weiteren Verwendung von der HSK freigegeben. Dazu hat die HSK stichprobenweise eigene Kontrollmessungen durchgeführt.

### 7.6 Lagerung radioaktiver Abfälle

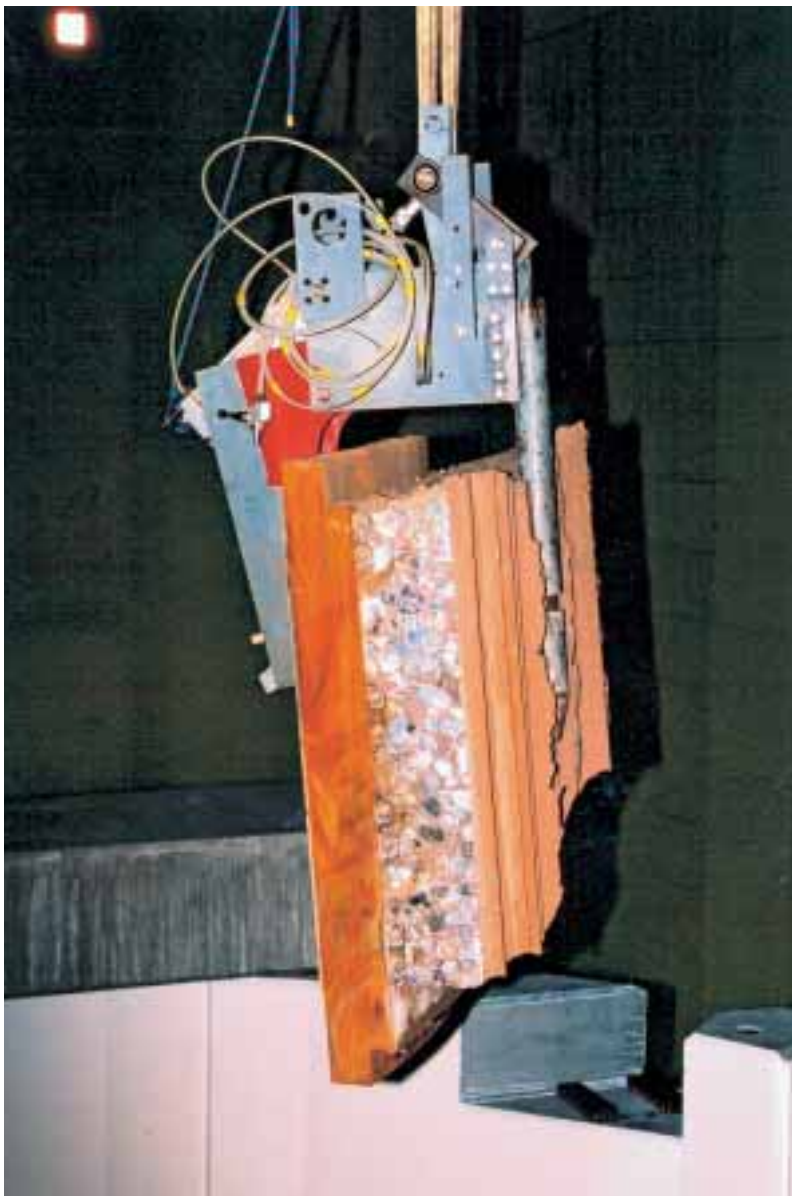
#### 7.6.1 Bundeszwischenlager

Das Bundeszwischenlager (BZL) lagert seit 1992 routinemässig konditionierte, radioaktive Abfälle ein. Die zur Verfügung stehende Lagerkapazität ist für die Lagerung von Standardfässern (200 Liter) mit konditionierten Abfällen und von Klein-Containern (4,5 m<sup>3</sup>) bestimmt. Diese Klein-Container beinhalten zurzeit unkonditionierte Komponenten vorwiegend aus dem DIORIT-Reaktor und dem PSI-West. Für die Einlagerung jener Betonfässer, die noch im PSI-Ost aufbewahrt werden (siehe auch Kapitel 7.6.2) wird ausreichend Platz freigehalten. Der den Harassen mit je neun Standardfässern zugeteilte Raum ist inzwischen zu 72 % gefüllt. Der Bestand an radioaktiven Abfällen, die am Ende des Berichtsjahres im PSI gelagert werden, ist in Tabelle A11 angegeben.

Basierend auf einem neuen, vom PSI erstellten Sicherheitsbericht für das BZL, hat die HSK ein Gutachten erstellt, welches 2003 veröffentlicht wird. Der Abschluss der Begutachtung hat sich gegenüber dem im letztjährigen Jahresbericht angegebenen Termin verzögert, weil durch das PSI im Berichtsjahr noch zusätzliche Abklärungen notwendig waren. Das Gutachten ist notwendig, da das PSI eine aktualisierte Bewilligung für das BZL benötigt, um die geänderten Bedürfnisse bei den MIF-Abfällen (neue Abfallgebindetypen, höheres Aktivitätsinventar) abzudecken. Dabei handelt es sich im Wesentlichen um eine bessere Ausnutzung der Lagermöglichkeiten unter Einhaltung der in der HSK-Richtlinie R-14 festgehaltenen Schutzziele.

#### 7.6.2 Weitere Lager im PSI-Ost

Die Lagerhallen AB und C, der Stapelplatz und der Umschlagplatz werden für die kurz- und mittelfristige Lagerung von schwach- und mittelaktiven Abfällen vor oder nach der Konditionierung benutzt. Das Inventar dieser Lager unterliegt starken Schwankungen.



In der Lagerhalle AB werden unkonditionierte radioaktive Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung bis zu ihrer Verarbeitung aufbewahrt. Neben den Sonderabfällen, die nicht mit bereits freigegebenen Methoden konditioniert werden können, handelt es sich um Abfälle aus den BAG-Sammelaktionen der Jahre 1999, 2000, 2001 und 2002. Die Lagerhalle AB dient daneben als Abklinglager für Abfälle, die Radioiod enthalten.

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

Auf dem Stapelplatz werden die in zylindrischen Betoncontainern verpackten Abfälle bis zur späteren Verbringung ins BZL aufbewahrt. Es handelt sich dabei um alte Gebinde, die ursprünglich für die Meeresversenkung konditioniert wurden. Dazu kommen konditionierte Hotlabor-Abfälle in 200-Liter-Fässern, die zur Abschirmung in ähnliche Container gestellt wurden. Ebenfalls auf dem Stapelplatz werden vorübergehend unkonditionierte Abfälle aufbewahrt, die aber teilweise im Berichtsjahr endkonditioniert wurden.

Am Umschlagplatz wurden die zur Verbrennung bestimmten Rohabfälle aus den schweizerischen Kernkraftwerken kurzfristig aufbewahrt. Ferner werden dort sechs Abwassertanks aus dem Hotlabor bis zu einer späteren Dekontamination bzw. Konditionierung aufbewahrt.

Anlässlich von Inspektionen hat sich die HSK vergewissert, dass die Lagerung radioaktiver Abfälle beim PSI vorschriftenkonform erfolgt.

## 7.7 Besondere Vorkommnisse

Die fehlerhafte Stellung eines Sicherheitsstabpaares im PROTEUS-Reaktor wurde als Vorkommnis B nach HSK-Richtlinie R-25 klassiert. Im Forschungsreaktor ergab sich durch den Ausfall einer Elektronikarte eine unrichtige Anzeige einer Stabposition, weshalb eines von vier Sicherheitsstabpaaren nicht vollständig ausgefahren wurde. Dies hatte keinen Einfluss auf die Sicherheit der Anlage, da der Fehler bei abgeschaltetem Reaktor auftrat und vor Betriebsauf-

nahme festgestellt und behoben wurde. Das PSI konnte die Ursache des Defekts ermitteln und hat die Auswirkungen aller möglichen Einflüsse vor der Inbetriebnahme des Reaktors analysiert. Das störungsanfällige Anzeigesystem wird im Verlaufe des Jahres 2003 ersetzt.

## 7.8 Strahlenschutz

Im Jahr 2002 wurde am gesamten PSI eine Kollektivdosis von 179,2 Pers.-mSv (2001: 188,6 Pers.-mSv) akkumuliert. Trotz der Wiederinbetriebnahme des Hotlabor-Radiochemietraktes sowie des Abfalllabors und dem Start der Rückbaumassnahmen im SAPHIR sind die Kollektivdosen im Aufsichtsbereich der HSK von 54,9 Pers.-mSv im Jahr 2001 auf 47,0 Pers.-mSv gesunken. Weitere Angaben zu den Personendosen sind in den Tabellen A5 bis A10 enthalten.

Aus den bilanzierten Abgaben radioaktiver Stoffe über die Fortluftanlagen und über das Abwassersystem des PSI wurde eine Personendosis von 0,06 mSv/Jahr am ungünstigsten Aufenthaltsort ausserhalb des überwachten PSI-Areals nach HSK-Richtlinie R-41 berechnet. Diese Dosis liegt deutlich unterhalb des quellenbezogenen Dosisrichtwerts von 0,15 mSv/Jahr für radioaktive Abgaben gemäss PSI-Abgabereglement.

## 7.9 Personal und Organisation

Im Berichtsjahr erfolgte ein Wechsel in der Leitung des PSI. Weitere zahlreiche personelle und organisatorische Änderungen wurden durchgeführt. Die ursprüngliche Abteilung Strahlenschutz, Sicherheit und Entsorgung wurde umstrukturiert, indem die Sektion Rückbau und Entsorgung, in deren Verantwortlichkeit der Rückbau der Kernanlagen und die Entsorgung fällt, der Abteilung Immobilien und Betrieb unterstellt wurde. Der Leiter der nun zur Abteilung Strahlenschutz und Sicherheit (ASI) umbenannten ursprünglichen Strahlenschutz-Abteilung übernahm neben der Funktion des Sicherheitsdelegierten auch die des verantwortlichen Strahlenschutzsachverständigen. Die für den Verkehr mit beiden Aufsichtsbehörden bedeutende Sektion Studien und Bewilligungen wurde aufgelöst und die Aufgaben auf andere Sektionen der Abteilung ASI verteilt. Die Qualitätssicherung bei der Entsorgung radioaktiver Abfälle wird jetzt nicht wie üblich über die Linienorganisation, sondern durch die Abteilung ASI wahrgenommen.

Durch die Reorganisation wurden übergeordnete Sicherheitsfunktionen in der Abteilung ASI zusammengefasst. Mit der Konzentration der Aufgaben des Sicherheitsdelegierten und des verantwortlichen Strahlenschutz-Sachverständigen auf die Person des Abteilungsleiters ASI und mit der direkten Anbindung an die Direktion wird den Belangen des Strahlenschutzes eine erhöhte Aufmerksamkeit geschenkt. Die HSK wird die sich durch die Reorganisation ergebenden Entwicklungen aufmerksam verfolgen.

## 7.10 Gesamteindruck

Das PSI betreibt seine komplexen Anlagen verantwortungsbewusst und mit hoher Sachkunde. Die Vielfalt spiegelt sich in den Tätigkeiten der reorganisierten Abteilung Strahlenschutz und Sicherheit (ASI). Ob die Reorganisation zu einer nachhaltigen Stärkung des Strahlenschutzes führt, wird die HSK aufmerksam verfolgen.

Der Zustand der im HSK-Aufsichtsbereich stehenden PSI-Anlagen ist in Bezug auf den operationellen Strahlenschutz und bezüglich der nuklearen Sicherheit gut. Besonders anerkanntenswert sind die professionell abgewickelten Nachrüstungsprojekte.

# 8. WEITERE KERNANLAGEN

## 8.1 Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL)

Die EPFL wurde zu Beginn des Jahres 2002 reorganisiert. Dem LRS (Laboratoire de physique des réacteurs et de comportement des systèmes), das nun dem neu geschaffenen Institut de physique de l'énergie et des particules (IPEP) zugehört, ist der Betrieb der drei Kernanlagen zugeeignet worden. Es sind dies der Forschungsreaktor CROCUS, die Neutronenquelle LOTUS und das Neutronenexperiment CARROUSEL. Der Reaktor stand im Jahr 2002 während 299 Stunden den Physikstudenten der EPFL, den Kursteilnehmern der Reaktorschule PSI, den Studenten der ETH Zürich sowie der Ingenieurschule Genf für die Ausbildung zur Verfügung. Im Berichtszeitraum wurden 152 Wh thermische Energie erzeugt. Am Experiment CARROUSEL wurden Praktika zur Wirkung unterschiedlicher Moderatoren und Absorber auf den Neutronen-

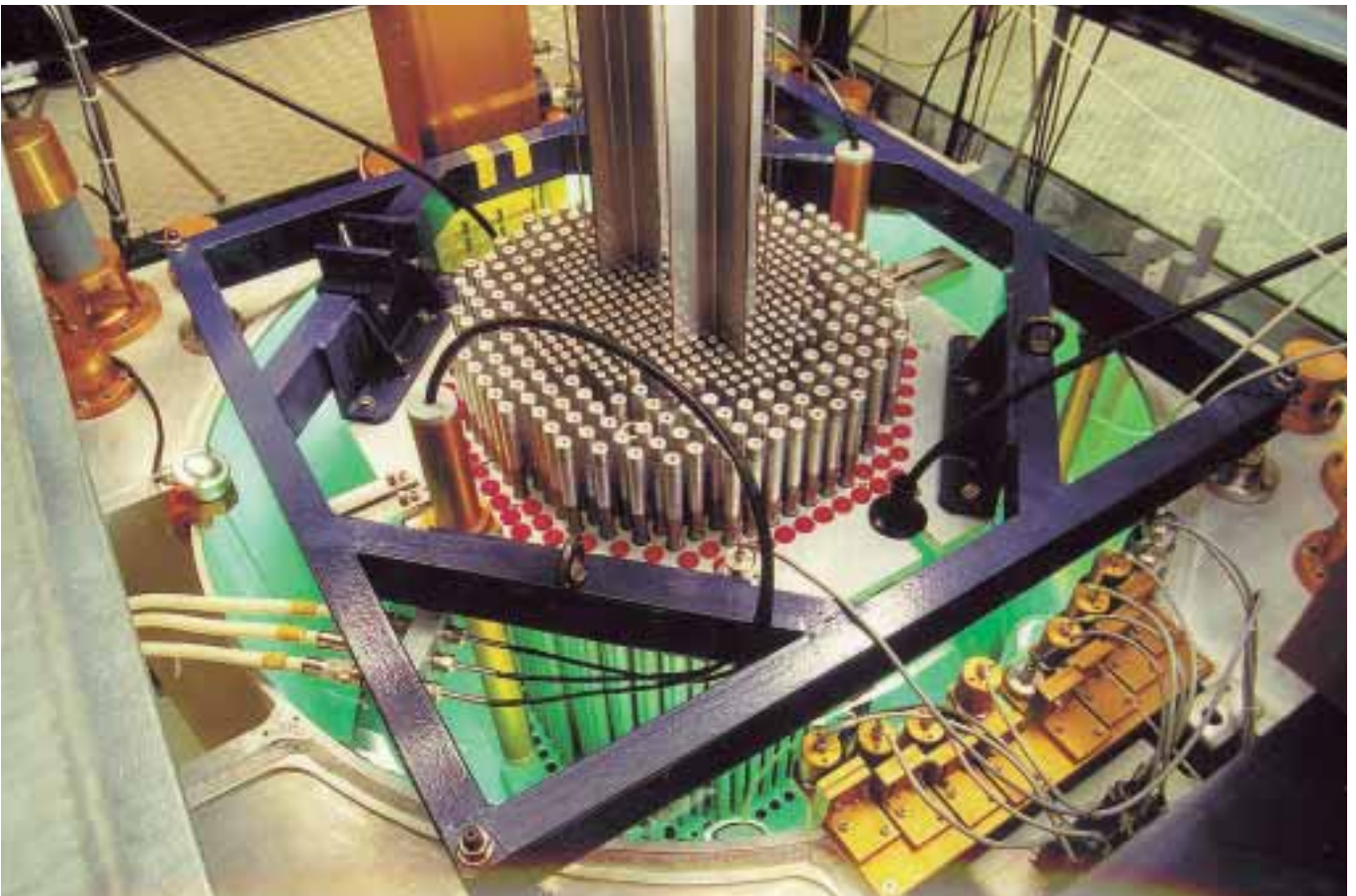
fluss durchgeführt. Die Neutronenquelle LOTUS wurde im Berichtsjahr nicht in Betrieb genommen. Die HSK überzeugte sich anlässlich einer Inspektion im Dezember 2002 davon, dass sich die Anlagen sowie die angegliederten Labors in einem sauberen, ordentlichen Zustand befinden. Als einzige Änderung am Reaktor CROCUS wurde der Austausch von Endschaltern durch die HSK freigegeben. Es wurden keine Vorkommnisse gemäss HSK-Richtlinie R-25 gemeldet. Die Dosen des Personals lagen unterhalb der Nachweisgrenze. Die Abgabe radioaktiver Stoffe über den Luft- und Abwasserpfad, insbesondere Tritium, war unbedeutend.

## 8.2 Universität Basel

Der Forschungsreaktor der Universität Basel dient ebenfalls dem Unterricht. Neben dem reaktorphysikalischen Praktikum für Physikstud-

**Blick in den Forschungsreaktor CROCUS, der von der EPFL hauptsächlich zur Schulung benutzt wird.**

Foto: EPFL



ten wurde der Reaktor für Studenten der HTL-Windisch und der PSI-Reaktorschule benutzt. Für Kurse einer Strahlenschutzschule sowie für das kantonale Labor Basel-Stadt wurden Proben bestrahlt. Im Berichtsjahr wurde der Reaktor während 45 Stunden bei einer thermischen Leistung von 1 kW störungsfrei betrieben. Die Versorgungskabel zu den Elektromagneten der Kontrollstabhalterungen wurden erneuert. Die Individualdosen sowie die Kollektivdosen lagen unterhalb der Nachweisgrenze. Die Abgabe radioaktiver Stoffe über den Luft- und Abwasserpfad war unbedeutend.

### **8.3 Versuchatomkraftwerk Lucens**

Sechs Stahlbehälter mit radioaktiven Abfällen aus der stillgelegten Anlage des Versuchatomkraftwerks Lucens (VAKL) sind noch vor Ort auf einer kleinen Parzelle gelagert, die Eigentum der Nationalen Gesellschaft zur Förderung der industriellen Atomtechnik (NGA) ist. Das übrige

Gelände mit seinen unter- und oberirdischen Gebäuden, das dem Kanton Waadt gehört, untersteht seit dem Bundesratsbeschluss vom 12. April 1995 nicht mehr der Atomgesetzgebung und wird anderweitig genutzt.

Im Berichtsjahr konnten die Abfallbehälter des VAKL erneut nicht in das Zentrale Zwischenlager der ZWILAG in Würenlingen überführt werden; der Transport dieser Behälter musste verschoben werden. Die einzige verbleibende beruflich strahlenexponierte Person der Überwachungsgruppe des VAKL hat im Berichtsjahr eine Ganzkörperdosis von 0,9 mSv akkumuliert. Es waren keine radiologischen oder sicherheitstechnischen Vorkommnisse zu verzeichnen. Die Sektion Überwachung der Radioaktivität (SUeR) des BAG ist beauftragt, die radiologische Überwachung des Geländes während dreissig Jahren vorzunehmen. Die Resultate dieser Überwachung werden im Bericht «Umweltradioaktivität und Strahlendosen in der Schweiz» vom BAG jährlich veröffentlicht.

# 9. TRANSPORT VON RADIOAKTIVEN STOFFEN

## 9.1 Genehmigungen nach Gefahrgutgesetzgebung

Die schweizerischen Vorschriften für den Transport radioaktiver Stoffe auf Strasse und Schiene basieren u.a. auf den internationalen Regelwerken über den Transport gefährlicher Güter (ADR<sup>1</sup>/RID<sup>2</sup>). Bei allen Verkehrsträgern kommen die IAEA-Empfehlungen (TS-R-1)<sup>3</sup> für die sichere Beförderung radioaktiver Stoffe zur Anwendung. Basierend auf dieser Empfehlung wird das internationale Transportrecht regelmässig angepasst. Im nationalen Transportrecht für Gefahrgüter der Klasse 7 gelten die SDR<sup>4</sup> und die RSD<sup>5</sup>.

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

Die HSK ist die zuständige schweizerische Behörde für die Ausstellung von Genehmigungszeugnissen gemäss Gefahrgutgesetzgebung, und das unabhängig davon, ob es sich beim Transportgut um radioaktive Stoffe aus Kernanlagen oder aus anderen Betrieben handelt. Bei der Genehmigung von Versandstücken, die in der Schweiz zum Einsatz kommen, geht es um die Anerkennung der von der zuständigen Behörde des Ursprungslands ausgestellten Zulassung des Versandstückmusters. Dabei prüft die HSK die Vollständigkeit des zum Versandstückmuster erstellten Sicherheitsberichts insbesondere hinsichtlich des Nachweises, dass alle gemäss ADR/RID und TS-R-1 vorgeschriebenen Anforderungen erfüllt sind. Beförderungsgenehmigungen sind in bestimmten Fällen erforderlich, vor allem wenn die Beförderung aufgrund einer Sondervereinbarung erfolgt. In solchen Fällen müssen für den Transport spezielle Massnahmen getroffen werden, die von der HSK festgelegt werden. Zudem wird anhand der eingereichten Dokumente jeweils geprüft, dass Verpackung und Inhalt den Vorschriften entsprechen.

Im Berichtsjahr hat die HSK 19 Gesuche nach Gefahrgutgesetzgebung beurteilt und die entsprechende Genehmigung ausgestellt. Davon betrafen 16 Gesuche die Anerkennung der Zulassung von Versandstücken (3 Transport- und Lagerbehälter, 2 Behälter für abgebrannte Brennelemente, 8 Behälter für frische Brennelemente und 3 Spezialbehälter für Kernmaterialien). Die drei weiteren Gesuche bezogen sich auf eine Beförderungsgenehmigung und auf zwei Sondervereinbarungen.

## 9.2 Bewilligungen nach Strahlenschutzgesetzgebung

Gemäss Artikel 2 des Strahlenschutzgesetzes vom 22. März 1991 ist das Transportieren von radioaktiven Stoffen eine bewilligungspflichtige Tätigkeit. Die Voraussetzungen für die Erlangung einer solchen Bewilligung sind im Strahlenschutzgesetz und in der Strahlenschutzverordnung vom 22. Juni 1994 festgehalten. Im Auftrag des Bundesamtes für Energie (BFE) ist die HSK zuständig für die Erteilung solcher Bewilligungen im Bereich der Kernanlagen.

Im Berichtsjahr wurden vier Bewilligungen in diesem Sinne erteilt. Drei davon richteten sich an Transportfirmen, die radioaktive Stoffe zu und von Kernanlagen befördern, und eine an das Kernkraftwerk Gösgen.

## 9.3 Bewilligungen nach Atomgesetzgebung

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

<sup>1</sup> Europäisches Übereinkommen über die Beförderung gefährlicher Güter auf der Strasse

<sup>2</sup> Ordnung für die internationale Eisenbahnbeförderung gefährlicher Güter

<sup>3</sup> IAEA Safety Standards Series: Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material, 1996 Edition (Revised)

<sup>4</sup> Verordnung vom 17. April 1985 über die Beförderung gefährlicher Güter auf der Strasse (SR 741.621)

<sup>5</sup> Verordnung vom 3. Dezember 1996 über die Beförderung gefährlicher Güter mit der Eisenbahn (SR 742.401.6)

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 aufgrund der zustimmenden Beurteilung der HSK.

Im Berichtsjahr hat die HSK 17 Beurteilungen für atomrechtliche Transportbewilligungen durchgeführt. Fünf davon betrafen die Ausfuhr von abgebrannten Brennelementen zur Wiederaufarbeitung sowie den Transport von abgebrannten Brennelementen zum ZZL. Sechs Beurteilungen bezogen sich auf die Einfuhr von frischen Brennelementen zu den Kernkraftwerken. Zwei Beurteilungen wurden für Abfallanlieferungen zum Zentralen Zwischenlager (ZZL) der ZWILAG erstellt. Die vier weiteren Beurteilungen betrafen Transporte von Kernmaterialien zum und vom PSI.

#### 9.4 Transport abgebrannter Brennelemente und verglaster hochaktiver Abfälle

Im Berichtszeitraum fanden zehn Transporte abgebrannter Brennelemente ab den schweizerischen Kernkraftwerken statt. Von diesen gingen zwei zur Wiederaufarbeitungsanlage der COGEMA in Frankreich (ab KKL) und drei zur Wiederaufarbeitungsanlage der BNFL in England (ab KKB). Fünf Transporte abgebrannter Brennelemente erfolgten zur Zwischenlagerung im ZZL (4 ab KKG, 1 ab KKL). Bei allen zehn durchgeführten Transporten wurden die gefahrgutrechtlichen Grenzwerte, insbesondere die Kontaminationsgrenzwerte eingehalten.

Im März und Oktober erfolgten zwei Rückführungen von verglasten hochaktiven Abfällen aus der Wiederaufarbeitungsanlage der COGEMA. Der Transportbehälter wurde jeweils an der Umladestation der ZWILAG vom Bahnwagen auf ein spezielles Transportfahrzeug der ZWILAG umgeladen und anschliessend zum Betriebsareal der ZWILAG transportiert. Auch bei diesen Transporten wurden keine Überschreitungen der gefahrgutrechtlichen Grenzwerte festgestellt.

Im November 2002 veröffentlichte die HSK ihre Bilanz über die Transporte abgebrannter Brennelemente<sup>6</sup>. Bewertet werden darin die Erfahrungen von insgesamt 37 Transporten mit abgebrannten Brennelementen, welche zwischen August 1999 und Oktober 2002 von den schweizerischen Kernkraftwerken durchgeführt wur-

den. Transporte fanden von allen Kernkraftwerken zu allen Empfängern (COGEMA, BNFL und ZZL) statt. Zusätzlich wurden im genannten Zeitraum auch drei Anlieferungen von verglasten hochaktiven Abfällen aus Frankreich zum ZZL durchgeführt. Alle diese 40 Transporte erfolgten ohne Überschreitung der gefahrgutrechtlichen Grenzwerte.

In ihrer Stellungnahme vom März 1999<sup>7</sup> und in der Zwischenbilanz vom Oktober 2000<sup>8</sup> hatte die HSK im Zusammenhang mit früher aufgetretenen Überschreitungen der Kontaminationsgrenzwerte technische, organisatorische und ergänzende radiologische Massnahmen gefordert bzw. fortgeschrieben. Die technischen Massnahmen bezogen sich auf Vorkehrungen beim Antransport, bei der Beladung und bei der Abfertigung der Behälter, die eine Entstehung und Verschleppung von Kontaminationen vermeiden sollen. Als organisatorische Massnahmen wurden eine Meldepflicht bei Grenzwertüberschreitungen und technischen Mängeln eingeführt, Verbesserungen der Qualitätssicherungssysteme der Kernanlagen verlangt und das Bewilligungsverfahren ergänzt. Die ergänzenden radiologischen Massnahmen betrafen im Wesentlichen die Erfassung der Strahlenexposition des Bahnpersonals und die Kontaminationskontrolle ankommender Behälter an der schweizerischen Grenze.

Die neue Bewertung der Erfahrungen bestätigte die anlässlich der Zwischenbilanz von Oktober 2000 gezogenen Folgerungen. Die technischen Massnahmen tragen nachhaltig zur sicheren und kontaminationsfreien Durchführung der Transporte bei. Die durch diese Massnahmen hervorgerufene zusätzliche Dosis der beteiligten Personen ist vertretbar. Verbesserungen der Qualitätssicherungssysteme wurden vorgenommen. Die weiteren organisatorischen Massnahmen haben sich bewährt. Die HSK sieht daher keine Veranlassung, die bestehenden technischen und organisatorischen Massnahmen aufzuheben. In ihrer Bilanz von November 2002 hat sie deshalb die Bedingungen für die Abwicklung der zukünftigen Transporte abgebrannter Brennelemente und verglaster hochaktiver Abfälle entsprechend festgelegt.

Die heute vorliegenden Ergebnisse der zwischen August 1999 und Oktober 2002 im Inland sowie im Verkehr mit Frankreich und England durchgeführten Bahntransporte bestätigen, dass die Strahlenexposition des beteiligten Bahnpersonals vernachlässigbar gering ist.

<sup>6</sup> Bilanz über die Transporte abgebrannter Brennelemente, HSK-AN-4434, November 2002

<sup>7</sup> Stellungnahme zu den Kontaminationen beim Transport abgebrannter Brennelemente, HSK-AN-3504, März 1999

<sup>8</sup> Zwischenbilanz über die Transporte abgebrannter Brennelemente, HSK-AN-3854, Oktober 2000

Eine Weiterführung der Erfassung der Individualdosen des involvierten Bahnpersonals ist aus Gründen des Strahlenschutzes nicht notwendig. Diese Massnahme wird daher durch die HSK nicht weiter gefordert.

Die Situation hinsichtlich der Kontaminationen bei Transporten abgebrannter Brennelemente hat sich auch in Frankreich markant und nachhaltig verbessert: Kontaminationen werden nur noch selten und im Verkehr mit einzelnen identifizierten Kernkraftwerken festgestellt. Im Verkehr zwischen Frankreich und Deutschland, Belgien sowie den Niederlanden wurden seit der Wiederaufnahme dieser Transporte keine Überschreitungen der Kontaminationsgrenzwerte nachgewiesen. Aufgrund dieser Basis sowie den Erfahrungen aus 33 seit August 1999 durchgeführten Anlieferungen von leeren Behältern und Behältern mit verglasten hochaktiven Abfällen, bei denen keine Überschreitung der Kontaminationsgrenzwerte festgestellt wurden (weder bei den Grenzkontrollen noch bei den Eingangsmessungen im Kernkraftwerk), kam die HSK zum Schluss, dass die Kontaminationskontrollen an der Grenze nicht weiter notwendig sind. Sie fordert diese Kontrollen ab 2003 nicht mehr.

## 9.5 Inspektionen und Audits

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

Alle schweizerischen Kernkraftwerke, das ZZL und das PSI verfügen über Qualitätssicherungsprogramme für den Transport radioaktiver Stoffe, die von der HSK anerkannt wurden bzw. von einer akkreditierten Stelle zertifiziert werden. Zur Aufrechterhaltung bzw. Erneuerung der Anerkennung werden in diesen Kernanlagen periodisch Audits durchgeführt. Im Berichtsjahr waren keine solchen Audits fällig.

Neben den 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 war nur in einem Fall eine Überschreitung von Grenzwerten zu verzeichnen: Bei der Eingangskontrolle eines aus Frankreich kommenden leeren Lastwagens wurde im KKB eine Kontamination festgestellt. Der Lastwagen wurde umgehend gereinigt. Es bestand zu keiner Zeit eine Gefährdung für Personen und Umwelt. Die HSK hat darüber an der Pressekonferenz vom 22. April 2002 berichtet.

## 9.6 Ausbildung und Information

Zum zwölften Mal fand im September 2002 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 am PSI abgehalten. An diesem Kurs wirkte die HSK mit Lehrkräften mit.

**Entladen eines TL-Behälters im Empfangsgebäude des Zentralen Zwischenlagers.**  
Foto: ZWILAG





# 10. GEOLOGISCHE TIEFENLAGERUNG RADIOAKTIVER ABFÄLLE

## 10.1 SMA-Lager Wellenberg

Nach einer breit angelegten Standortevaluierung mit einer schrittweisen Einengung auf zuletzt vier mögliche Standorte wählte die Nagra 1993 den Standort Wellenberg im Kanton Nidwalden für die Realisierung eines Endlagers für schwach- und mittelaktive Abfälle (SMA) aus. Im Jahre 1994 wurde die Genossenschaft für Nukleare Entsorgung Wellenberg (GNW) gegründet, die das Rahmenbewilligungsgesuch einreichte. Die HSK erstellte dazu ein Gutachten, worin sie die weitere Untersuchung dieses Standortes befürwortete. Als erstes sollte ein Sondierstollen gebaut werden, damit die Eignung des Gesteins untertage bestätigt werden könnte.

Die weitere Realisierung des Projekts wurde 1995 durch die Ablehnung der erforderlichen Konzession des Kantons Nidwalden an die GNW für die Benützung des Untergrundes vorerst blockiert. Das Rahmenbewilligungsverfahren wurde 1997 vom UVEK sistiert. Im März 2000 fanden zwischen dem Vorsteher des UVEK und der Nidwaldner Regierung Gespräche statt, worin die Bedingungen für die Weiterführung des Projekts und ein Zeitplan für die nächsten Schritte bis zum Bau eines Sondierstollens vereinbart wurden. Die Bedingungen betrafen unter anderem die Anpassung des Lagerprojekts an das neue Konzept der geologischen Tiefenlagerung mit Beobachtungsphase, die Formulierung von so genannten Ausschlusskriterien und die verbindliche Umschreibung der zur Einlagerung vorgesehenen Abfälle. Diese Bedingungen wurden erfüllt. Im Dezember 2000 sprachen sich die vom Kanton Nidwalden eingesetzte Kantonale Fachgruppe Wellenberg und der politische Koordinationsausschuss für die Zulassung eines erneuten Konzessionsgesuches aus.

Die GNW reichte das Gesuch um eine Konzession für die Benützung des Untergrundes zum Bau eines Sondierstollens am Wellenberg im Januar 2001 dem Kanton Nidwalden ein. Der Regierungsrat des Kantons Nidwalden erteilte die Konzession am 25. September 2001 und wies die erhobenen Einsprachen ab. Der Beschluss

des Regierungsrats wurde aber am 22. September 2002 in einer kantonalen Volksabstimmung abgelehnt. Der Standort Wellenberg musste deshalb für die Realisierung des SMA-Lagers aufgegeben werden. Die GNW hat daraufhin die Projektarbeiten bis auf gewisse abschliessende Tätigkeiten eingestellt.

Die Langzeituntersuchungen am Wellenberg, wie die Grundwasser- und Quellenüberwachung, die Erhebung von Meteorodaten und die Registrierung der Seismizität, wurden bis im September 2002 fortgesetzt. Die Beobachtungseinrichtungen werden seither abgebaut. Die Meteorostation wurde noch im Jahre 2002 abgebrochen. Die Langzeitbeobachtungen in den tiefen Bohrlöchern wurden eingestellt. Die Bohrlöcher werden voraussichtlich im Jahr 2003 unter Aufsicht der HSK verfüllt.

Die von der HSK formulierten Ausschlusskriterien hätten zur Beurteilung der Ergebnisse von Beobachtungen im Sondierstollen dienen sollen. Sie hätten erlaubt, auf der Grundlage der vorgefundenen Verhältnisse einen Entscheid über die Fortsetzung oder den Abbruch des Projekts zu treffen. Die Nagra, im Auftrag der GNW, sowie Experten der HSK haben im Jahre 2002 anhand von Untersuchungen im Lötschberg-Basistunnel Arbeiten zur Validierung der Messverfahren durchgeführt, die zur Bestimmung der Ausschlusskriterien dienten. Die HSK hat eine allgemeinverständliche Broschüre über die Ausschlusskriterien erstellt und dem Kanton zur Verfügung gestellt. Die Ausschlusskriterien und die Broschüre wurden am 10. Juli 2002 an einer Pressekonferenz des Regierungsrats in Stansstad (NW) vorgestellt. Die HSK beteiligte sich ferner an einer Informationsveranstaltung des Regierungsrats für die Stimmbewölkerung des Kantons am 29. August 2002 in Hergiswil.

Mit dem Nein zum Wellenberg-Projekt wird die Realisierung eines geologischen Tiefenlagers für SMA um viele Jahre verzögert. Die Abfälle müssen für eine längere Zeit in den bestehenden Zwischenlagern aufbewahrt werden. Es handelt sich dabei aber um eine Zwischenlösung: Ein geologisches Tiefenlager für die SMA muss in der Schweiz erstellt wer-

den. Die drei weiteren früher in Frage kommenden Standorte (Bois de la Glaive, Oberbauenstock und Piz Pian Grand) stehen heute aus verschiedenen Gründen nicht mehr zur Diskussion. Es muss deshalb ein erneutes Auswahlverfahren für einen SMA-Lagerstandort durchgeführt werden. Bei dieser Suche steht die langfristige Sicherheit von Mensch und Umwelt an erster Stelle. Die betroffenen Kantone und Gemeinden sollen frühzeitig in das Verfahren einbezogen werden. Dem Verursacherprinzip entsprechend ist primär die Nagra, im Auftrag der Abfallerzeuger, für die Entsorgung, d.h. für die erneute Standortsuche verantwortlich. Aufgabe des Bundes ist es, die für die Umsetzung der Entsorgungsprogramme notwendigen Rahmenbedingungen zu schaffen. Das neue Kernenergiegesetz, das zurzeit im Parlament beraten wird, bildet dazu die wichtigste Grundlage.

## 10.2 Lager für hochaktive Abfälle, vorbereitende Handlungen

Das Untersuchungsprogramm für die geologische Tiefenlagerung der hochaktiven (HAA) und langlebigen mittelaktiven Abfälle (LMA) stand im Jahre 2002 im Zeichen des angekündigten Entsorgungsnachweises. Dieser Nachweis beruht auf dem Bundesbeschluss zum Atomgesetz von 1978, wo festgehalten wird, dass eine Rahmenbewilligung für Kernkraftwerke nur erteilt wird, wenn die dauernde, sichere Entsorgung und Endlagerung der radioaktiven Abfälle gewährleistet ist. Dieser Nachweis muss für HAA/LMA noch vervollständigt werden.

Der Entsorgungsnachweis, der sich auf ein Modellager im Opalinuston des Zürcher Weinlands bezieht, besteht aus drei Teilnachweisen:

- Der Sicherheitsnachweis muss zeigen, dass im gewählten Wirtgestein, mit den aufgrund von Sondierbefunden nachgewiesenen geologischen und hydrogeologischen Eigenschaften und mit den technischen Barrieren, die Langzeitsicherheit des Endlagers gewährleistet ist.
- Der Standortnachweis muss aufgrund dokumentierter Untersuchungsergebnisse zeigen, dass mit grosser Wahrscheinlichkeit ein genügend grosser Wirtgesteinskörper mit den im Sicherheitsnachweis verwendeten Eigenschaften existiert, sodass die Realisierung eines Endlagers im besagten Standortgebiet mit Aussicht auf Erfolg in Angriff genommen werden könnte.

- Der Machbarkeitsnachweis muss zeigen, dass im gewählten Wirtgestein ein Endlager unter Einhaltung der Sicherheitsvorschriften, mit den heute vorhandenen technischen Mitteln gebaut, betrieben und langfristig sicher verschlossen werden kann.

Die Arbeiten der Nagra konzentrierten sich im Jahre 2002 auf die Fertigstellung dieser Teilnachweise. Am 20. Dezember 2002 wurden die drei grundlegenden Berichte dazu den Bundesbehörden übergeben. Die umfangreichen Unterlagen werden in den nächsten zwei Jahren von den nuklearen Sicherheitsbehörden technisch überprüft und an den bereits im voraus festgelegten Beurteilungskriterien gemessen. Danach wird der Bundesrat, voraussichtlich im Jahr 2006, über den Entsorgungsnachweis entscheiden und das weitere Vorgehen zur Entsorgung der HAA/LMA festlegen.

In Absprache mit der Deutsch-Schweizerischen Kommission für die Sicherheit kerntechnischer Einrichtungen (DSK) hatte das deutsche Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) den deutschen Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte (AkEnd) beauftragt, das Verfahren zu beurteilen, das 1993 zur Wahl des Zürcher Weinlands als Sondierregion führte. Die Stellungnahme des AkEnd wurde im April 2002 dem BMU und der DSK übergeben. Die DSK hat sie anlässlich ihrer Sitzung im Oktober 2002 zur Kenntnis genommen und auf eine Stellungnahme verzichtet. Die AkEnd-Stellungnahme wurde vom BMU Anfang 2003 veröffentlicht.

In der Sondierbohrung Benken wurden die hydraulischen Langzeitmessungen weitergeführt. Im September 2002 lieferte die Nagra den Bericht über Bohrtechnik, Bau- und Umweltaspekte (NTB 99-12) den Aufsichtsbehörden ab. Dieser Bericht beschreibt neben den Bohrtechnischen Arbeiten auch die im Zusammenhang mit der Bohrung ausgeführten Bauarbeiten und die umweltschutztechnischen Massnahmen. Zusammen mit dem bereits 2001 veröffentlichten Untersuchungsbericht (NTB 00-01) stellt dieses Dokument den in der bundesrätlichen Bewilligung der Sondierbohrung Benken verlangten Schlussbericht dar. Die Koordinationskommission Benken hat in Anschluss darauf ihren Schlussbericht zur Sondierbohrung erstellt. Letzterer wurde anlässlich einer Kommissions-sitzung am 22. Januar 2003 verabschiedet und dem UVEK überreicht.

Die Verfüllung der Nordschweizer Kristallin-Bohrungen wurde bereits im Jahre 2001 abge-

schlossen. Die Nagra hat die technischen Berichte zu den Verfüllarbeiten der letzten vier Bohrungen der HSK Mitte 2002 abgeliefert. Die Aufsichtskommissionen dieser Kristallin-Bohrungen werden dazu noch Stellung nehmen.

Im Felslabor Mont Terri (JU) werden die hydrogeologischen, geochemischen und mechanischen Eigenschaften des Opalinuston untersucht. Diese Untersuchungen ergänzen die im Zürcher Weinland gewonnenen regionalen geologischen Kenntnisse mit in-situ gemessenen Gesteinseigenschaften. Das Felslabor wurde im vergangenen Jahr von 11 Partnerorganisationen aus 6 Ländern getragen. In der Berichtsperiode liefen die Experimente der Phase 7 des Untersuchungsprogrammes weiter, gleichzeitig wurden erste Experimente der Phase 8 in Angriff genommen. Im August 2002 wurde auf Initiative der HSK eine Arbeitsgruppe gebildet, welche zusammen mit den schweizerischen Partnern des Projekts (Bundesamt für Wasser und Geologie, Nagra, PSI) ein neues, langfristig angelegtes Forschungsprogramm ausarbeiten und den ausländischen Partnern unterbreiten soll.

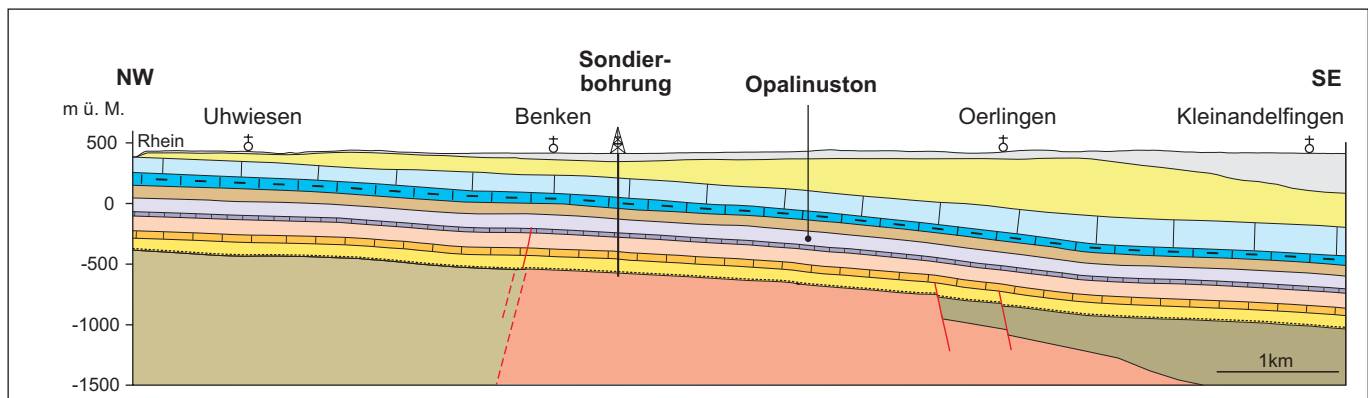
Auch im Felslabor Grimsel gingen die Versuche weiter. Die Experimente betreffen unter anderem das in-situ Verhalten von technischen Barrieren und das Migrationsverhalten von Radionukliden unter endlagerähnlichen Bedingungen. Die Verwaltung der Nagra stimmte im vergangenen Jahr dem Konzept zu einer weiteren

zehnjährigen Untersuchungsphase zu. Entsprechende Verhandlungen mit den Projektpartnern verliefen positiv. Gleichzeitig stellte sie die Idee eines internationalen Training Centers in Verbindung mit dem Felslabor zur Diskussion. Es soll im Felslabor Grimsel die Möglichkeit geschaffen werden, Aus- und Weiterbildung auf dem Gebiet der Endlagerung zu vermitteln.

Die HSK ist die zuständige Behörde für die Erteilung der notwendigen Bewilligungen für Versuche mit radioaktiven Stoffen und für die Aufsicht über solche Versuche. Im Januar 2002 hat sie die Bewilligung von Tracerversuchen im Rahmen eines Experimentes im Felslabor Grimsel zur Untersuchung des Einflusses von Kolloiden auf die Nuklidmigration erteilt. Im April sowie im Dezember 2002 hat sie die Durchführung, ebenfalls im Felslabor Grimsel, von vorbereitenden Tracerversuchen mit kurzlebigen Radionuklidgemischen im Rahmen eines Experimentes zur Untersuchung des Einflusses von Zementwasser auf die Sorption von Nukliden im Gestein bewilligt. Auch im Felslabor Mont Terri fanden im Jahr 2002 Tracerversuche mit radioaktiven Stoffen statt. Die eingesetzten Mengen waren aber sehr klein und unterstanden deshalb nicht der Bewilligungspflicht. Die zuständigen Stellen der Kantone Bern und Jura sind über die Durchführung solcher Versuche informiert und erhalten jeweils eine Kopie der von der HSK erteilten Bewilligungen.

**Geologisches Profil durch das Untersuchungsgebiet Zürcher Weinland, eine tektonisch einfach gebaute Region am Nordrand des schweizerischen Molassebeckens. Der Opalinuston zeigt eine einheitliche Mächtigkeit und ist wenig von Bruchbildungen betroffen.**

Grafik: Nagra



# 11. LEHRREICHE VORKOMMNISSSE IN AUSLÄNDISCHEN KERNANLAGEN

Von den im Jahre 2002 gemeldeten Vorkommnissen in ausländischen Kernanlagen war keines von solcher Bedeutung, dass sofortige Massnahmen zur Verbesserung der Sicherheit in den schweizerischen Kernanlagen erforderlich gewesen wären.

Im Folgenden werden einige sicherheitsrelevante Vorkommnisse erwähnt, da aus ihnen Lehren gezogen werden, die zur Verbesserung der Sicherheitsvorsorge der schweizerischen Kernanlagen beitragen können. Im nachfolgenden Abschnitt wird zuerst kurz beschrieben, wie der internationale Erfahrungsaustausch erfolgt.

## 11.1 Informationsquellen für Vorkommnisse in ausländischen Kernanlagen

Die wichtigste Informationsquelle der Behörde für ausländische Vorkommnisse ist das «Advanced Incident Reporting System» AIRS der IAEA. An diesem System sind alle nuklearen Aufsichtsbehörden derjenigen Länder beteiligt, die Kernanlagen betreiben. Erachtet die HSK ein gemeldetes ausländisches Vorkommnis für die Sicherheit einer oder mehrerer Schweizer Kernanlagen als bedeutsam, so verlangt sie von diesen eine Untersuchung mit detaillierter Berichterstattung. Auf der Betreiberseite existiert eine eigene Organisation, die «World Association of Nuclear Power Plant Operators» (WANO), welche ihre Mitglieder weltweit über Vorkommnisse informiert. Daneben sind die Betreiber auch noch in Vereinigungen der Anlagehersteller (Owners Groups) bzw. in übergeordneten Vereinigungen (z.B. Verein der Grosskraftwerk Betreiber VGB in Europa) angeschlossen und beziehen von dort Informationen über Vorkommnisse bzw. sie lassen dort Analysen über Vorkommnisse erstellen.

Gemeinsames Ziel aller dieser Aktivitäten im internationalen Austausch von Betriebserfahrungen ist es, von Vorkommnissen in anderen Anlagen zu lernen und damit die Sicherheit und Verfügbarkeit der eigenen Anlagen zu erhöhen.

Manchmal gewinnen die Behörden und/oder der Betreiber neue Erkenntnisse und können frühzeitig geeignete Massnahmen bei den eigenen Anlagen einleiten. Oftmals führen solche Untersuchungen zur Bestätigung, dass ein Fehler, wie er in der fremden Anlage aufgetreten ist, im eigenen Werk nicht möglich ist.

Die Wirksamkeit der gegenseitigen Information über Vorkommnisse und deren Auswertung lässt sich an der Anzahl 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 Betreiber der Kernanlagen ihrerseits erstatten der HSK regelmässig Bericht über diejenigen ausländischen Vorkommnisse, die detailliert untersucht wurden. Allfällige Verbesserungsmassnahmen werden bei Sicherheitssystemen nach dem behördlich vorgeschriebenen Verfahren abgewickelt.

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

## 11.2 Starke Korrosion am Reaktor-druckbehälter-Deckel eines Druckwasserreaktors durch Borsäure

In einem amerikanischen Kernkraftwerk wurde während dem Stillstand zum BE-Wechsel eine von der Aufsichtsbehörde verlangte Inspektion am Deckel des Reaktordruckbehälters (RDB) durchgeführt. Ziel waren Prüfungen über mögliche Risse bei Stutzen für Steuerstabdurchführungen. Es wurden bei einigen Stutzen Risse entdeckt, diese mussten repariert werden.

Bei dieser Arbeit wird mit einem Werkzeug eine seitliche Kraft auf den Stutzen aufgebracht. Bei einem Stutzen wurde dabei eine seitliche Bewegung bemerkt. Die Abklärungen zeigten, dass das Deckelmaterial um diesen Stutzen in der Grösse einer Stutzenfläche durchkorrodiert war. Ein Leck ist zwar nicht aufgetreten, weil der RDB-Deckel innen noch eine Edelstahlauskleidung von ca. 9 mm Dicke besitzt. Diese war nicht korrodiert und hatte dem Reaktordruck von etwa 150 bar standgehalten.

Die Ursache dieser starken Korrosion ist ein Phänomen, welches in der Nukleartechnologie als Borsäurekorrosion bekannt ist. Borsäure wird im Druckwasserreaktor im Primärkreis zur Leistungsregelung und Sicherstellung der Abschaltreaktivität benötigt. Kommt Borsäure durch Kreislaufleckagen mit Kohlenstoffstahl in Berührung, so korrodiert dieser Stahl. Trifft diese Säure auf die heissen Oberflächen des RDB-Deckels, so verdampft das Wasser und es bleiben Ablagerungen von Borsäurekristallen haften. Letztere sind daher auch ein deutlicher Indikator einer Leckage. Da der Deckel mit seinen vielen Stutzen (etwa 70) wegen der hohen Betriebstemperatur von etwa 300 °C mit einer verschalteten Isolationshaube ausgerüstet ist, können eventuelle kleine Leckagen unterhalb der Isolation nur sehr schwer entdeckt werden.

Das Phänomen der Borsäurekorrosion ist in der Nukleartechnik vor längerer Zeit wissenschaftlich untersucht worden. Die Ergebnisse der Untersuchungen zeigten eine mehrjährige Dauer bis zum Durchkorrodieren des Deckels. Allerdings ist die Korrosionsgeschwindigkeit sehr stark von den Bedingungen an der Korrosionsstelle abhängig, d.h. von Feuchtigkeit und Temperatur. Im vorliegenden Fall war die Korrosion stärker als gemäss Studie zu erwarten war. Die ersten Anzeichen einer Leckage traten vor etwa vier Jahren auf.

Etwa vor 15 Jahren trat in einer anderen amerikanischen Anlage eine Leckage im Primärkreis auf, die am RDB-Deckel zu einer starken Borsäurekorrosion führte. Daraufhin verlangte die amerikanische Behörde von allen Betreibern von Druckwasserreaktoren ein Programm zur Kontrolle der Borsäurekorrosion. Dabei wurden auch sensible und zuverlässige Indikatoren für solche Leckagen verlangt. Die Behörde empfahl damals eine Änderung an der Deckelisolierung vorzunehmen, damit die Stutzenbereiche am Deckel, z.B. durch Inspektionsöffnungen, auf Borablagerungen inspiziert werden können.

In der betroffenen Anlage waren grössere Mengen an Borsäurekristallen auch ausserhalb der Isolierung im Bereich der Deckelschrauben sichtbar. Diese Borsäurekristalle wurden aber als Folge von vorhandenen kleinen Lecks an den Flanschen der rostfreien Steuerstabsutzen oberhalb der Isolierung interpretiert. Auch weitere Indikationen führten das Personal nicht zur richtigen Schlussfolgerung. Zum Beispiel führten Borsäurekristalle zur Verstopfung von Filtern zum Messen der Radioaktivität in der Containmentatmosphäre, sowie zu starker Belegung von Filtern des Containmentkühlluftsystems. Obwohl diese Probleme den Normalbetrieb störten, indem z.B. ständig die Filter für die Radioaktivitätsmessung gewechselt werden mussten, war man überzeugt, dass dies einzig die Folge der Flanschleckage ausserhalb der Isolierung sei. Die Gesamtleckage des Primärkreises war vom zulässigen Grenzwert zum Abfahren der Anlage noch weit entfernt. Ein weiteres Argument gegen eine frühzeitige Inspektion waren auch die zu erwartenden hohen Personendosen bei der De- und Wiedermontage der Deckelisolierung. Zu erwähnen ist auch, dass die von den Behörden vor Jahren vorgeschlagenen Verbesserungen zur Erkennung von RDB-Deckelleckagen in der betroffenen Anlage nicht umgesetzt wurden.

Beim vorliegenden Ereignis wurde formal keine Forderung der Behörde verletzt. Diese ging davon aus, dass mit oben erwähnten Vorgaben und Empfehlungen sowie der Eigenverantwortung des Betreibers das Problem unter Kontrolle sei. Da nun diese starke Korrosion trotzdem auftrat, waren die bisher empfohlenen Massnahmen offenbar zu wenig wirksam.

Das Ereignis wurde als INES Stufe 3 gewertet und erregte international grosse Beachtung. Die Behörde erliess eine Reihe von Forderungen an die betroffene Anlage insbesondere bezüglich Ursachenermittlung. Diese beziehen sich nicht nur auf technische Aspekte, sondern umfassen auch Managementfragen und Fragen der Sicherheitskultur (d.h. den Abweichungen/Störungen die Bedeutung zukommen zu lassen, die die Sicherheit erfordert). Auch für die anderen amerikanischen Druckwasserreaktoren wurden umgehend Inspektionsprogramme angeordnet.

Man geht davon aus, dass der RDB-Deckel durch denjenigen einer stillgelegten Anlage ersetzt wird. Das Wiederanfahren wird abhängig sein von nachweisbaren Verbesserungen der Programme, die die betriebliche Sicherheit zum

Ziel haben. Der Betreiber gründete eine zentrale Engineering und Service Group für seine vier Kernkraftwerke, um die Managementübersicht bezüglich Sicherheit, Zuverlässigkeit und Effizienz zu stärken. Bis Ende 2002 stand die Anlage schon nahezu ein Jahr still.

Die amerikanische Behörde ihrerseits überprüft ihre eigenen Prozesse der Aufsicht zwecks Verbesserungsmöglichkeiten. Ausserdem startet sie ein Forschungsprogramm bezüglich Initiierung von Rissen und deren Wachstum in Stützen von RDB-Deckeln.

In der Schweiz ist das Phänomen der Borsäurekorrosion durch ein Vorkommnis des KKW Beznau im Jahre 1970 bekannt. Damals trat an einer Schweisspore in einer Dichtnaht an einem Steuerstabflansch eine kleine Primärleckage auf. Die Ablagerungen von Borsäurekristallen am Reaktordruckbehälterdeckel wurden beim ersten Brennelementwechsel entdeckt. Die Leckstelle wurde durch eine Druckprobe identifiziert und die Schadstelle anschliessend repariert. Trotz dieser relativ kurzen Leckagedauer (weniger als ein Jahr) trat eine nennenswerte Borsäurekorrosion am Reaktordruckbehälterdeckel auf. Auf behördliche Anweisung wurde die Stelle genau vermessen und vom Hersteller wurde ein Festigkeitsnachweis verlangt. Es zeigte sich, dass der Deckel durch die Korrosion nicht unzulässig geschwächt wurde. Diese Schadstelle wird seither periodisch vermessen; sie hat sich bis heute nicht verändert. Es sind auch keine neuen dazugekommen.

Aufgrund dieses Vorkommnisses wurden in Beznau Inspektionsöffnungen in die Isolierung eingebaut, sodass periodische Kontrollen auf Borsäurekristallspuren einfacher möglich sind – eine Massnahme, die die amerikanische Behörde erst Jahre später empfahl. Nach Informationen über Steuerstabstutzenrisse in anderen Anlagen vor etwa fünf Jahren ist eine verschärfte Überwachung von der HSK vorgeschrieben worden. Unter anderem wurde verlangt, dass der Deckel alle fünf Jahre durch Entfernung der Isolierung vollständig auf Leckagen hin zu inspizieren ist. Es sind ausser dem erwähnten Vorkommnis in der Anlage Beznau keine weiteren Borsäurekorrosionen in schweizerischen Druckwasserreaktoren aufgetreten.

Das Vorkommnis in den USA zeigt einmal mehr, dass die Strategie der schweizerischen Betreiber und Behörde einer gewissenhaften Überwachung, Wartung, Instandhaltung und gezielten Verbesserung der Anlage neben sicher-



heitstechnischen auch wirtschaftliche Vorteile bringt. Durch diese verbesserten Kontrollen werden Schadensmechanismen frühzeitig erkannt. Rechtzeitig erkannte Schäden sind relativ einfach zu reparieren. Ähnlich lange Reparaturzeiten, wie bei der betroffenen amerikanischen Anlage, können dadurch vermieden werden.

In diesem Sinne hatte das Vorkommnis keine direkten Auswirkungen auf die schweizerischen Anlagen. Trotzdem wurden zusätzliche Inspektionen durchgeführt, die jedoch ohne Befund verliefen. Die gezogenen Lehren aus diesem Vorkommnis werden aufmerksam verfolgt und ausgewertet, um gegebenenfalls Optimierungen der bestehenden Überwachungsprogramme durchzuführen.

### **11.3 Bersten einer Rohrleitung infolge Wasserstoff-Explosion in einem Siedewasserreaktor**

In einem deutschen Kernkraftwerk wurde im normalen Leistungsbetrieb eine Leckage inner-

**Reaktordruckbehälter-Deckel mit Aufbauten.**

Foto: KKB

halb des Containments bemerkt. Aus den Alar-men und Anzeigen wurde geschlossen, dass eine Flanschleckage an der zum Reaktor hin abgesperrten Abkühlleitung die Ursache sein könnte. Daraufhin wurde die Entwässerungs-armatur dieser Leitung fernbedient abgesperrt, worauf die Leckage beendet werden konnte. Das Containment konnte für eine Inspektion nicht betreten werden, da es mit Stickstoff inertiert ist. Es wurden in der Folge Analysen durchgeführt; diese liessen Zweifel an obiger Ursache aufkommen. Zwei Monate später wurde daraufhin entschieden, die Anlage zwecks Inspektion abzufahren. Die Inspektion zeigte, dass die Abkühlleitung des Reaktor-deckels, im Normalbetrieb vom Reaktor abge-sperrt, auf einer Länge von 2,7m geborsten war. Umliegende Gebäude-strukturen waren aber nur geringfügig beschädigt. Das Scha-densbild deutet auf die Folgen einer Explosion in der Leitung hin, verursacht durch die Radiolysegase Wasserstoff und Sauerstoff.

Solche Radiolysegase entstehen beim Sie-dewasserreaktor im Reaktorkern, d.h. der im Reaktor erzeugte Dampf enthält immer einen geringen Anteil an Radiolysegasen. Stagniert dieser Dampf in Rohrleitungen und wird kon-densiert, dann konzentrieren sich dort Radiolyse-gase auf. Falls sie die Grenzen der zündfähigen Gemische überschreiten, kann es bei Vorliegen von hoher Temperatur oder einer Zündquelle zu einer Explosion kommen. Dieses Phänomen ist bei Siedewasserreaktoren schon lange aus frühe- ren Vorkommnissen bekannt. So wurden z. B. Schäden in Steuerarmaturen von Sicherheits-ventilen als Folge von Wasserstoffexplosionen ermittelt. Als Zündquelle ging man dabei von hoher Temperatur aus, verursacht durch adiabatische Kompression. Es wurden Gegenmass-nahmen entwickelt, die eine Wiederholung ver-hindern. Zuerst wurden alle gefährdeten Be-reiche ermittelt. Dort wurde einerseits die Auf-konzentration von Radiolysegasen durch Spülen der Rohrleitung verhindert. Wo eine Spülung nicht möglich ist, wurden katalytisch beschich-tete (z.B. mit Platin) Zwischenstücke eingebaut, an denen Wasserstoff und Sauerstoff zu Was-ser rekombiniert. Dieser Prozess setzt Wärme frei; daher wird die Funktion dieses Vorgangs durch Temperaturfühler an den Rohrleitungen überwacht. Mit diesen Massnahmen konnte das Problem beherrscht werden.

Die geborstene Leitung in der betroffenen deutschen Anlage befindet sich im Containment und war bei einer früheren Überprüfung als nicht

explosionsgefährdet bewertet worden. Sie be-sitzt jedoch Temperaturmessstellen. Die Leitung wird nur beim Abfahren der Anlage zur Kühlung des Reaktordeckelbereiches benötigt. Sie ist über eine Rückschlagklappe an den Reaktor-deckel angeschlossen und dann fallend verlegt bis zu zwei Containment-Absperrarmaturen. Zur Entwässerung besitzt sie eine normal offene Entwässerungsarmatur (Dauerentwässerung), die am Entwässerungssystem des Frischdampf-systems angeschlossen ist. Es wird nun ver-mutet, dass einerseits eine Absperrarmatur undicht war und Wasser eindrang und andererseits Frischdampf von ca. 285 °C rückwärts über die Entwässerung in die Leitung strömte, das Wasser aufwärmte und dabei kondensierte. Mit der Zeit erfolgte eine Aufkonzentration von Radiolysegasen an den hochgelegenen Stellen der Leitung. Als Zündquelle wird hohe Tempe-ratur (etwa 400 °C) durch adiabatische Komp-ression angenommen (die Abklärungen zum Vorkommnis waren Ende 2002 noch nicht voll-ständig abgeschlossen). Als Gegenmassnah-men zur Verhinderung einer Wiederholung wird entweder der Einbau von katalytisch beschich-teten Zwischenstücken in die Leitung oder die Möglichkeit einer Spülung der Leitung vorgese-hen.

Die effektiven sicherheitstechnischen Konsequenzen des Ereignisses waren gering, weil die Leitung, die nur für betriebliche Vor-gänge benutzt wird, abgesperrt war, und die Berststücke kaum Schaden anrichteten. Die potenziellen Konsequenzen sind jedoch beach-tenswert, da ein Kühlmittelverlust am Reaktor-deckel hätte entstehen können sowie die Möglichkeit bestand, dass Berststücke das Containment beschädigen.

Auch die Schweizer Siedewasserreakto-ren besitzen eine solche Abkühlleitung für den Deckel des Reaktordruckbehälters. Im Leistungs-betrieb ist sie gegen den Reaktor hin mehrfach abgesperrt. Im Gegensatz zum beschriebenen Fall in Deutschland besitzen sie keine Dauer-entwässerung mit der Möglichkeit des Frisch-dampfeintritts und der Anreicherung von Radio-lysegasen. Aus diesem Grund sind die Phäno-mene im beschriebenen Ereignis nicht auf die Schweizer Anlagen übertragbar. Ein ähnlicher Fall kann ausgeschlossen werden.

Trotzdem wird dem Ereignis hohe Beach-tung geschenkt, da auch andere Rohrleitungen, die Frischdampf führen, durch Aufkonzentration von Radiolysegasen mit nachfolgender Zündung gefährdet sein können. Die HSK hat daher von

den Betreibern der Schweizer Siedewasserreaktoren eine detaillierte Untersuchung bezüglich gefährdeter Stellen für die Aufkonzentration von Radiolysegasen und möglicher Zündmechanismen verlangt.

#### **11.4 Weiterleitung gefälschter Dokumente an die Aufsichtsbehörde**

Ein japanischer Betreiber von Kernkraftwerken wurde von der Aufsichtsbehörde um Nachweise bezüglich des Verdachts von gefälschten Dokumenten angefragt. Diese betrafen Inspektionsergebnisse in seinen Kernkraftwerken Ende der 80er und Anfangs der 90er Jahre. Die Behörde hat entsprechende Hinweise erhalten, die eine solche Anfrage rechtfertigten. Da ein solcher Verdacht das Vertrauen in die Sicherheit der Kernenergie nachhaltig schädigen kann, wurde von der Behörde eine schonungslose Aufklärung gefordert. Dies wurde vom Betreiber voll akzeptiert. Der Verdacht von Fälschungen betraf die Prüfergebnisse von 16 Rissanzeigen in den Einbauten des Reaktordruckbehälters, die nicht zur druckführenden Umschließung gehören. Insgesamt waren neun Reaktoren vom Fälschungsverdacht betroffen.

Das grundsätzliche Aufsichtskonzept in Japan sieht vor, dass der Betreiber die Komponenten seiner Anlagen periodisch inspiziert und deren Integrität bestätigt. Eine behördliche Vorgabe oder Kriterien bestanden dazu nicht. Die Behörde inspiziert ihrerseits periodisch sicherheitsrelevante Bereiche und bestätigt, dass der Sicherheitsstandard eingehalten ist.

Die Ergebnisse der Überprüfungen zeigten folgende Beispiele:

- a) Die gefundenen Risse wurden nicht weiter auf Wachstum beim Weiterbetrieb untersucht (da innerhalb des Druckgefäßes) und als unproblematisch beurteilt. Dabei wurde keine Überprüfung der Einhaltung von technischen Standards durchgeführt. Die betroffenen Komponenten sind zwischenzeitlich ersetzt worden.
- b) Bei den gefundenen Rissen war nicht klar, ob die Behörde für die vorgesehene Reparatur ihre Zustimmung geben muss oder nicht. Man entschied, dass eine behördliche Zustimmung nicht nötig sei und reparierte. Später kamen Zweifel auf. Die ursprünglichen Dokumente mit den Rissbefunden wurden gelöscht oder an die Behörde mit falschen Angaben gesandt.

- c) Es wurden Risse entdeckt, die ohne weitere Untersuchungen als unbedenklich bewertet wurden. Dieses Verhalten entsprach nicht den Erwartungen an ein Sicherheits-Management.

Alle beschriebenen Fälle lagen innerhalb der eigenverantwortlichen Inspektion des Betreibers. Es war daher der Behörde im Nachhinein nicht mehr möglich, die Bedeutung der Risse zu ermitteln, da sie schon repariert oder die Komponenten ersetzt waren. Das unangemessene Verhalten des Betreibers schädigte daher mehr sein Vertrauen in der Öffentlichkeit und gegenüber der Behörde als die Sicherheit der Anlagen.

Die Ursachenanalyse beim Betreiber brachte zum Vorschein, dass die zuständige Gruppe von Nuklearingenieuren einen eigenständigen, relativ autonomen Bereich bildete. Die Entscheidungen über die Bedeutung der Risse und die zu treffenden Massnahmen wurden in einem sehr kleinen Kreis von Experten gefällt. Eine Berichterstattung darüber war nicht vorgeschrieben. Das oberste Management war sich, wegen fehlender Berichterstattung, der Strukturprobleme gar nicht bewusst.

Ursachen waren daher eine zu wenig selbstkritische Bewertung der Mängel durch die Nuklearingenieure, ein fehlendes Überwachungssystem durch das oberste Management bzw. von diesen Beauftragte anderer Einheiten und mangelndes Verständnis der Bedeutung eines Qualitätsmanagementsystems innerhalb der Organisation.

Von Behördenseite war nicht klar definiert, wie die Ergebnisse der eigenverantwortlichen Inspektionen zu bewerten bzw. wann behördliche Genehmigungen für Reparaturen einzuholen sind.

Aufgrund dieser Analysen wurden neue Vorgaben von der Behörde erlassen; es wurde auch das Atomgesetz erweitert. Neu vorgeschrieben sind nun beispielsweise:

- Periodisch eigenverantwortliche Inspektionen des Betreibers müssen zeigen, dass technische Standards erfüllt sind. Dies muss auch entsprechend dokumentiert werden.
- Bei gefundenen Rissen muss deren Zulässigkeit für den weiteren Betrieb nachgewiesen werden. Dies wird von der Behörde überprüft.
- In der Atomgesetz-Verordnung wird die Forderung nach Einführung eines Qualitätsmanagementsystems aufgenommen. Es sind auch strengere Strafen für solche Vergehen vorgesehen.

Zur Steigerung der Effektivität und Effizienz



der Behörde wird diese eine Agentur für Inspektionen, das Nationale Institut für die nukleare Sicherheit, gründen. Ein externes Expertenkomitee wird Hinweisen über Unregelmässigkeiten nachgehen, diese der Behörde zur Überprüfung berichten und die Ergebnisse publizieren.

Lehren aus diesem Vorkommnis sind in der Schweiz nicht direkt anwendbar, da das schweizerische Aufsichtssystem sowie die Betreiberorganisation vom japanischen unterschiedlich sind. Im Jahre 1993 wurden ähnliche Risse am nicht drucktragenden Kernbehälter im KKW Mühleberg durch den Betreiber entdeckt und diese der Behörde umgehend gemeldet. Darüber wurde in den früheren Jahren schon ausführlich berichtet (siehe z.B. HSK-Jahresbericht 2001). Ausserdem haben alle Schweizer Kernkraftwerke Qualitätsmanagementsysteme eingeführt, die jeweils von der Behörde überprüft werden bzw. deren Änderungen zu melden sind.

Trotzdem werden die Lehren aus dem Vorkommnis aufmerksam verfolgt und ausgewertet, um allenfalls Verbesserungen im technischen und QM-Bereich durchführen zu können.

Disziplinverletzungen innerhalb der Organisation eines Schweizer KKW Betreibers sind im vorletzten Jahr durch bewusst unkorrekt ausgefüllte Checklisten aufgetreten. Der erste entdeckte Fall wurde sofort vom KKW-Management an die HSK gemeldet. Diese verlangte eine weitere umfangreichere Überprüfung, worauf zusätzliche Fälle gefunden wurden. Alle Fälle waren von untergeordneter sicherheitstechnischer Bedeutung. Die HSK und der Betreiber haben die Öffentlichkeit darüber informiert.

### **11.5 Bruch eines Dampferzeuger-Heizrohres in einem Druckwasserreaktor**

In einem koreanischen Kernkraftwerk wurde während des Abfahrens zum Brennelementwechsel plötzlich ein starker Abfall des Füllstandes im Druckhalter entdeckt. Kurz darauf erschien ein Radioaktivitätsalarm an der Frischdampfleitung des Dampferzeugers (DE) 2. Die Operateure interpretierten den Störfall als DE-Heizrohrleck und mit Hilfe der entsprechenden Störfallvorschrift wurden die erforderlichen

Massnahmen und Kontrollen durchgeführt. Nach dem Isolieren des defekten Dampferzeugers, der Druckabsenkung und Füllstandshaltung im Primärkreis wurde sofort die Abkühlung der Anlage über den intakten Dampferzeuger eingeleitet. Dabei traten keine nennenswerten Schwierigkeiten auf. Es konnte auch erreicht werden, dass kein radioaktiver Dampf an die Atmosphäre abgegeben wurde. Etwa 20 Stunden nach Störfallbeginn war die Anlage im sicheren kalten Zustand.

Der Störfall zählt in Bezug auf seine Beherrschung durch das Personal zu den anspruchsvollsten. In zwei verschiedenen Kreisläufen, die getrennt – nun aber durch das Leck verbunden sind – müssen gleichzeitig Druck, Füllstand und Temperatur kontrolliert gesteuert werden. Dies wurde hier in vorbildlicher Weise beherrscht. Das Vorkommnis wurde gemäss INES Bewertungsskala mit Level 1 bewertet (zu INES siehe Tabelle B2).

Die Untersuchung der Schadensstelle zeigte einen totalen Abriss eines U-Rohres auf der Heissseite des Dampferzeugers. Nach der Datenanalyse ging der Abriss von einem Längsriss aus, der sich später zu einem Umfangsriss ausweitete. Das defekte Rohr und drei in der Nähe liegende wurden für metallurgische Untersuchungen gezogen und die entsprechenden Stellen mit Stopfen verschlossen. Die Dampferzeuger-Heizrohre wurden vor der Wiederinbetriebnahme umfangreichen zerstörungsfreien Prüfungen (Wirbelstrom, Ultraschall usw.) unterzogen. Die Anlage ist seit Mitte 2002 wieder in Betrieb.

Als Ursache für den Schaden wird Spannungsrissskorrosion angenommen. Diese führte zu einem Längsriss, der später zum Abriss weiterwuchs. Dieses Verhalten der Bruchstelle war ungewöhnlich, da das volle Leck äusserst rasch auftrat. Dies wird nun Gegenstand weiterer Untersuchungen sein.

In der Schweiz ist bisher kein DE-Heizrohrbruch beim Betrieb der Druckwasserreaktoren aufgetreten. Die Werkstoffe der heute eingesetzten DE-Heizrohre sind gegen Spannungsrissskorrosion resistent. Aus dem vorliegenden Fall können jedoch Lehren in Hinblick auf das Verhalten der Schadensstelle, der Schadensart usw. sowie Lehren im Bereich der Störfallvorschriften gezogen werden.

## 12. REGULATORISCHE SICHERHEITSFORSCHUNG

Die HSK ist verpflichtet, das Sicherheitsniveau der schweizerischen Kernanlagen am aktuellen internationalen Stand von Wissenschaft und Technik zu messen. Um diese Aufgabe kompetent erfüllen zu können, ist die HSK auf eine hochstehende regulatorische Sicherheitsforschung angewiesen. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse ermöglichen es, potenzielle sicherheitstechnische Probleme zu erkennen, Verfahren und Vorschriften zu verbessern und unabhängige, wissenschaftlich fundierte Grundlagen für die Entscheide der HSK zu schaffen.

Angesichts des begrenzten Budgets ist eine sorgfältige und vorausschauende Priorisierung der Forschungsthemen, die von der Grundlagenforschung bis zu anwendungsorientierten Projekten reichen, unumgänglich. Im Jahre 2002 wurde deshalb eine gemeinsame Arbeitsgruppe der HSK und der Kommission für die Sicherheit von Kernanlagen (KSA) mit der Entwicklung einer

umfassenden Forschungsstrategie beauftragt, die den mittelfristigen Forschungsbedarf und die Umsetzung der Resultate definieren soll.

Die HSK unterstützt Forschungsprojekte in den Bereichen Materialforschung, Stör- und Unfallforschung, Human Factors sowie Notfall- und Strahlenschutz. Ein zentraler Fokus dieser Projekte liegt in der Verifizierung von Sicherheitsmargen, welche die Basis für regulatorische Massnahmen und Entscheide bildet. Anhand der Forschungsergebnisse können die Richtlinien der HSK weiterentwickelt werden und Massnahmen getroffen werden, welche die Sicherheit der Kernanlagen verbessern. Als kleines Land mit beschränkten Forschungsmitteln ist die Schweiz in ihren Forschungsanstrengungen auf internationale Kooperationen angewiesen.

Im Folgenden werden die Projekte der regulatorischen Sicherheitsforschung des Jahres 2002 kurz beschrieben. Ausführlichere Berichte

**Projekt PHEBUS  
Fission Products:  
Experimentelle  
Anordnung der  
Auslaugapparatur  
in der mit 10 cm  
Blei abgeschirm-  
ten Kapelle.**

Foto: PSI



sind auf dem Internet unter [www.hsk.psi.ch](http://www.hsk.psi.ch) verfügbar.

Damit die Sicherheit der Kernanlagen auch unter verlängerten Betriebszeiten gewährleistet werden kann, benötigt die HSK fundierte Kenntnisse zu den Effekten der altersbedingten Schwächung der Strukturen. Die Projekte im Bereich der Materialforschung (RIKORR – Risskorrosion in druckführenden ferritischen Komponenten des Primärkreislaufes von SWR; OECD Piping Failure Data Exchange Project) liefern Resultate, welche für die technische Aufsicht, d.h. für die Voraussage, Diagnose und Prävention von altersbedingten Strukturveränderungen unerlässlich sind.

Regulatorische Massnahmen für die Prävention und die Verminderung der Auswirkungen von Stör- und Unfällen leitet die HSK aus dem entsprechenden Forschungsbereich ab, welcher grundlegende Kenntnisse zu auslösenden Faktoren, Vorgängen im Ereignisfall und zum Brennstoffverhalten liefert. Diese sehr aufwändigen Forschungsvorhaben werden vorwiegend in internationalen Grossprojekten und Kooperationen bearbeitet (OECD CABRI Water Loop Project, OECD Halden Reactor Project, OECD Melt Coolability and Concrete Interaction Project, OECD Fire Incident Record Exchange, PHEBUS FP, US NRC Severe Accident Research Programme). Im Bereich der Störfälle ist die HSK aber auch auf die Entwicklung von Rechenprogrammen und Modellen für deterministische Sicherheitsanalysen zur Überprüfung des Brennstoff- und Anlageverhaltens angewiesen (STARS IV – Sicherheitsforschung bezüglich Transientenanalyse der Reaktoren in der Schweiz). Für die laufende Neubewertung der seismischen Gefährdung der schweizerischen Kernanlagen stützt sich die HSK ebenfalls auf Forschungsprojekte, mit welchen die bestehenden seismologischen Daten erweitert werden können (PALEOSEIS – Reconstructing the paleoseismological record in Northern Switzerland).

Die Forschungsprojekte im Bereich Human Factors konzentrieren sich auf die Interaktion zwischen Mensch, Technologie und Organisation. Die Resultate liefern der HSK die technischen Grundlagen für Inspektionen, die Beurteilung von Betriebsabläufen und der Notfallorganisation sowie der Methoden der Aus- und Weiterbildung in den Werken, und für die Beurteilung von Fragestellungen der Automation und der Ergonomie (HRA – Human Reliability Analysis, OECD Halden Reactor Project).

Zu den Aufgaben der HSK gehört auch die Aufsicht über den beruflichen Strahlenschutz sowie den Strahlenschutz in der Umgebung von Kernanlagen. Ebenso überwacht sie die Massnahmen zur Verhinderung von Unfällen mit radioaktiven Stoffen bzw. die Massnahmen zur Minimierung der damit verbundenen Auswirkungen. Entsprechend gross ist der Bedarf an Notfall- und Strahlenschutzforschung. Einerseits konzentrieren sich die Projekte auf dosimetrische Fragestellungen, wie die Entwicklung von Mess- und Auswertungsmethoden (Zusammenarbeit in der Dosimetrie), andererseits müssen radiochemische Analyseverfahren für die Bestimmung von Spezialnukliden in Umweltproben und für die Inkorporationsüberwachung entwickelt und optimiert werden (Zusammenarbeit in der Radioanalytik). Die Resultate der aeroradiometrischen Forschungsarbeiten ermöglichen die Weiterentwicklung der flächendeckenden Messverfahren aus der Luft und den Aufbau von Datenbanken (Aeroradiometrie 2). Schliesslich unterstützt die HSK auch längerfristige Forschungsprojekte im Bereich der Molekularbiologie, welche einen wichtigen Beitrag zum Grundlagenwissen im Strahlenschutz bzw. der biologischen Wirkungsweise ionisierender Strahlung liefert (Molekularbiologische Untersuchungen zur zellulären Radiosensitivität).

Die nukleare Sicherheit ist eine komplexe und grenzüberschreitende Aufgabe. Die Zusammenarbeit und der Erfahrungsaustausch auf internationaler Ebene sind deshalb für die HSK unerlässlich. Einerseits kann sie auf diese Weise ihre eigenen Tätigkeiten an internationalen Praktiken messen und wo sinnvoll weiterentwickeln, andererseits trägt sie dadurch zur Definition und Einführung von internationalen Standards bei.

Die HSK engagiert sich in den Entscheidungsgremien und Arbeitsgruppen der IAEA, insbesondere in der Kommission für Sicherheitsstandards (CSS – Commission on Safety Standards), und in den Komitees NUSSC (Nuclear Safety Standards Committee), RASSC (Radiation Safety Standards Committee), TRANSCC (Transport Safety Standards Advisory Committee) und WASSC (Waste Safety Standards Committee).

Bei der OECD/NEA ist die HSK in den Komitees CNRA (Committee on Nuclear Regulatory Activities), CSNI (Committee on the Safety of Nuclear Installations), CRPPH (Committee on Radiation Protection and Public Health) und RWMC (Radioactive Waste Management Committee) vertreten.

Weitere wichtige internationale Vereinigungen, an denen sich die HSK beteiligt, sind die WENRA (Western European Nuclear Regulators' Association), die NRWG der Europäischen Kommission (Nuclear Regulatory Working Group) und das NERS (Network of Regulators of Countries with small Nuclear Programmes).

Im Jahre 2002 wurden neben diesen institutionellen Kontakten auch die engen Arbeitsbeziehungen mit diversen ausländischen Aufsichtsbehörden gepflegt und neue bilaterale Unterstützungsprojekte mit Staaten in Mittel- und Osteuropa gestartet. Mitarbeiter der HSK nahmen zudem an zahlreichen internationalen Seminaren und Konferenzen teil und beteiligten sich an internationalen Vergleichsmessungen.

Mit der Ratifizierung des Übereinkommens über die nukleare Sicherheit (Convention on Nuclear Safety) im Jahre 1996 hat sich die Schweiz verpflichtet, die Unterzeichnerländer periodisch über die Umsetzung der nuklearen Sicherheit in der Schweiz zu informieren. Im April 2002 fand

die zweite Überprüfungs-konferenz statt, bei der rund 50 Länderberichte in 6 Ländergruppen diskutiert wurden. Der Beitrag der Schweiz erhielt eine gute Bewertung und wurde als sehr informativ gewürdigt.

Die Arbeiten für den ersten Länderbericht im Rahmen des Gemeinsamen Übereinkommens über die Sicherheit der Behandlung abgebrannter Brennelemente und radioaktiver Abfälle (Joint Convention on the safety of spent fuel management and of radioactive waste management) wurden von der HSK Ende 2002 aufgenommen. Die erste Überprüfungs-konferenz findet im Herbst 2003 statt.

Die Deutsch-Schweizerische Kommission für die Sicherheit kerntechnischer Anlagen (DSK) hielt im Oktober 2002 ihre 20. Hauptsitzung im schweizerischen Rheinfelden ab. Neben der Berichterstattung und der Anpassung der Mandate ihrer vier Arbeitsgruppen nahm die DSK den deutschen AkEnd-Bericht (Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte) zum Auswahlverfahren des Zürcher Weinlandes zur Kenntnis, verzichtete jedoch darauf, eine diesbezügliche Stellungnahme zu veröffentlichen (siehe auch Kapitel 10.2).

Im Juli 2002 hielt die Commission Franco-Suisse de Sûreté des Installations Nucléaires (CFS) ihre 13. Sitzung am Sitz der Direction Générale de la Sûreté Nucléaire et de la Radioprotection (DGSNR) in Paris ab. Die Delegationen tauschten Informationen über aktuelle technische und politische Entwicklungen im Kernenergiebereich aus.

Seit dem Zusammenbruch der ehemaligen Sowjetunion und der politischen Öffnung der Staaten Osteuropas und der GUS bemüht sich die internationale Gemeinschaft um die notwendigen Sicherheitsverbesserungen der Reaktoren russischer Bauweise und um die Unterstützung der staatlichen nuklearen Aufsichtsbehörden. Auch die HSK trägt im Rahmen ihrer Osthilfe mit verschiedenen Initiativen zur Erreichung dieses Ziels bei.

Die HSK hat im Jahr 2002 ihre fachliche Unterstützung zu Gunsten des Staatssekretariats für Wirtschaft (seco) ausgebaut, das für die Schweiz verschiedene nukleare Dossiers der



**Vorstellung des CENS anlässlich des offiziellen Besuchs von Bundesrat Kaspar Villiger in der Slowakei vom 15. bis 17. Dezember 2002.**  
**Von links: Oberst Thomas Mathys, Verteidigungsattaché in Wien; Rudolf Staub, Botschafter der Schweiz in der Slowakischen Republik; Lubos Tomik, Direktor des CENS, Sabyasachi Chakraborty, Präsident CENS (Mitarbeiter HSK), Bundesrat Kaspar Villiger.**

Foto: CENS

Europäischen Bank für Wiederaufbau und Entwicklung (EBRD) betreut. HSK-Experten beraten das seco in technischen Fragen zum Fonds für nukleare Sicherheit (NSA), zum Spezialfonds für Tschernobyl (CSF) und zu den Stilllegungsfonds für bestimmte osteuropäische Kernkraftwerke.

In der slowakischen Hauptstadt Bratislava wurde im September 2002 das Zentrum für Nukleare Sicherheit in Osteuropa und der GUS (CENS, <http://www.censee.org>) eröffnet. Das neue Kompetenzzentrum wird finanziell von der Direktion für Entwicklung und Zusammenarbeit (DEZA) unterstützt. Die HSK hat in der zweijährigen Planungs- und Vorbereitungsphase ihr Know-how eingebracht und war an der Konzeption wesentlich beteiligt. Das CENS ist ein regionales Zentrum zur Aus- und Weiterbildung von Mitarbeitenden der nuklearen Kontrollbehörden: In Workshops und Lehrgängen werden Expertinnen und Experten auf dem Gebiet der Sicherheitskontrolle geschult. Weiter unterstützt das CENS die nuklearen Aufsichtsbehörden in Osteuropa bei der Durchführung von Sicherheitsanalysen.

Mit dem im Jahre 2002 gestarteten Projekt SWISS-UKRAINE sollen die Fähigkeiten,

das Fachwissen und die Effektivität der ukrainischen nuklearen Aufsichtsbehörde verbessert werden. Die Arbeiten konzentrieren sich auf die Ausbildung des Personals und auf den Transfer von Erfahrungen im Bereich der wichtigsten Aufsichtstätigkeiten. Die Finanzierung des Projektes wird von der DEZA und der IAEA sichergestellt. Im November 2002 führte die HSK für die IAEA ein Seminar mit vier Mitarbeitern der ukrainische Behörde durch, um sie bei der Entwicklung einer Strahlenschutzverordnung für die ukrainischen Kernkraftwerke zu unterstützen.

Die dritte und letzte Phase des seit 1994 laufenden Projektes SWISRUS wurde Mitte 2002 in Angriff genommen. Anhand einer konkreten Sicherheitsanalyse für den russischen Druckwasserreaktor Novovoronezh-5 wurden Mitarbeiter der russischen Sicherheitsbehörde in der Handhabung moderner Analysewerkzeuge ausgebildet. SWISRUS III hat zum Ziel, probabilistische Sicherheitsanalysen für Stillstand und Teillast durchzuführen, ein behördliches Qualitätsmanagement aufzubauen und neue Richtlinien für die russischen Kernkraftwerke zu implementieren.

Im Jahr 2002 empfing die HSK im Rahmen des IAEA Fellowship Programms einen Mitarbeiter der slowakischen Sicherheitsbehörde sowie drei MitarbeiterInnen der Pakistanischen Aufsichtsbehörde. Zudem arbeitete eine indische Gastwissenschaftlerin während drei Monaten bei der HSK.

Die HSK war Gastgeberin eines internationalen Workshops zum Thema Regulatory Decision Making Processes, welcher im Oktober 2002 in Brienz stattfand. Der von der IAEA und OECD/NEA unterstützte dreitägige Workshop war den verschiedenen technischen und rechtlichen Schritten der Entscheidungsprozesse in der nuklearen Regulierung gewidmet.

Tabelle A1	Betriebsdaten der schweizerischen Kernkraftwerke 2002	78
Tabelle A2	Bestand an lizenziertem Personal und Gesamtbelegschaft in den Kernkraftwerken Ende 2002	78
Tabelle A3	Klassierte Vorkommnisse 2002	79
Tabelle A4a	Zusammenstellung der Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umgebung im Jahr 2002 und der daraus berechneten Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung	80
Tabelle A4b	Abgaben der schweizerischen Kernkraftwerke in den letzten fünf Jahren im Vergleich mit den Abgabelimiten	83
Tabelle A5a	Ganzkörperdosen des beruflich strahlenexponierten Personals durch äussere Bestrahlung 2002, Anzahl Personen und mittlere Jahresdosis, Kraftwerke	84
Tabelle A5b	Ganzkörperdosen des beruflich strahlenexponierten Personals durch äussere Bestrahlung 2002, Anzahl Personen und mittlere Jahresdosis, Kernanlagen und Forschung	85
Tabelle A6a	Ganzkörperdosen des beruflich strahlenexponierten Personals durch äussere Bestrahlung 2002, Jahreskollektivdosen in Personen-mSv, Kraftwerke	86
Tabelle A6b	Ganzkörperdosen des beruflich strahlenexponierten Personals durch äussere Bestrahlung 2002, Jahreskollektivdosen in Personen-mSv, Kernanlagen und Forschung	87
Tabelle A7	Ganzkörperdosen des beruflich strahlenexponierten Personals durch äussere Bestrahlung 2002, Anzahl Personen nach Alter und Geschlecht, Kernanlagen und Forschung, Eigen- und Fremdpersonal	88
Tabelle A8	Verteilung der Extremitätendosen 2002, Kernanlagen und Forschung	89
Tabelle A9	Inkorporationen und deren Folgedosis $E_{50}$ des strahlenexponierten Personals 2002, Kernanlagen und Forschung	90
Tabelle A10a	Verteilung der Lebensalterdosen des beruflich strahlenexponierten Eigenpersonals 2002, Kernanlagen und Forschung	91
Tabelle A10b	Altersverteilung der Lebensalterdosen des beruflich strahlenexponierten Eigenpersonals 2002, Kernanlagen und Forschung	91
Tabelle A11a	Radioaktive Abfälle in den Kernkraftwerken und im PSI	92
Tabelle A11b	Radioaktive Abfälle im Zentralen Zwischenlager der ZWILAG	92
Figur A1	Zeitverfügbarkeit und Arbeitsausnutzung 1993–2002	93
Figur A2	Meldepflichtige, klassierte Vorkommnisse 1993–2002	94
Figur A3	Ungeplante Reaktorschnellabschaltungen (Scrams), 1993–2002	95
Figur A3a	Ursachen der klassierten Vorkommnisse der Kernkraftwerke pro Jahr, 1993–2002	96
Figur A3b	Ursachen ungeplanter Reaktorschnellabschaltungen pro Jahr, 1993–2002	96
Figur A4	Brennstabschäden (Anzahl Stäbe), 1992–2002	97
Figur A5	Jahreskollektivdosen (Personen-Sv/Jahr) der Kraftwerke, 1982–2002	98
Figur A6	Jahreskollektivdosen (Personen-Sv/Jahr) der Kernanlagen, 1970–2002	99
Figur A7	Mittlere Jahresindividualdosen (mSv) der Kraftwerke, 1982–2002	100
Figur A8	Personen mit einer beruflichen Lebensdosis >200 mSv, Kraftwerke, 1982–2002	101
Figur A9	Berechnete Dosen für die meistbetroffenen Personen (Erwachsene) in der Umgebung der schweizerischen KKW	102
Figur A10	Ortsdosisleistung der MADUK-Sonden im Jahre 2002	103

**Tabelle A1**

Betriebsdaten der schweizerischen Kernkraftwerke 2002

	KKB 1	KKB 2	KKM	KKG	KKL
Thermisch erzeugte Energie [GWh]	9029	9380	8728	24 400	28 442
Abgegebene elektrische Nettoenergie [GWh]	2909	3012	2828	7991	9174
Abgegebene thermische Energie [GWh]	130,4	4,5	1,43	163	0
Zeitverfügbarkeit <sup>1</sup> [%]	91,6	95,0	94,7	93,1	94,2
Nichtverfügbarkeit durch Jahresrevision [%]	8,4	4,8	5,3	5,6	4,6
Arbeitsausnutzung <sup>2</sup> [%]	91,1	94,3	90,7	93,1	91,7
Anzahl ungeplanter Schnellabschaltungen (Scrams)	0	0	0	0	2
Andere ungeplante Abschaltungen	0	1	0	1	0
Störungsbedingte Leistungsreduktionen (>10% P <sub>N</sub> )	1	0	2	0	3

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

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

**Tabelle A2**

Bestand an lizenziertem Personal und Gesamtbelegschaft in den Kernkraftwerken Ende 2002.  
In Klammern Werte von 2001

Funktion	KKB 1+2	KKM	KKG	KKL
B-Operateur	14 (11)	8 (12)	4 (8)	5 (6)
A-Operateur	14 (15)	9 (7)	19 (18)	10 (11)
Schichtchef und Stellvertreter	28 (31)	11 (11)	21 (20)	21 (21)
Pikett- und Betriebsingenieur	9 (11)	7 (9)	13 (12)	12 (10)
Strahlenschutzfachkraft	5 (4)	4 (5)	7 (7)	9 (9)
Strahlenschutztechniker	5 (5)	6 (6)	3 (3)	5 (4)
Gesamtbelegschaft (Personen)	481 (475)	295 (294)	381 (376)	395 (386)

**Tabelle A3**

Klassierte Vorkommnisse 2002

Datum	Anlage	Vorkommnis	Einstufung INES
13.2.2002	KKM	Nichtstarten eines Kernsprühsystems beim Funktionstest	0
25.2.2002	KKL	Missachtung von Betriebsvorschriften	0
16.4.2002	KKM	Nichtstarten eines Notstanddieselgenerators beim Funktionstest	0
23.4.2002	KKL	Reaktorschnellabschaltung infolge eines defekten Überspannungsableiters in der 420-kV-Schaltanlage	0
1.5.2002	KKB1	Nichtverfügbarkeit der Notstandrezirkulation wegen geschlossener Handarmatur	0
26.6.2002	KKL	Reaktorschnellabschaltung bei der Wiedereinschaltung einer elektrischen Schiene nach Funktionstest	0
9.8.2002	KKL	Brennelementschaden mit Auswaschung von Brennstoff ins Reaktorwasser	0
13.9.2002	KKL	Nichtbilanzierte Abgabe radioaktiver Stoffe aus der Aktivwerkstatt	0
7.10.2002	KKL	Startversagen einer Grundwasserpumpe im Notstandsystem bei einem Funktionstest	0
5.12.2002	KKB2	Nichtstarten einer primären Nebenkühlwasserpumpe beim Probelauf	0
9.12.2002	PSI	Fehlerhafte Stellung eines Sicherheitsstabpaares im Proteus	0



**Tabelle A4a**

Zusammenstellung der Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umgebung im Jahr 2002 und der daraus berechneten Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung (Fussnoten am Ende der Tabelle)

Anlage	Medium	Art der Abgaben <sup>4</sup>	Abgabelimiten <sup>1</sup> Bq/Jahr	Tatsächliche Abgaben <sup>2, 4</sup> Äquivalentabgaben (Vergleich mit den Limiten)			Berechnete Jahresdosis <sup>3</sup>	
				Bq/Jahr	Prozent der Limite	Bq/Jahr	Erwachsener mSv/Jahr	Kleinkind mSv/Jahr
<b>KKB1 + KKB2</b>	Abwasser (4070 m <sup>3</sup> )	Nuklidgemisch (ohne Tritium)	4·10 <sup>11</sup>	8,4·10 <sup>8</sup>	0,2%	2,4·10 <sup>10</sup>	<0,001	<0,001
		Tritium	7·10 <sup>13</sup>	9,9·10 <sup>12</sup>	14%	9,9·10 <sup>12</sup>	<0,001	<0,001
	Abluft	Edelgase	1·10 <sup>15</sup>	4,1·10 <sup>12</sup>	0,4%	3,6·10 <sup>12</sup>	<0,001	<0,001
		Aerosole	6·10 <sup>9</sup>	–	<0,1%	8,9·10 <sup>5</sup>	<0,001	<0,001
		<sup>131</sup> I Kohlenstoff (CO <sub>2</sub> ): <sup>14</sup> C	4·10 <sup>9</sup> –	8,8·10 <sup>6</sup> –	0,2% –	8,8·10 <sup>6</sup> 4,0·10 <sup>10</sup>	<0,001 0,0012	<0,001 0,0020
Gesamtdosis						0,0013	0,0022	
<b>KKM</b>	Abwasser (6604 m <sup>3</sup> )	Nuklidgemisch (ohne Tritium)	4·10 <sup>11</sup>	1,0·10 <sup>9</sup>	0,3%	6,9·10 <sup>9</sup>	<0,001	<0,001
		Tritium	2·10 <sup>13</sup>	2,4·10 <sup>11</sup>	1,2%	2,4·10 <sup>11</sup>	<0,001	<0,001
	Abluft	Edelgase	2·10 <sup>15</sup>	3,1·10 <sup>12</sup>	0,2%	6,2·10 <sup>12</sup>	<0,001	<0,001
		Aerosole	2·10 <sup>10</sup>	–	<0,1%	1,1·10 <sup>7</sup>	0,0051	0,0043
		<sup>131</sup> I Kohlenstoff (CO <sub>2</sub> ): <sup>14</sup> C	2·10 <sup>10</sup> –	7,9·10 <sup>7</sup> –	0,4% –	7,9·10 <sup>7</sup> 2·10 <sup>11</sup>	<0,001 <0,001	<0,001 0,0012
Gesamtdosis						0,0058	0,0055	
<b>KKG</b>	Abwasser (7683 m <sup>3</sup> )	Nuklidgemisch (ohne Tritium)	2·10 <sup>11</sup>	–	<0,1%	1,7·10 <sup>7</sup>	<0,001	<0,001
		Tritium	7·10 <sup>13</sup>	1,4·10 <sup>13</sup>	20%	1,4·10 <sup>13</sup>	<0,001	<0,001
	Abluft	Edelgase	1·10 <sup>15</sup>	<6,0·10 <sup>12</sup>	0,6%	<5,4·10 <sup>12</sup>	<0,001	<0,001
		Aerosole	1·10 <sup>10</sup>	–	<0,1%	1,5·10 <sup>5</sup>	<0,001	<0,001
		<sup>131</sup> I Kohlenstoff (CO <sub>2</sub> ): <sup>14</sup> C	7·10 <sup>9</sup> –	– –	<0,1% –	– 4,0·10 <sup>11</sup>	<0,001 0,0028	<0,001 0,0047
Gesamtdosis						0,0029	0,0048	
<b>KKL</b>	Abwasser (13973 m <sup>3</sup> )	Nuklidgemisch (ohne Tritium)	4·10 <sup>11</sup>	–	<0,1%	2,0·10 <sup>8</sup>	<0,001	<0,001
		Tritium	2·10 <sup>13</sup>	1,6·10 <sup>12</sup>	8,0%	1,6·10 <sup>12</sup>	<0,001	<0,001
	Abluft	Edelgase	2·10 <sup>15</sup>	3,7·10 <sup>12</sup>	0,2%	8,5·10 <sup>12</sup>	<0,001	<0,001
		Aerosole	2·10 <sup>10</sup>	–	<0,1%	7,6·10 <sup>7</sup>	<0,001	<0,001
		<sup>131</sup> I Kohlenstoff (CO <sub>2</sub> ): <sup>14</sup> C	2·10 <sup>10</sup> –	9,5·10 <sup>8</sup> –	4,5% –	9,0·10 <sup>8</sup> 7,5·10 <sup>11</sup>	<0,001 0,0040	<0,001 0,0068
Gesamtdosis						0,0043	0,0076	

**Tabelle A4a** (Fortsetzung)

Zusammenstellung der Abgaben des Paul Scherrer Instituts im Jahr 2002 und der daraus berechneten Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung

	Hochkamin (PSI Ost)	Verbrennungs- anlage (PSI Ost)	Saphir, Proteus (PSI Ost)	C-Labor, Labor für radioaktive Abfälle Ost	Bundes- zwischen- lager	Zentrale Fortluft- anlage (PSI West)	Injektor I (PSI West)	Injektor II (PSI West)	C-Labor (PSI West)	Abwasser PSI (2314 m <sup>3</sup> )	Gesamt- anlage des PSI	
<b>Abgaben im Abwasser</b> <sup>2, 4</sup> [Bq] Nuklidgemisch ohne Tritium Tritium	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	4,2·10 <sup>7</sup> 2,7·10 <sup>11</sup>	4,2·10 <sup>7</sup> 2,7·10 <sup>11</sup>	
<b>Abgaben über die Abluft</b> <sup>2, 4</sup> [Bq] Edelgase und andere Gase β/γ-Aerosole (ohne Iod, Halbwertszeit >8 Std.) α-Aerosole Iod ( <sup>131</sup> I-aq.) Tritium (tritiertes Wasser, HTO) Kohlenstoff (CO <sub>2</sub> ); <sup>14</sup> C	4,7·10 <sup>11</sup> 7,1·10 <sup>4</sup> - 1,7·10 <sup>8</sup> 1,3·10 <sup>11</sup> -	- 1,7·10 <sup>8</sup> 4,9·10 <sup>6</sup> 2,0·10 <sup>7</sup> 8,1·10 <sup>10</sup> -	- 6,2·10 <sup>3</sup> - - 1,7·10 <sup>10</sup> -	- - - 1,1·10 <sup>5</sup> 7,6·10 <sup>11</sup> -	- - - - 6,7·10 <sup>8</sup> -	1,1·10 <sup>14</sup> 6,3·10 <sup>9</sup> - 2,0·10 <sup>7</sup> 6,8·10 <sup>11</sup> -	8,1·10 <sup>9</sup> 1,3·10 <sup>4</sup> - - - -	9,2·10 <sup>10</sup> 2,3·10 <sup>6</sup> - - - -	- - - - - -	- - - - - -	- - - - - -	1,1·10 <sup>14</sup> 6,5·10 <sup>9</sup> 4,9·10 <sup>6</sup> 2,1·10 <sup>8</sup> 1,7·10 <sup>12</sup> -
<b>Jahresdosis</b> <sup>3</sup> [mSv/Jahr] für: Erwachsene Kleinkinder	<0,00015 <0,00015	0,0004 0,0008	<0,00015 <0,00015	0,0002 0,0002	<0,00015 <0,00015	0,0036 0,0036	<0,00015 <0,00015	<0,00015 <0,00015	<0,00015 <0,00015	<0,00015 <0,00015	<b>&lt;0,0055</b> <b>&lt;0,0055</b>	
<b>Anteil am quellenbezogenen Dosisrichtwert</b> <sup>1</sup>	<0,1 %	0,5 %	<0,1 %	0,1 %	<0,1 %	2,4 %	<0,1 %	<0,1 %	<0,1 %	<0,1 %	<b>&lt;4 %</b>	

**Tabelle A4a** (Fussnoten)

<sup>1</sup> **Abgabelimiten** gemäss Bewilligung der jeweiligen Kernanlage. Die Abgabelimiten wurden für die Kernkraftwerke so festgelegt, dass die Jahresdosis für Personen in der Umgebung (vgl. Fussnote 3) unter 0,2 mSv/Jahr bleibt. Für das Paul Scherrer Institut (PSI) sind die Abgaben gemäss Bewilligung 6/2000 direkt über den quellenbezogenen Dosisrichtwert von 0,15 mSv/Jahr limitiert.

<sup>2</sup> 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.

<sup>3</sup> Die **Jahresdosis** ist für Personen berechnet, die sich dauernd am kritischen Ort aufhalten, ihre gesamte Nahrung von diesem Ort beziehen und ihren gesamten Trinkwasserbedarf aus dem Fluss unterhalb der Anlage decken. Die Dosis wird mit den in der HSK-Richtlinie R-41 angegebenen Modellen und Parametern ermittelt.

Dosiswerte kleiner als 0,001 mSv – entsprechend einer Dosis, die durch natürliche externe Strahlung in etwa zehn Stunden akkumuliert wird – werden in der Regel nicht angegeben. Beim PSI wird die Jahresdosis der Gesamtanlage als Summe über die Abgabestellen gebildet.

<sup>4</sup> Bei der **Art der Abgaben** resp. den **Tatsächlichen Abgaben** ist Folgendes zu präzisieren:

**Abwasser:** Die Radioaktivität ist beim Vergleich mit den Abgabelimiten in Bq/Jahr normiert auf einen Referenz-LE-Wert von 200 Bq/kg angegeben. Die LE-Werte für die einzelnen Nuklide sind dem Anhang 3 der Strahlenschutzverordnung (StSV) entnommen. Ein LE-Wert von 200 Bq/kg entspricht einem Referenz-Nuklid mit einem Ingestionsdosisfaktor von  $5 \cdot 10^{-8}$  Sv/Bq. Die unnormierte Summe der Abwasserabgaben ist in einer weiteren Spalte angegeben.

**Edelgase:** Die Radioaktivität ist beim Vergleich mit den Abgabelimiten in Bq/Jahr normiert auf einen Referenz-CA-Wert von  $2 \cdot 10^5$  Bq/m<sup>3</sup> angegeben. Die CA-Werte für die Edelgasnuklide sind dem Anhang 3 der Strahlenschutzverordnung (StSV) entnommen. Ein CA-Wert von  $2 \cdot 10^5$  Bq/m<sup>3</sup> entspricht einem Referenz-Nuklid mit einem Im-

mersions-Dosisfaktor von  $4,4 \cdot 10^{-7}$  (Sv/Jahr)/(Bq/m<sup>3</sup>). Die unnormierte Summe der Edelgasabgaben ist in einer weiteren Spalte angegeben.

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

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

**Aerosole:** Hier ist in jedem Fall die Summe der Radioaktivität ohne Normierung auf einen Referenzwert angegeben.

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

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

**Iod:** Bei den Kernkraftwerken ist die Abgabe von <sup>131</sup>I limitiert; somit ist bei den tatsächlichen Abgaben auch nur dieses Iod-Isotop angegeben. Beim PSI, bei dem andere Iod-Isotope in signifikanten Mengen abgegeben werden, ist die Abgabe als <sup>131</sup>I-Äquivalent durch gewichtete Summation der Aktivität der gemessenen Iod-Nuklide angegeben, wobei sich der Gewichtungsfaktor aus dem Verhältnis des Ingestionsdosisfaktors des jeweiligen Nuklides zum Ingestionsdosisfaktor von <sup>131</sup>I ergibt. Die Ingestionsdosisfaktoren sind der StSV entnommen. Für die Berechnung der Jahresdosis werden hingegen immer sämtliche verfügbaren Iod-Messungen verwendet, d.h. es ist beispielsweise für KKB auch der Beitrag von <sup>133</sup>I berücksichtigt.

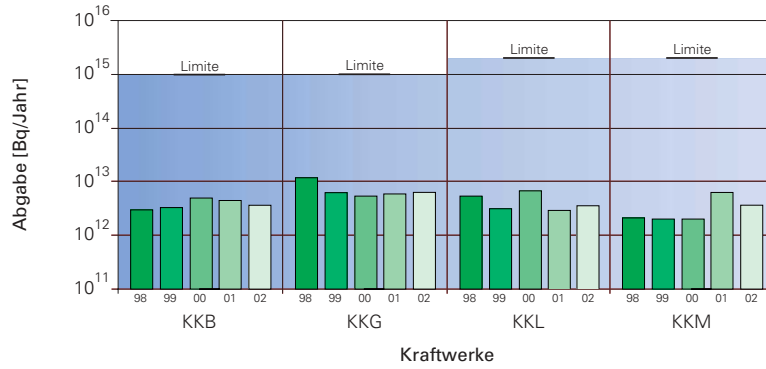
**Kohlenstoff-14:** In den Tabellen ist der als Kohlendioxid vorliegende Anteil des <sup>14</sup>C, der für die Dosis relevant ist, angegeben. Die für <sup>14</sup>C angegebenen Werte basieren beim KKG und KKL auf aktuellen Messungen, beim KKB und KKM auf Literaturangaben und in früheren Jahren durchgeführten Messungen.

**Tabelle A4b**

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

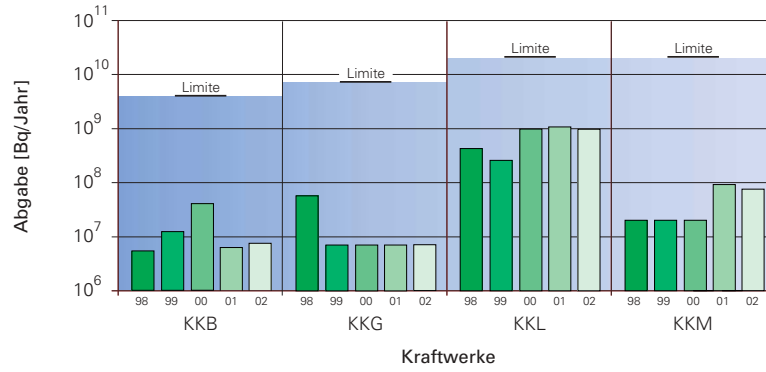
**Abluft**

Edelgase



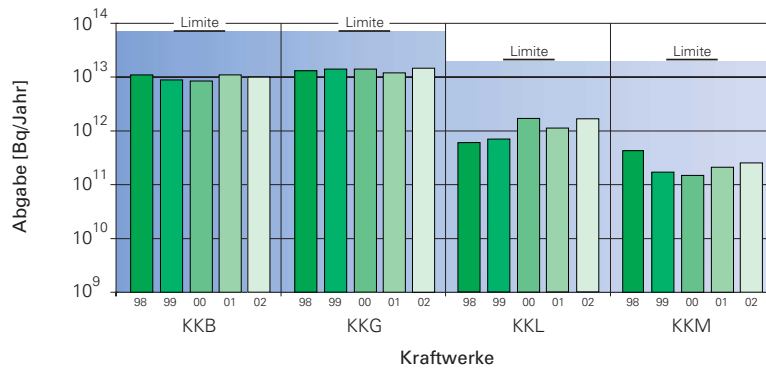
**Abluft**

Jod



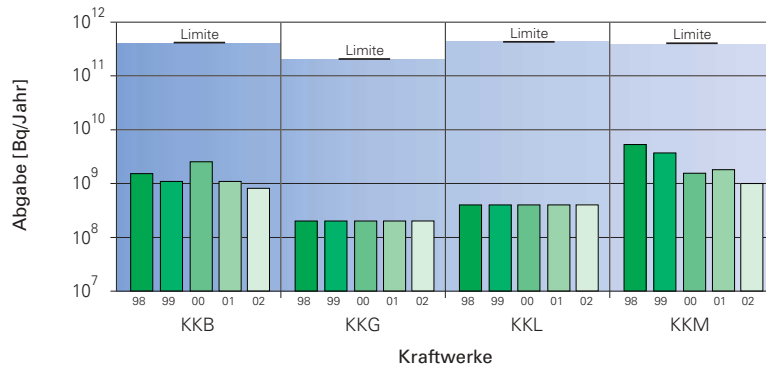
**Abwasser**

Tritium im Wasser



**Abwasser**

übrige flüssige Abgaben





## Tabella A5b

Ganzkörperdosen des beruflich strahlenexponierten Personals durch äussere Bestrahlung 2002, Anzahl Personen und mittlere Jahresdosis, Kernanlagen und Forschung

Dosisverteilung [mSv]	PSJ <sup>3</sup>	Universität	Total Forschung <sup>1</sup>	ZZL	Total KKW E + F	Total Kernanlagen und Forschung <sup>2</sup>
0,0–1,0	1105	14	1120	91	2408	3503
>1,0–2,0	28		28		326	352
>2,0–5,0	18		18		331	351
>5,0–10,0	5		5		101	106
>10,0–15,0					16	16
>15,0–20,0						
>20,0–50,0						
>50,0						
Total Personen	1156	14	1171	91	3182	4328
Mittel pro Person [mSv]	0,2	0,0	0,2	0,1	0,9	0,7

<sup>1</sup> Diese Spalte enthält eine Person, 0,9 mSv Jahresdosis der Versuchsanlage Lucens.

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

<sup>3</sup> Diese Zusammenstellung umfasst das gesamte beruflich strahlenexponierte Personal des PSI.

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

## Tabelle A6a

Ganzkörperdosen des beruflich strahlenexponierten Personals durch äussere Bestrahlung 2002, Jahreskollektivdosen in Personen-mSv, Kraftwerke

Dosisverteilung [mSv]	KKB 1 + 2		KKG		KKL		KKM		Total KKW <sup>1</sup>					
	E	F	E	F	E	F	E	F	E	F				
0,0–1,0	63,2	61,3	124,5	41,8	54,9	96,7	152,2	51,5	100,7	111,4	148,8	193,9	298,8	492,7
>1,0–2,0	65,2	71,6	136,8	30,6	51,0	81,6	118,8	67,5	51,3	103,6	162,1	221,8	260,0	481,8
>2,0–5,0	120,8	116,6	237,4	99,0	200,6	299,6	157,2	106,6	50,6	163,7	340,5	503,2	534,6	1037,8
>5,0–10,0	47,6	26,0	73,6	180,6	161,0	341,6				44,1	250,0	434,1	273,4	707,5
>10,0–15,0	23,0		23,0	52,0	59,9	111,9				10,4	43,1	107,7	70,3	178,0
>15,0–20,0														
>20,0–50,0														
>50,0														
Total [Personen-mSv]	319,8	275,5	595,3	404,0	527,4	931,4	225,6	202,6	511,3	433,2	944,5	1460,7	1437,1	2897,8
Höchste Einzeldosis [mSv]	11,7	7,7	11,7	10,5	12,7	12,7	4,6	4,6	11,2	10,4	11,2	11,7	13,0	13,0

<sup>1</sup> 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 2002, Jahreskollektivdosen in Personen-mSv, Kernanlagen und Forschung

Dosisverteilung [mSv]	PSJ <sup>3</sup>	Universitäten	Total Forschung <sup>1</sup>	ZZL	Total KKW E + F	Total Kernanlagen und Forschung <sup>2</sup>
0,0–1,0	50,3	0,0	51,2	8,1	492,7	545,4
>1,0–2,0	43,9		43,9		481,8	522,4
>2,0–5,0	55,1		55,1		1037,8	1099,4
>5,0–10,0	30,3		30,3		707,5	737,8
>10,0–15,0					178,0	178,0
>15,0–20,0						
>20,0–50,0						
>50,0						
Total [Pers.-mSv]	179,6	0,0	180,5	8,1	2897,8	3083,0
Höchste Einzeldosis [mSv]	6,5	0,0	6,5	0,9	13,0	13,0

<sup>1</sup> Diese Spalte enthält eine Person, 0,9 mSv Jahresdosis der Versuchsanlage Lucens.

<sup>2</sup> 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.

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



**Tabelle A7**

Ganzkörperdosen des beruflich strahlenexponierten Personals durch äussere Bestrahlung 2002, Anzahl Personen nach Alter und Geschlecht, Kernanlagen und Forschung, Eigen- und Fremdpersonal

Dosisverteilung [mSv]	16-18 Jahre		19-20 Jahre		21-30 Jahre		31-40 Jahre		41-50 Jahre		51-60 Jahre		> 60 Jahre		Total
	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	
0,0-1,0	15		48	4	446	49	837	56	922	45	835	26	202	3	3503
>1,0-2,0			5		35	1	99	1	110	1	92		8		352
>2,0-5,0	1		2		45	1	87		115		91	2	7		351
>5,0-10,0					9		33		32	1	26		5		106
>10,0-15,0					2		5		3		5		1		16
>15,0-20,0															
>20,0-50,0															
>50,0															
Total Personen	16		55	4	537	51	1061	57	1182	47	1049	28	223	3	4328
Mittel pro Person [mSv]	0,23		0,34	0,05	0,64	0,14	0,79	0,08	0,79	0,24	0,76	0,23	0,49	0,00	0,71
Kollektivdosis [Personen-mSv]	3,7		18,7	0,2	341,3	7,1	841,6	4,5	939,1	11,5	799,2	6,5	108,7	0,0	3083,0

M = Männer, F = Frauen

## Tabella A8

Verteilung der Extremitätendosen 2002, Kernanlagen und Forschung

Dosisverteilung [mSv]	KKB 1 + 2		KKG		KKL		KKM		Total KKW		PSI	ZZL		Summe Kern- anlagen + PSI E + F				
	E	F	E	F	E	F	E	F	E	F		E	F					
0-25	8	1	7	3	10	6	1	5	6	12	22	15	37	119	0	0	0	156
>25-50			1	4	5			1	1	2	2	5	7	2				9
>50-75								1	1	1	1	1	1	1				2
>75-100				1	1						1	1	1					1
>100-150																		
>150-200																		
>200-250																		
>250-300																		
>300-350																		
>350-400																		
>400-450																		
>450-500																		
>500																		
Total Personen	8	1	8	8	16	6	1	5	6	15	25	21	46	122	0	0	0	168

E = Eigenpersonal, F = Fremdpersonal

**Tabelle A9**

Inkorporationen und deren Folgedosis  $E_{50}$  des strahlenexponierten Personals 2002, Kernanlagen und Forschung

Folgedosis $E_{50}$ Dosisverteilung [mSv]	KKB 1 + 2		KKG		KKL		KKM		Total KKW		PSI	ZZL		Summe Kern- anlagen + PSI E + F						
	E	F	E	F	E	F	E	F	E	F		E	F		E	F				
<=1,0	311	455	766	300	518	818	348	682	1030	267	621	888	1226	2276	3502	360	29	71	100	3962
>1,0–2,0																				
>2,0–5,0																				
>5,0–10,0																				
>10,0–15,0																				
>15,0–20,0																				
>20,0–50,0																				
>50,0																				
Total Personen	311	455	766	300	518	818	348	682	1030	267	621	888	1226	2276	3502	360	29	71	100	3962

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 Eigenpersonals<sup>1</sup> 2002, Kernanlagen und Forschung

Dosisverteilung [mSv]	KKB 1+2	KKG	KKL	KKM	KKW Total	PSI	ZZL	Kernanlagen + PSI Total
>100–150	34	15	11	23	83	13	27	123
>150–200	26	15	6	17	64	4		68
>200–250	15	5	2	14	36	4	1	41
>250–300	11	3		7	21	1	1	23
>300–350	9	1		3	13	1		14
>350–400	6			4	10			10
>400–450	3			2	5			5
>450–500	3			5	8			8
>500–550	1			4	5			5
>550–600	1				1			1
>600	1				1			1
Total Personen	110	39	19	79	247	23	29	299

<sup>1</sup> inklusive Personal, das 2002 ausgetreten ist.

**Tabelle A10b**

Altersverteilung der Lebensalterdosen des beruflich strahlenexponierten Eigenpersonals<sup>1</sup> 2002, Kernanlagen und Forschung

Dosisverteilung [mSv]	21–30 Jahre	31–40 Jahre	41–50 Jahre	51–60 Jahre	> 60 Jahre	Kernanlagen + PSI Total
>100–150	1	17	44	49	12	123
>150–200		2	13	46	7	68
>200–250			7	27	7	41
>250–300		1	2	15	5	23
>300–350			1	12	1	14
>350–400			1	6	3	10
>400–450				3	2	5
>450–500				6	2	8
>500–550				4	1	5
>550–600			1			1
>600					1	1
Total Personen	1	20	69	168	41	299

<sup>1</sup> inklusive Personal, das 2002 ausgetreten ist.

**Tabelle A11a**

Radioaktive Abfälle in den Kernkraftwerken und im PSI  
(inklusive Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung). Volumen gerundet in m<sup>3</sup>

	unkonditioniert <sup>1</sup>		Produktion <sup>5</sup>	konditioniert <sup>2</sup>	
	Anfall <sup>3</sup>	Bestand <sup>4</sup>		Auslagerung	Bestand <sup>6</sup>
PSI	160	624	24	–	947 <sup>7</sup>
KKB	32	186	3	–	1054
KKM	65	102	155 <sup>8</sup>	–	916
KKG	21	40	17	–	332
KKL	80	49	45	–	1378
Total	358	1001	244	–	4627

<sup>1</sup> Unkonditionierte Abfälle umfassen Instandhaltungsabfälle und Prozessabfälle.

<sup>2</sup> Bei der Konditionierung brennbarer und pressbarer Abfälle findet eine Volumenreduktion statt.

<sup>3</sup> Bruttovolumen im Berichtsjahr 2002 (abgeleitet aus der Anzahl Rohabfallfässer, ausser für KKM: Nettovolumen des Rohabfalls).

<sup>4</sup> Bruttovolumen in den Kernanlagen Ende 2002 (abgeleitet aus der Anzahl Rohabfallfässer, ausser für KKM: Nettovolumen des Rohabfalls).

<sup>5</sup> Bruttovolumen im Berichtsjahr 2002 (für KKB wurden die exakten Gebindevolumina berücksichtigt).

<sup>6</sup> Bruttovolumen in den Lagern der Kernanlagen Ende 2002 (für KKB wurden die exakten Gebindevolumina berücksichtigt).

<sup>7</sup> Eine Differenz zum vorgängigen Jahresbericht ergibt sich aus der Vervollständigung der elektronischen Abfallbuchhaltung während des Jahres 2002 im PSI.

<sup>8</sup> Davon konditionierte Abfälle aus früheren Betriebsperioden: 127 m<sup>3</sup>

**Tabelle A11b**

Radioaktive Abfälle im Zentralen Zwischenlager der ZWILAG

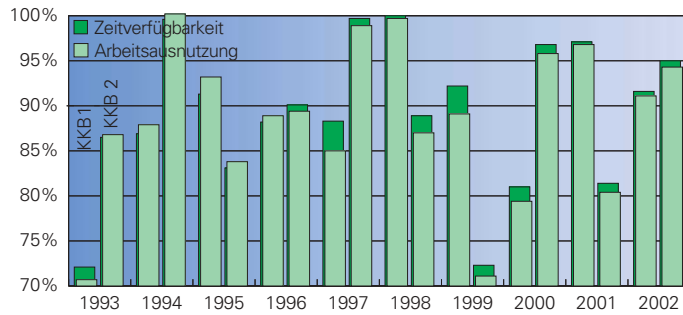
Lager	Einlagerung	Bestand
MAA-Lager (m <sup>3</sup> )	–	29
Empfangsgebäude (m <sup>3</sup> )	8	8 <sup>1</sup>
HAA-Lager – Anzahl Behälter mit Brennelementen	5	7
HAA-Lager – Anzahl Behälter mit Glaskokillen	2	3

<sup>1</sup> 38 Gebinde mit leicht angereichertem uranhaltigem Material aus dem Versuchatomkraftwerk Lucens.

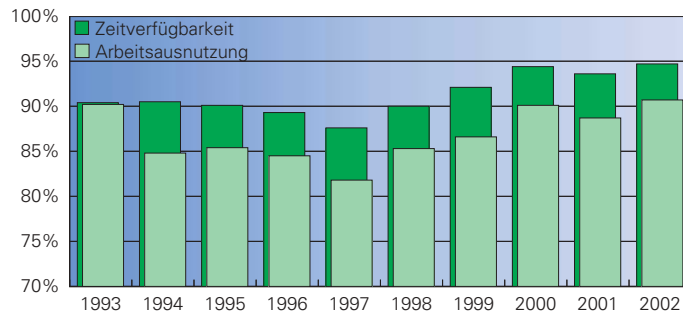
**Figur A1**

Zeitverfügbarkeit und Arbeitsausnutzung 1993–2002

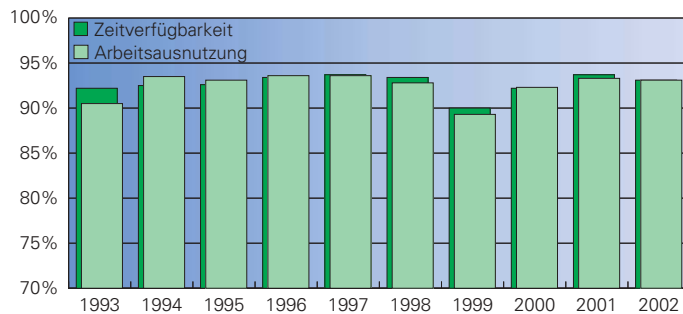
**KKB 1, 2**



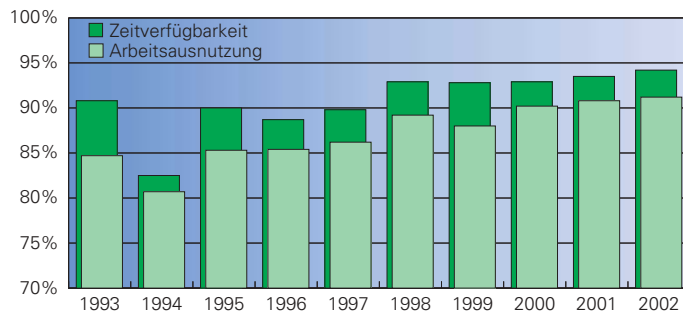
**KKM**



**KKG**

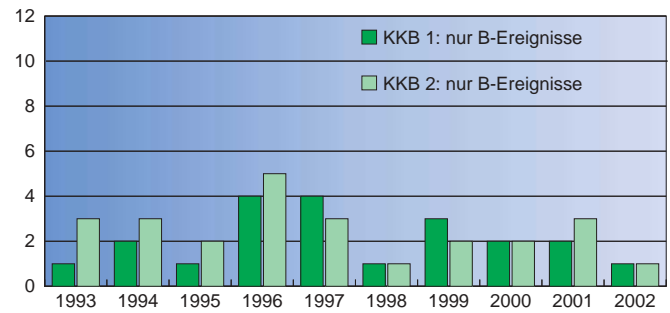
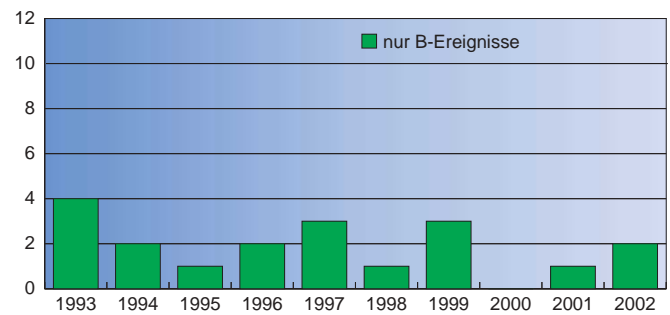
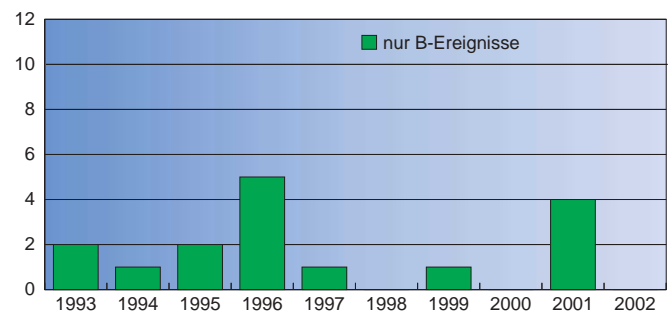
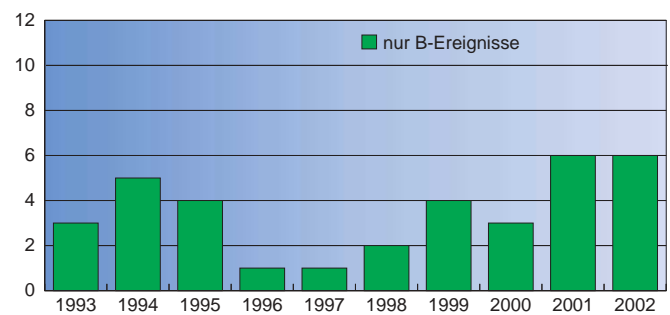


**KKL**



**Figur A2**

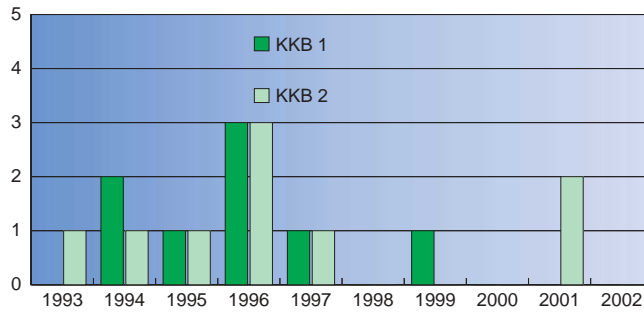
Meldepflichtige, klassierte Vorkommnisse 1993–2002

**KKB 1, 2****KKM****KKG****KKL**

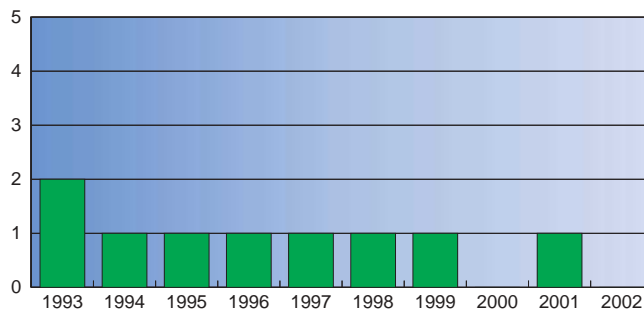
**Figur A3**

Ungeplante Reaktorschnellabschaltungen (Scrams), 1993–2002

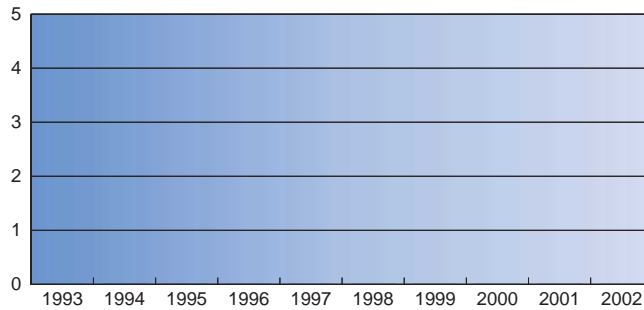
**KKB 1, 2**



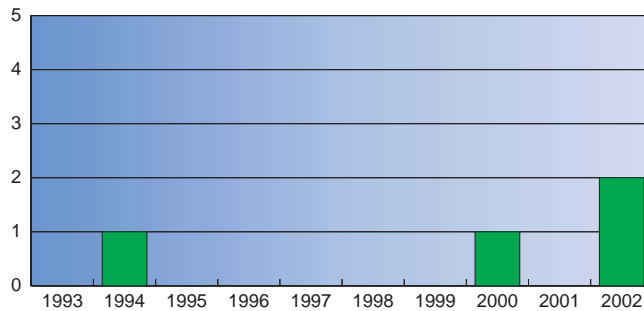
**KKM**



**KKG**



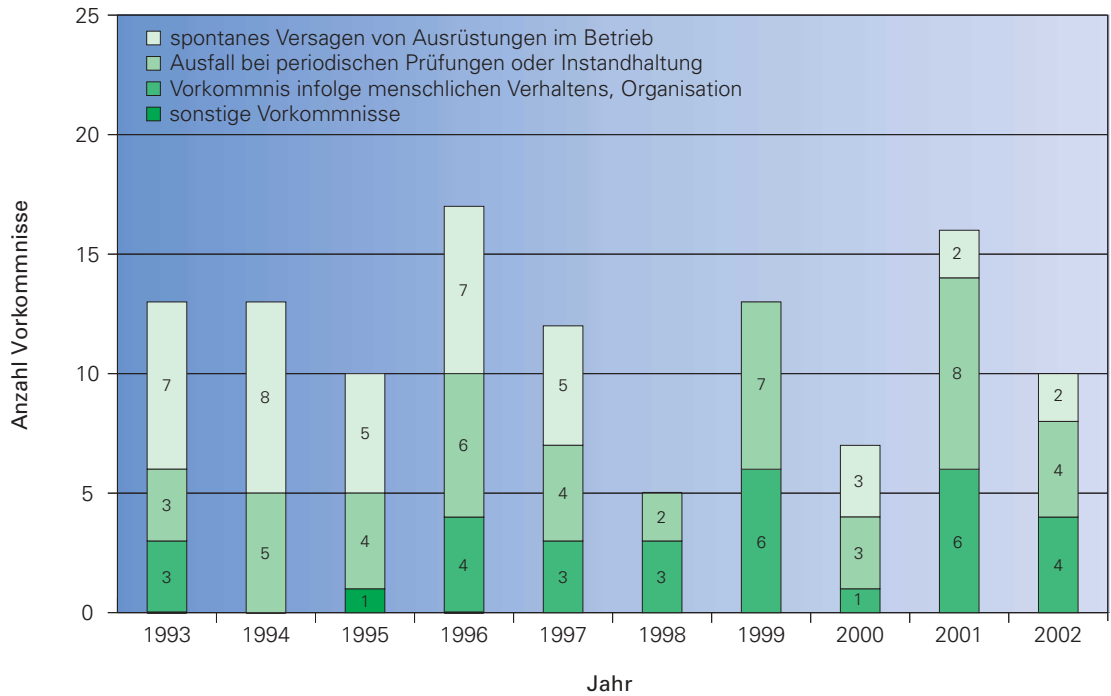
**KKL**





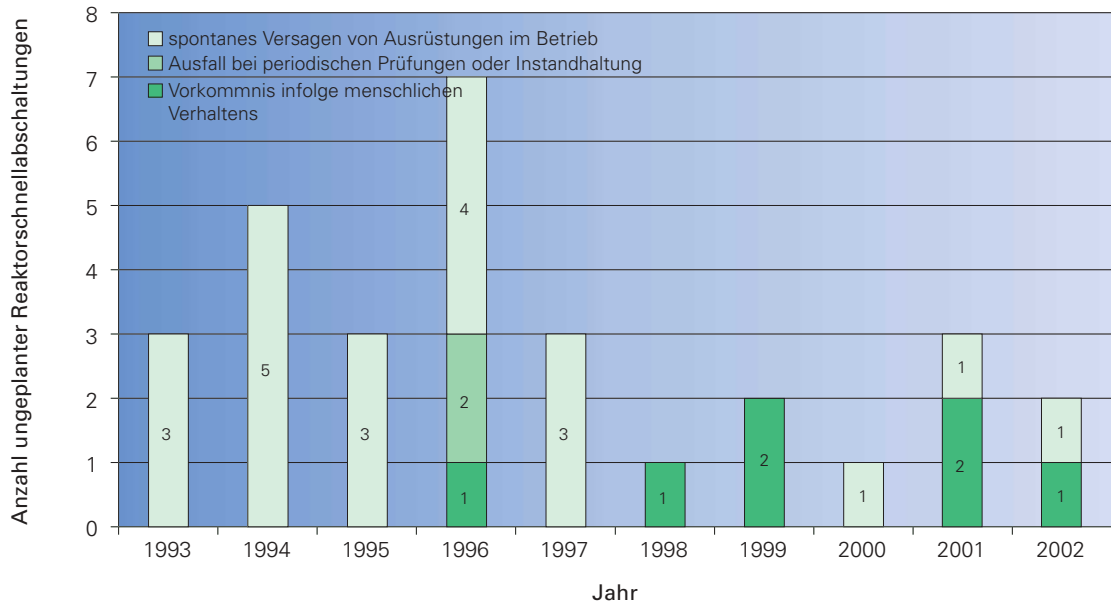
**Figur A3a**

Ursachen der klassierten Vorkommnisse der Kernkraftwerke pro Jahr, 1993–2002



**Figur A3b**

Ursachen ungeplanter Reaktorschnellabschaltungen pro Jahr, 1993–2002

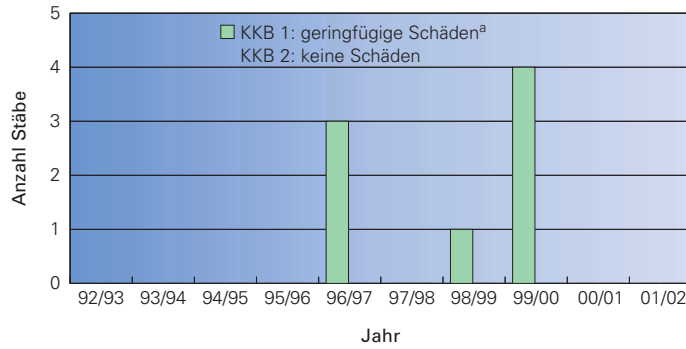


**Figur A4**

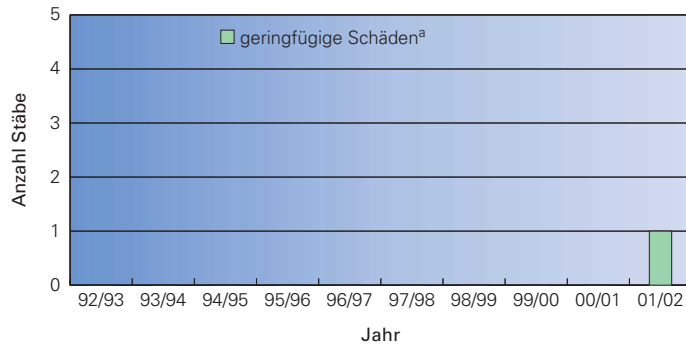
Brennstabschäden (Anzahl Stäbe), 1992–2002

**KKB 1, 2**

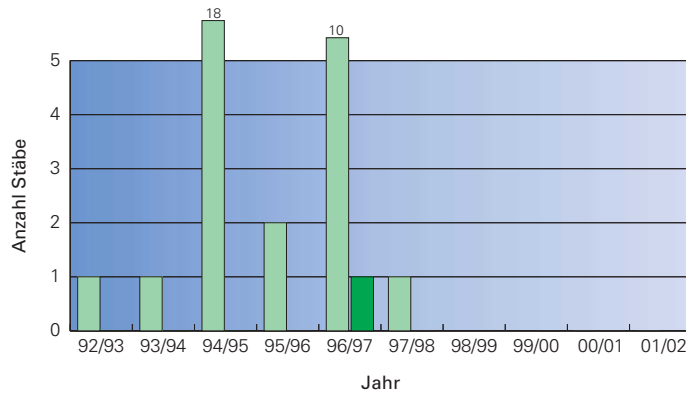
KKB 2: keine Schäden



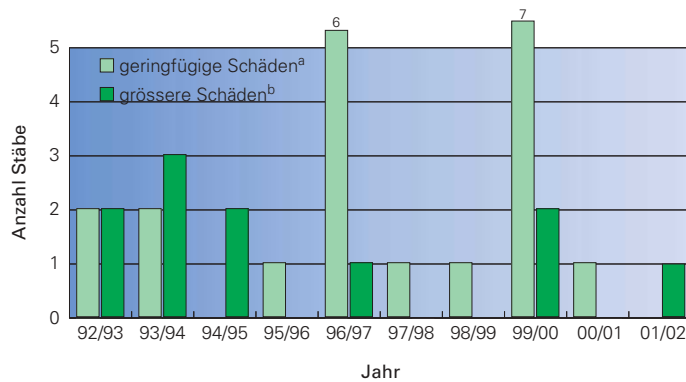
**KKM**



**KKG**



**KKL**



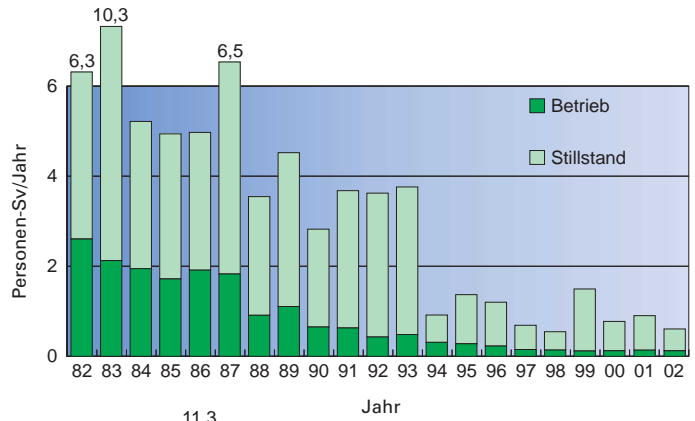
<sup>a</sup> z.B. Haarrisse im Hüllrohr

<sup>b</sup> z.B. grosser Riss oder Bruch des Hüllrohrs mit Brennstoffauswaschung

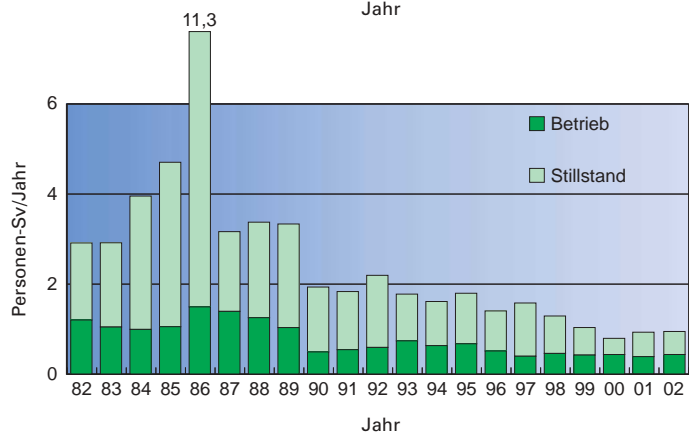
**Figur A5**

Jahreskollektivdosen (Personen-Sv/Jahr) der Kraftwerke, 1982–2002

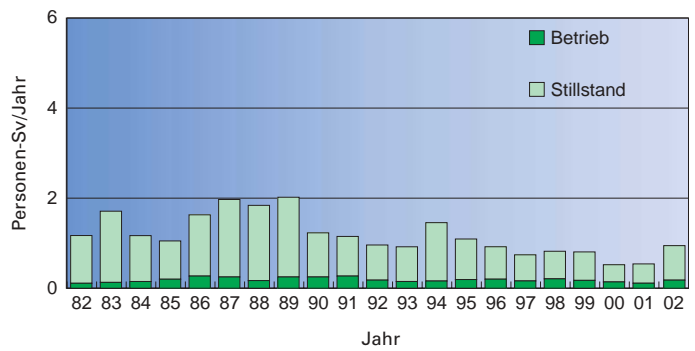
**KKB 1, 2**



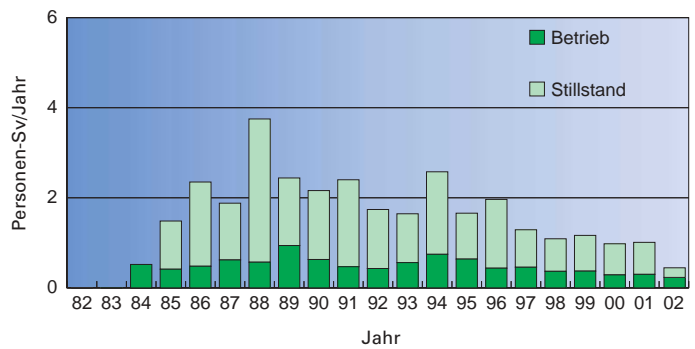
**KKM**



**KKG**

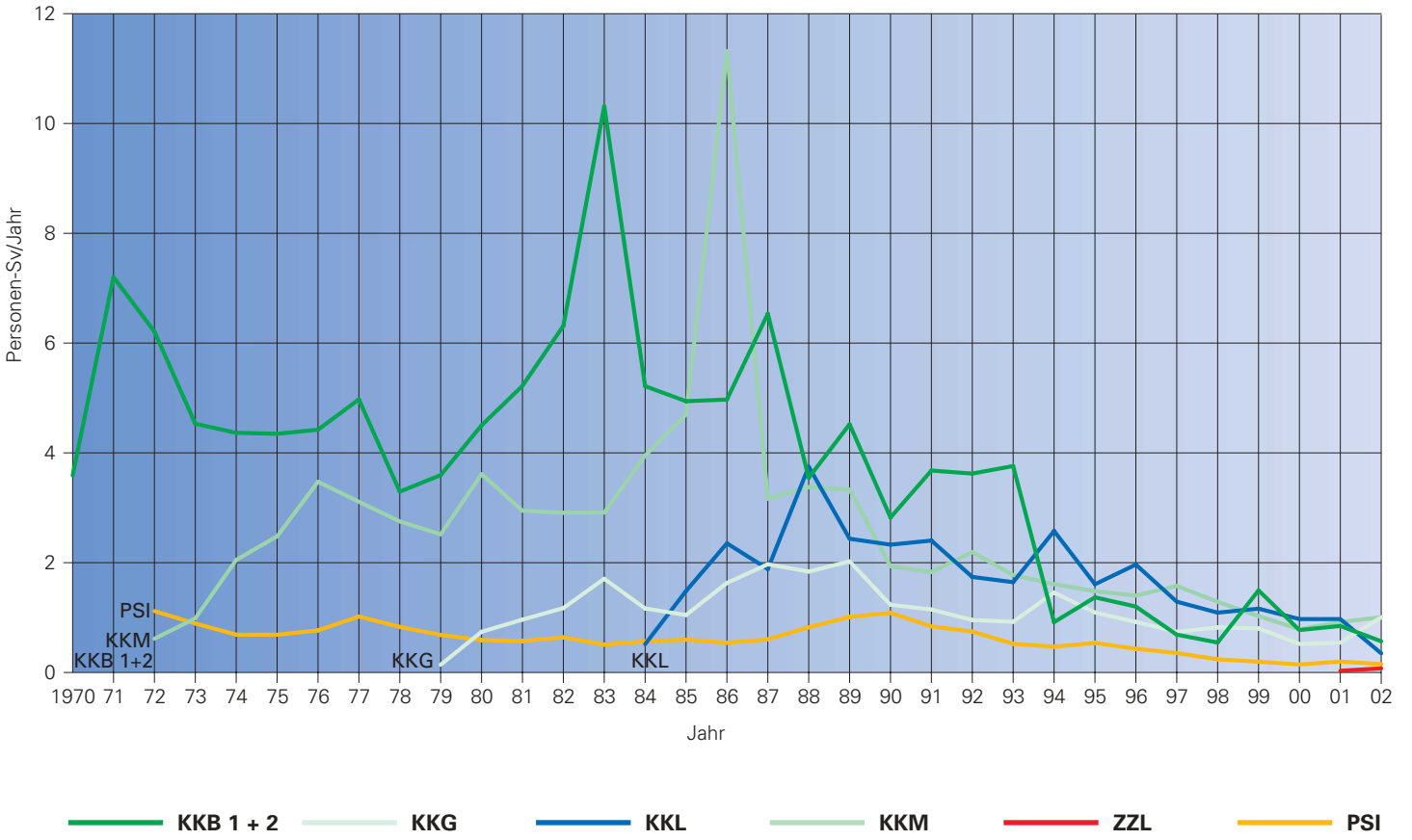


**KKL**



**Figur A6**

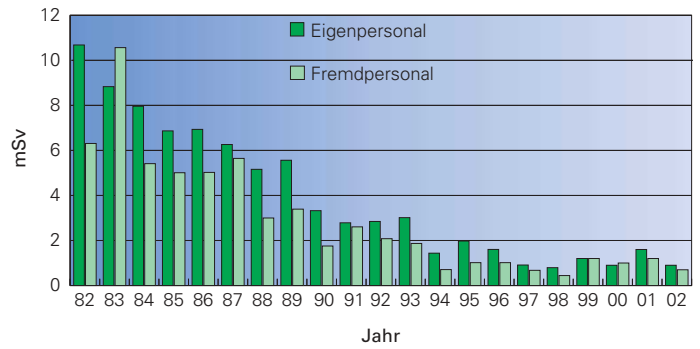
Jahreskollektivdosen (Personen-Sv/Jahr) der Kernanlagen, 1970–2002



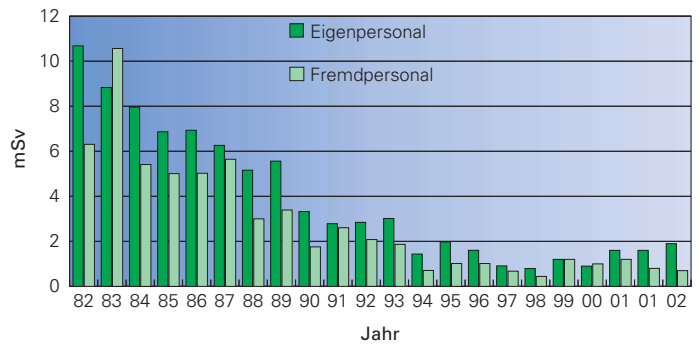
**Figur A7**

Mittlere Jahresindividualdosen (mSv) der Kraftwerke, 1982–2002

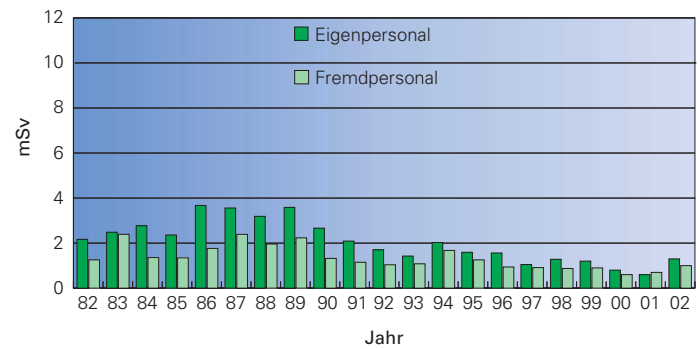
**KKB 1, 2**



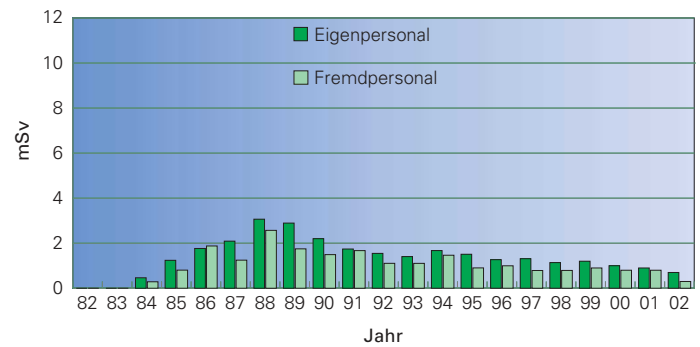
**KKM**



**KKG**



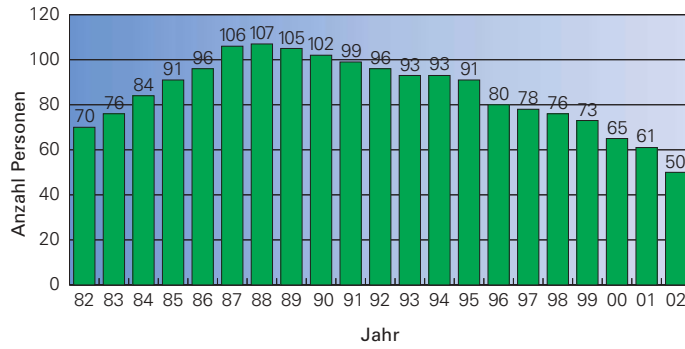
**KKL**



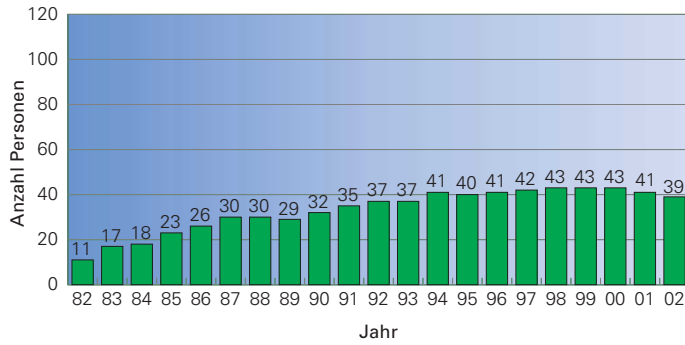
**Figur A8**

Personen mit einer beruflichen Lebensdosis >200 mSv, Kraftwerke, 1982–2002

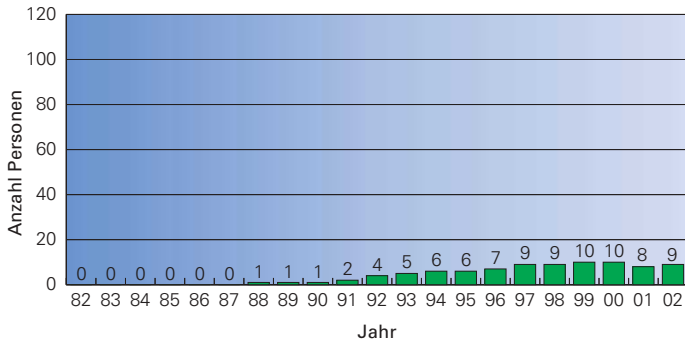
**KKB 1, 2**



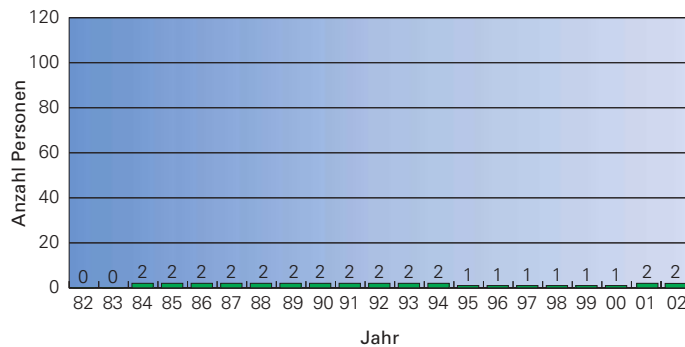
**KKM**



**KKG**

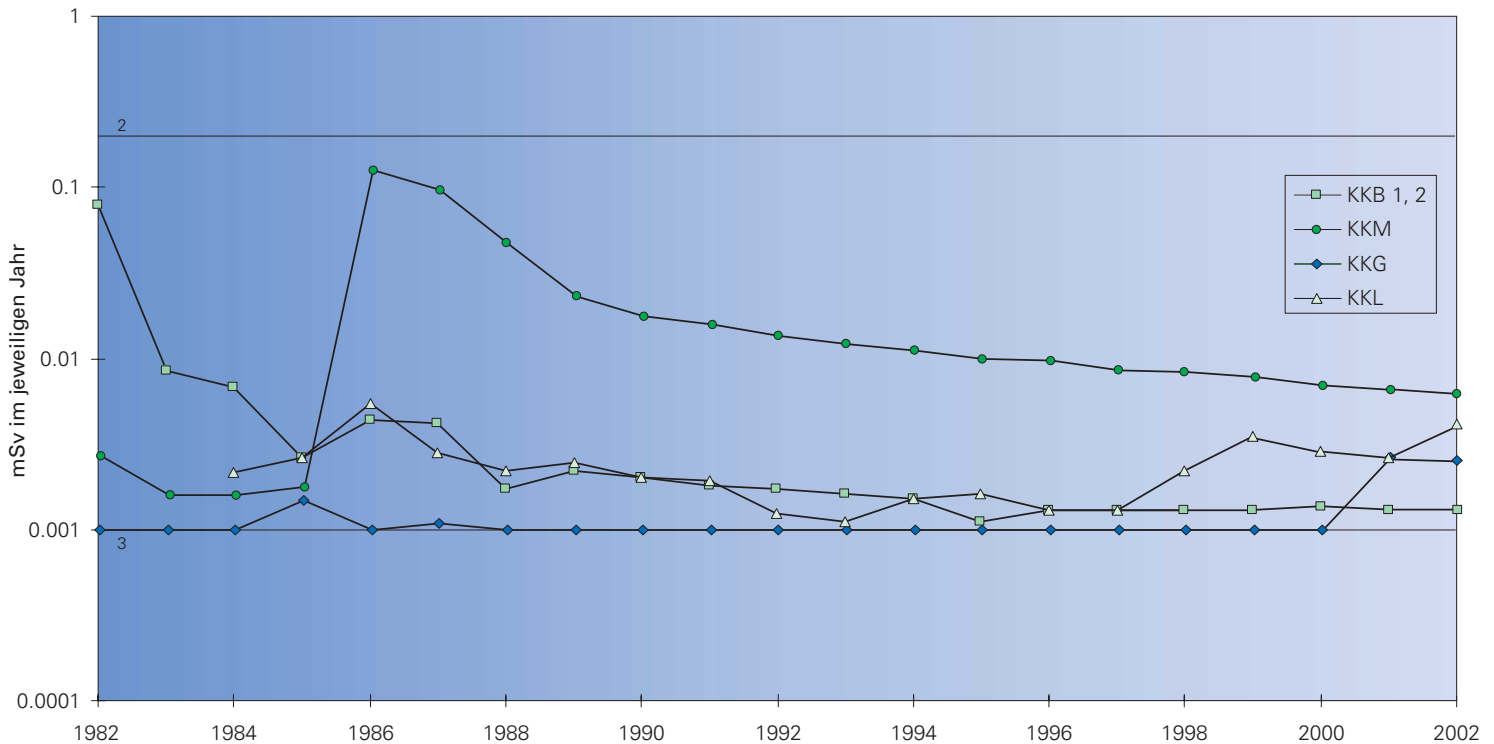


**KKL**



## Figur A9

Berechnete Dosen für die meistbetroffenen Personen<sup>1</sup> (Erwachsene) in der Umgebung der schweizerischen KKW



<sup>1</sup> 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.

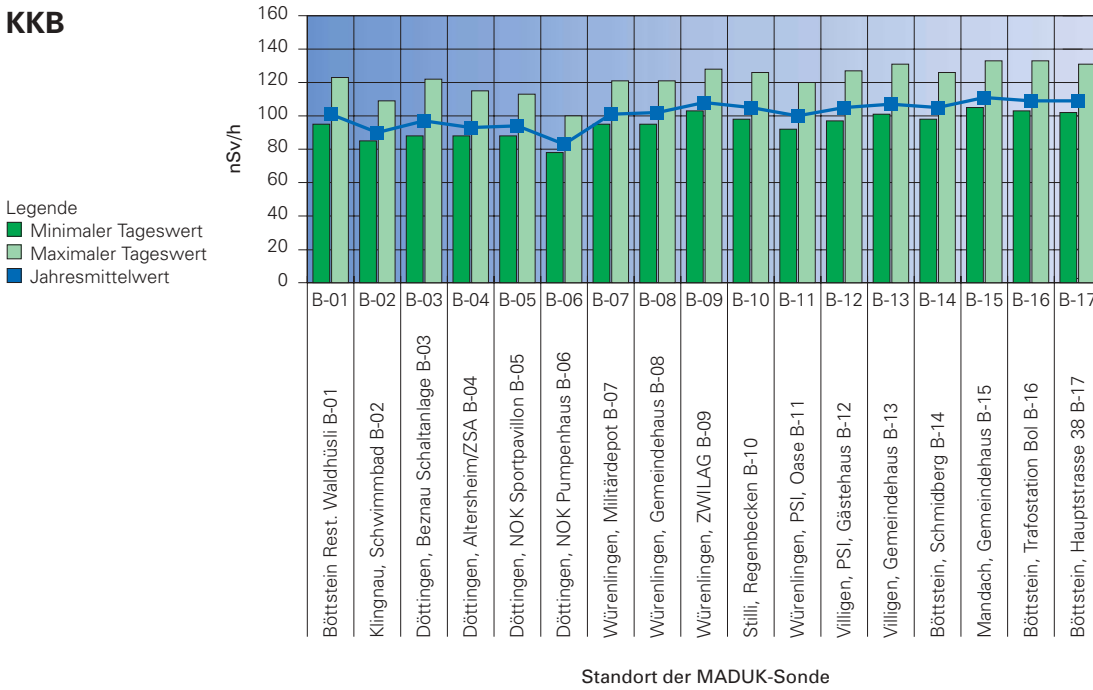
<sup>2</sup> Quellenbezogener Dosisrichtwert (StSV Art. 7, HSK-Richtlinie R-11).

<sup>3</sup> Werte kleiner als 0,001 mSv werden in der Figur nicht dargestellt.

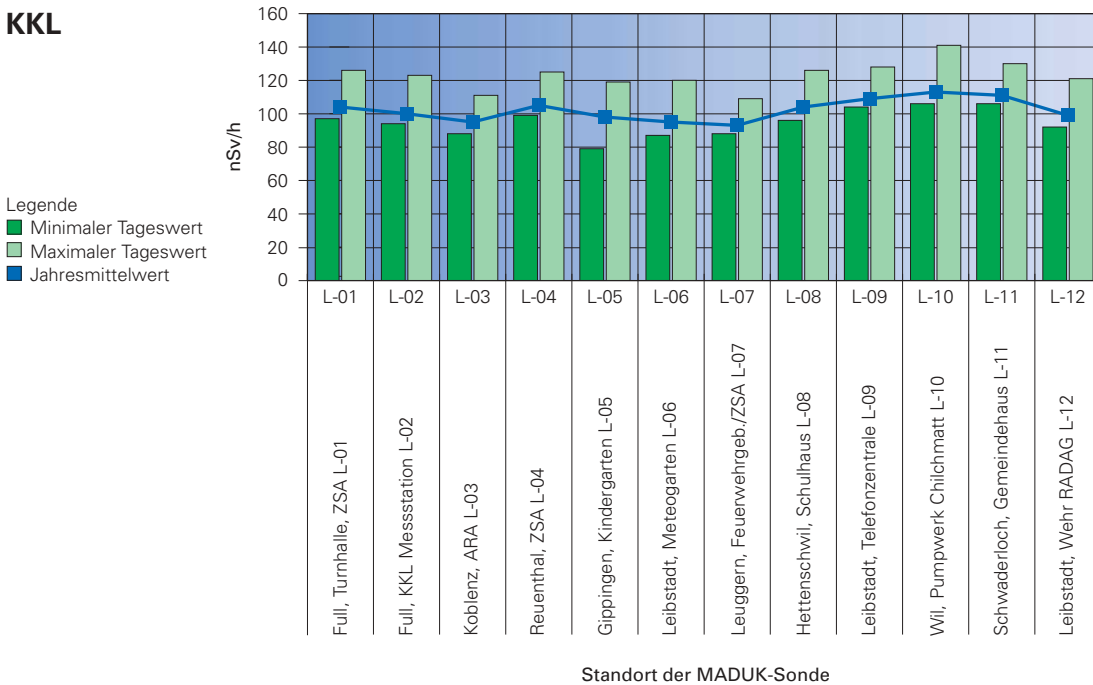
Figur A10

Ortsdosisleistung der MADUK-Sonden im Jahre 2002

**KKB**



**KKL**

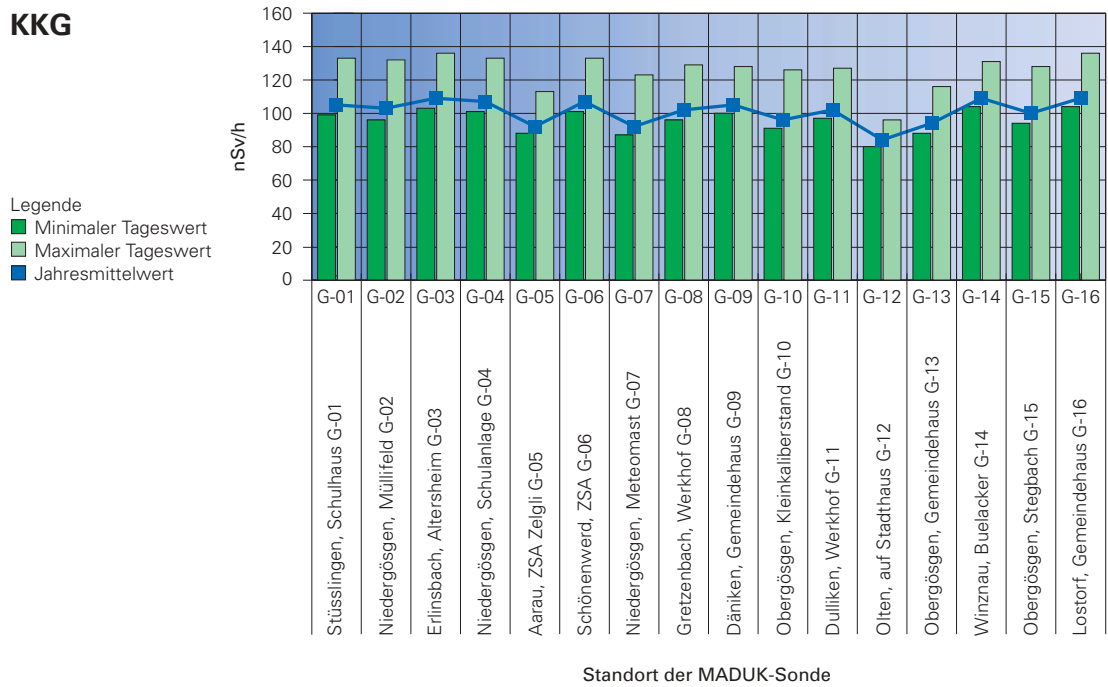




**Figur A10** (Fortsetzung)

Ortsdosisleistung der MADUK-Sonden im Jahre 2002

**KKG**



**KKM**

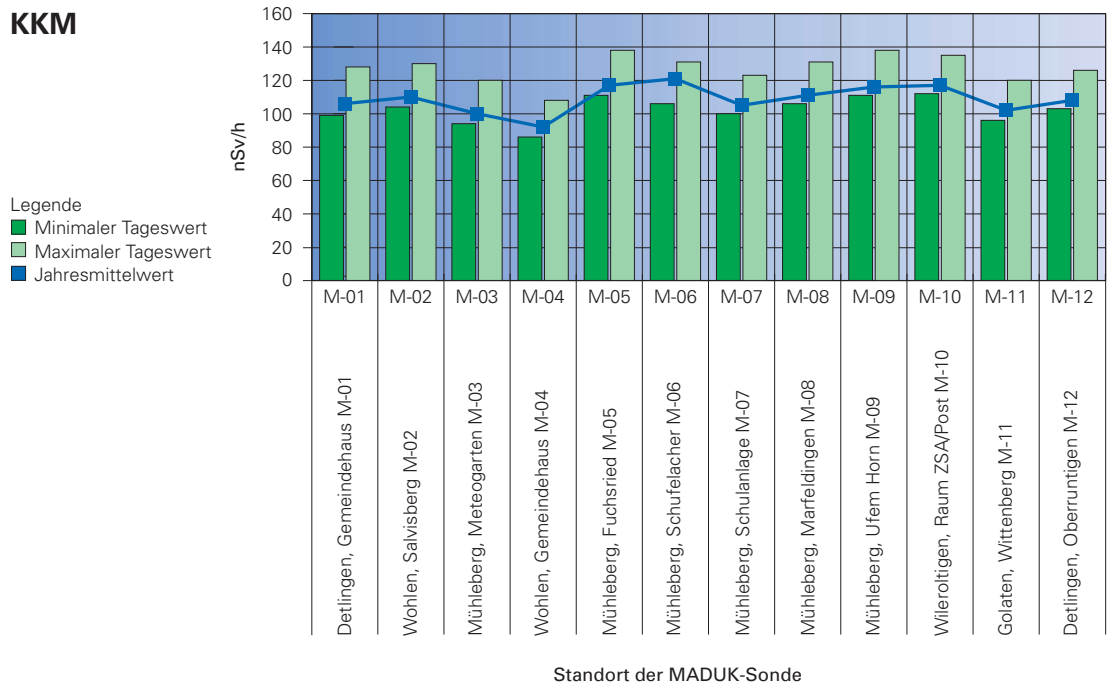


Tabelle B1	Liste der schweizerischen Richtlinien und Empfehlungen	106
Tabelle B2	Internationale Störfall-Bewertungsskala für Kernanlagen (INES)	109
Tabelle B3	Die Hauptdaten der schweizerischen Kernkraftwerke	111
Figur B1	Funktionsschema eines Kernkraftwerks mit Druckwasserreaktor	112
Figur B2	Funktionsschema eines Kernkraftwerks mit Siedewasserreaktor	112
Verzeichnis der Abkürzungen		113

**Tabelle B1**

Liste der schweizerischen Richtlinien und Empfehlungen

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

Richtlinie	Titel der Richtlinie	Datum der gültigen Ausgabe
R-04/d	Aufsichtsverfahren beim Bau von Kernkraftwerken; Projektierung von Bauwerken	Dezember 1990
R-05/d	Aufsichtsverfahren beim Bau von Kernkraftwerken; mechanische Ausrüstungen	Oktober 1990
R-06/d	Sicherheitstechnische Klassierung, Klassengrenzen und Bauvorschriften für Ausrüstungen in Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren	Mai 1985
R-07/d	Richtlinie für den überwachten Bereich der Kernanlagen und des Paul Scherrer Instituts	Juni 1995
R-08/d	Sicherheit der Bauwerke für Kernanlagen, Prüfverfahren des Bundes für die Bauausführung	Mai 1976
R-11/d	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-13/d	Inaktivfreigabe von Materialien und Bereichen aus kontrollierten Zonen (Freimessrichtlinie)	Februar 2002
R-14/d	Konditionierung und Zwischenlagerung radioaktiver Abfälle	Dezember 1988
R-14/e	Conditioning and Interim Storage of Radioactive Waste	Dezember 1988
R-15/d	Berichterstattung über den Betrieb von Kernkraftwerken	Dezember 1999
R-16/d	Seismische Anlageninstrumentierung	Februar 1980
R-17/d	Organisation von Kernkraftwerken	Juni 2002
R-17/e	Organisation of Nuclear Power Plants	Juni 2002
R-18/d	Aufsichtsverfahren bei Reparaturen, Änderungen und Ersatz von mechanischen Ausrüstungen in Kernanlagen	Dezember 2000

**Tabelle B1** (Fortsetzung)

Liste der schweizerischen Richtlinien und Empfehlungen

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

Richtlinie	Titel der Richtlinie	Datum der gültigen Ausgabe
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	Januar 2003
R-25/d	Berichterstattung des Paul Scherrer Instituts sowie der Kernanlagen des Bundes und der Kantone	Juni 1998
R-27/d	Auswahl, Ausbildung und Prüfung des lizenzpflichtigen Betriebspersonals von Kernkraftwerken	Mai 1992
R-30/d	Aufsichtsverfahren beim Bau und Betrieb von Kernanlagen	Juli 1992
R-31/d	Aufsichtsverfahren beim Bau von Kernkraftwerken, E1 klassierte elektrische Ausrüstungen	Januar 1994
R-32/d	Richtlinie für die meteorologischen Messungen an Standorten von Kernanlagen	September 1993
R-35/d	Aufsichtsverfahren bei Bau und Änderungen von Kernkraftwerken, Systemtechnik	Mai 1996
R-37/d	Anerkennung von Strahlenschutz-Ausbildungen und -Fortbildungen im Aufsichtsbereich der HSK	Juli 2001
R-39/d	Erfassung der Strahlenquellen und Werkstoffprüfer im Kernanlagenareal	Januar 1990
R-40/d	Gefilterte Druckentlastung für den Sicherheitsbehälter von Leichtwasserreaktoren, Anforderungen für die Auslegung	März 1993
R-41/d	Berechnung der Strahlenexposition in der Umgebung 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 certain measures to mitigate the consequences of a severe accident at a Nuclear Power Plant	März 1993

**Tabelle B1** (Fortsetzung)

Liste der schweizerischen Richtlinien und Empfehlungen

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

<b>Richtlinie</b>	<b>Titel der Richtlinie</b>	<b>Datum der gültigen Ausgabe</b>
R-45/d	Planung und Durchführung von Notfallübungen in den schweizerischen Kernkraftwerken	Juli 1997
R-45/e	Planning and Execution of Emergency Exercises in Swiss Nuclear Power Plants	Februar 1998
R-47/d	Prüfungen von Strahlenmessgeräten	Oktober 1999
R-48/d	Periodische Sicherheitsüberprüfung von Kernkraftwerken	November 2001
R-49/d	Sicherheitstechnische Anforderungen an die Sicherung von Kernanlagen	März 2001
R-100/d	Anlagezustände eines Kernkraftwerks	Juni 1987
R-101/d	Auslegungskriterien für Sicherheitssysteme von Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren	Mai 1987
R-101/e	Design Criteria for Safety Systems of Nuclear Power Plants with Light Water Reactors	Mai 1987
R-102/d	Auslegungskriterien für den Schutz von sicherheitsrelevanten Ausrüstungen in Kernkraftwerken gegen die Folgen von Flugzeugabsturz	Dezember 1986
R-102/e	Design Criteria for the Protection of Safety Equipment in Nuclear Power Stations against the Consequences of Airplane Crash	Dezember 1986
R-103/d	Anlageinterne Massnahmen gegen die Folgen schwerer Unfälle	November 1989

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

## Tabelle B2

### Internationale Störfall-Bewertungsskala für Kernanlagen (INES)

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

Nun ist über Internet ein Zugriff auf die wichtigen Informationen bei Störfällen unter der Internetadresse «[www-news.iaea.org/news/](http://www-news.iaea.org/news/)» möglich. Es werden aus administrativen Gründen jeweils die Ereignisse der letzten 6 Monate angezeigt.

Die Skala unterscheidet sieben Stufen, 1 bis 7, von Vorkommnissen nach ihrer Sicherheitsbedeutung (Stufe 0 sind Ereignisse ohne Sicherheitssignifikanz):

Stufe	Bezeichnung	Kriterien	Beispiele
7	Schwerwiegender Unfall	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 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).</li> </ul> <p><b>Bemerkung:</b> 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"> <li>• Freisetzung von Spaltprodukten in die Umgebung (1000 bis 10 000 TBq Iod-131-Äquivalent).</li> </ul> <p><b>Bemerkung:</b> 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"> <li>• Freisetzung von Spaltprodukten in die Umgebung (100 bis 1000 TBq Iod-131-Äquivalent).</li> </ul> <p><b>Bemerkung:</b> Teilweiser Einsatz von Notfallschutzmassnahmen in einigen Fällen notwendig, um die Wahrscheinlichkeit von Gesundheitsschäden zu verringern.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schwere Kernschäden mit Freisetzung einer grossen Menge Radioaktivität innerhalb der Anlage.</li> </ul>	<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"> <li>• Freisetzung von radioaktiven Stoffen, die für die meistexponierte Person ausserhalb der Anlage eine Dosis von wenigen Millisievert ergibt.</li> </ul> <p><b>Bemerkung:</b> Notfallschutzmassnahmen im Allgemeinen nicht notwendig, ausser möglicherweise lokale Lebensmittelkontrollen.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Teilweise Beschädigung des Reaktorkerns wegen mechanischer Einwirkungen und/oder Schmelzen.</li> <li>• Bestrahlung von Personal derart, dass ein akuter Todesfall wahrscheinlich ist.</li> </ul>	<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"> <li>• Freisetzung radioaktiver Stoffe über bewilligten Grenzwerten, die zu einer Dosis in der Grössenordnung von einigen Zehntel Millisievert für die meistexponierte Person führen kann.</li> <li>• Bestrahlung von Personal derart, dass eine akute Strahlenerkrankung zu erwarten ist. Schwerwiegende Kontamination in der Anlage.</li> <li>• 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.</li> </ul>	Vandellos, Spanien, 1989
2	Zwischenfall	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorkommnisse mit wesentlichen Versagen von Sicherheitseinrichtungen, aber mit ausreichender Sicherheitsvorsorge, um auch mit zusätzlichen Fehlern fertig zu werden. Vorkommnisse der Stufe 1 mit signifikanten Mängeln in der Sicherheitskultur<sup>1</sup>.</li> <li>• Vorkommnisse mit Bestrahlung von Personal höher als die jährliche Dosislimite. Signifikante Verbreitung von Radioaktivität innerhalb der Anlage, welche auslegungsgemäss nicht zu erwarten war.</li> </ul>	
1	Anomalie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anomalie ausserhalb der vorgeschriebenen Betriebsbedingungen. Sie kann auf Versagen von Ausrüstungen, menschliche Fehlhandlungen oder Verfahrensmängel zurückzuführen sein. Vorkommnis ohne direkte Sicherheitsbedeutung, das Mängel in der Sicherheitskultur aufzeigt.</li> </ul>	2
0	Nicht sicherheits-signifikante Vorkommnisse	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hierher gehören Vorkommnisse ohne Überschreitung von betrieblichen Grenzwerten und Bedingungen, welche mit geeigneten Verfahren beherrscht werden.</li> </ul> <p><b>Beispiele:</b> Bei periodischen Prüfungen festgestellter Einzelfehler in einem redundanten System. Automatische Reaktorabschaltung mit normalen Anlageverhalten. Leckagen innerhalb Betriebslimiten Alle Beispiele ohne grösseren Zusammenhang mit der Sicherheitskultur.</p>	

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

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

**Tabelle B3**

Die Hauptdaten der schweizerischen Kernkraftwerke

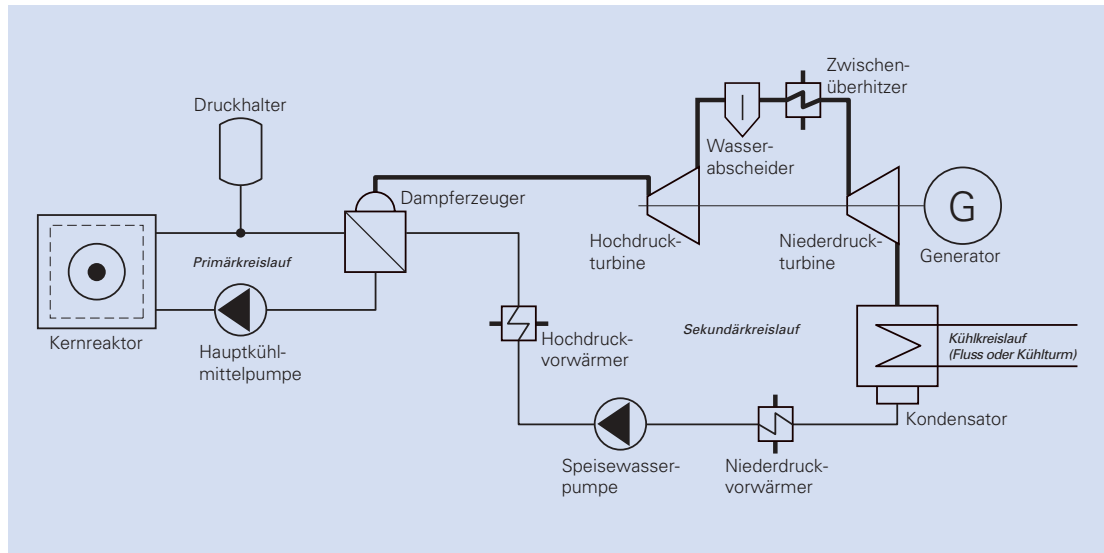
	KKB 1	KKB 2	KKM	KKG	KKL
Thermische Leistung [MW]	1130	1130	1097	3002	3515 <sup>1</sup> 3600 <sup>2</sup>
Elektrische Bruttoleistung [MW]	380	380	372	1020	1200 <sup>1</sup> 1220 <sup>2</sup>
Elektrische Nettoleistung [MW]	365	365	355	970	1145 <sup>1</sup> 1165 <sup>2</sup>
Reaktortyp	Druck- wasser	Druck- 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

<sup>1</sup> vor Revision 2002<sup>2</sup> nach Revision 2002

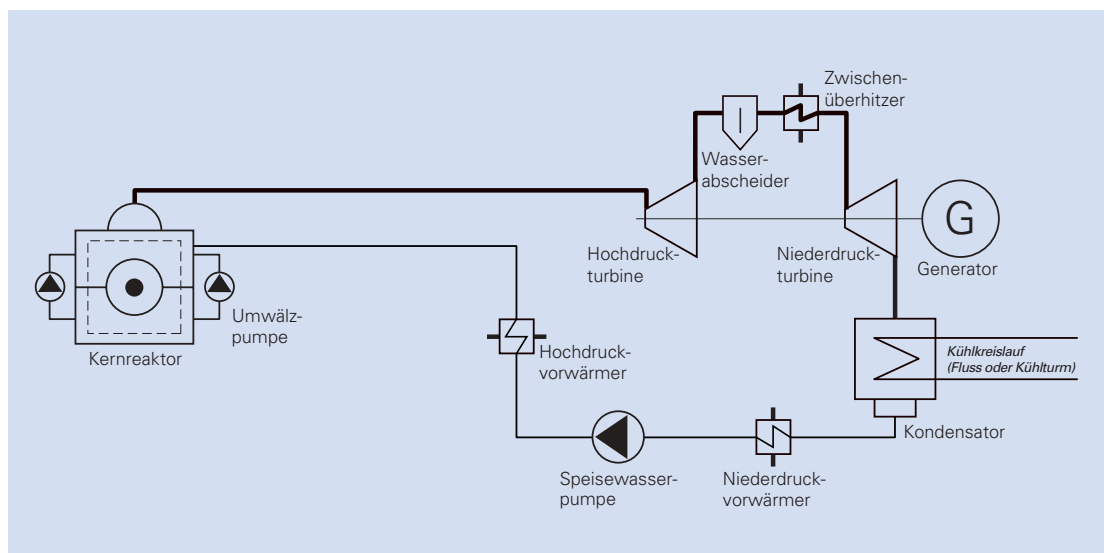


**Figur B1**

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
AkEnd	Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte
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/>	
CENS	Centre for Nuclear Safety in Central and Eastern Europe
CFS	Commission Franco-Suisse de Sûreté des Installations Nucléaires
CIS/DAISY	Chemie Informationssystem/Daten-Analyse- und Informationssystem
COGEMA	Compagnie Générale des Matières Nucléaires, La Hague
CSF	Chernobyl Shelter Fund
<hr/>	
DE	Dampferzeuger
DEZA	Direktion für Entwicklung und Zusammenarbeit
DSK	Deutsch-Schweizerische Kommission für die Sicherheit kerntechnischer Anlagen
DWR	Druckwasserreaktor
<hr/>	
EBRD	European Bank for Reconstruction and Development
EDA	Eidgenössisches Departement für auswärtige Angelegenheiten
EK	Erdbebenklasse
EKRA	Expertengruppe Entsorgungskonzepte für Radioaktive Abfälle
EOR	Einsatzorganisation bei erhöhter Radioaktivität
EPFL	Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne
EPRI	Electric Power Research Institute, USA
ETH	Eidgenössische Technische Hochschule
EU	Europäische Union
<hr/>	
GfS	Gesellschaft für Simulatorschulung
GNW	Genossenschaft für die Nukleare Entsorgung Wellenberg
GRS	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit
GSKL	Gruppe der schweizerischen Kernkraftwerksleiter
GWh	Gigawattstunde = 10 <sup>9</sup> 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

IAEA	International Atomic Energy Agency (Internationale Atomenergieagentur), Wien
IGA	Institut de Génie Atomique
INES	International Nuclear Event Scale (Internationale Störfall-Bewertungsskala)
IRA	Institut de radiophysique appliquée, Lausanne
IRS	Incident Reporting System
KGL	Kontrollierte geologische Langzeitlagerung
KKB	Kernkraftwerk Beznau
KKG	Kernkraftwerk Gösgen
KKL	Kernkraftwerk Leibstadt
KKM	Kernkraftwerk Mühleberg
KKW	Kernkraftwerk
KNE	Kommission Nukleare Entsorgung
KOMAC	Eidgenössische Kommission für AC Schutz
KSA	Eidgenössische Kommission für die Sicherheit von Kernanlagen
KSR	Eidgenössische Kommission für Strahlenschutz und Überwachung der Radioaktivität
kV	Kilovolt = $10^3$ Volt, Spannungseinheit
LAR	Leitender Ausschuss Radioaktivität
LMA	Langlebige mittelradioaktive Abfälle
LOCA	Loss of coolant accident
LWR	Leichtwasserreaktor
MAA	Mittelradioaktive Abfälle
MADUK	Messnetz zur automatischen Dosisleistungsüberwachung in der Umgebung der Kernanlagen
MeV	Mega-Elektronenvolt = $10^6$ Elektronenvolt
MGy	Mega-Gray = $10^6$ Gray (1 Gray = 100 rad)
MIF	Medizin, Industrie und Forschung
MOX	Mischoxid (Uran-Plutonium-Gemisch)
mSv	Millisievert = $10^{-3}$ Sievert
$\mu$ Sv	Mikrosievert = $10^{-6}$ Sievert
MW	Megawatt = $10^6$ Watt, Leistungseinheit
MW <sub>e</sub>	Megawatt elektrische Leistung
MW <sub>th</sub>	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
NEA	Nuclear Energy Agency
NFO	Notfallorganisation
NOK	Nordostschweizerische Kraftwerke AG
NRC	Nuclear Regulatory Commission, USA
NSA	Nuclear Safety Account
NSC	Convention on Nuclear Safety
NTB	Nagra Technischer Bericht
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 PSÜ	Paul Scherrer Institut, Würenlingen und Villigen Periodische Sicherheitsüberprüfung
QM QS	Qualitätsmanagement Qualitätssicherung
RDB REFUNA RID	Reaktordruckbehälter Regionale Fernwärmeversorgung Unteres Aaretal Regulations concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Rail
SAA SAMG SBB seco SK SMA SR StSG StSV SUeR SUSAN SUVA Sv SVA SVTI SWR	Schwachradioaktive Abfälle Severe Accident Management Guidance Schweizerische Bundesbahnen Staatssekretariat für Wirtschaft Sicherheitsklasse Schwach- und mittelradioaktive Abfälle Systematische Sammlung des Bundesrechts Strahlenschutzgesetz Strahlenschutzverordnung Sektion Überwachung der Radioaktivität, Freiburg Spezielles unabhängiges System zur Abfuhr der Nachzerfallswärme, KKM Schweizerische Unfallversicherungsanstalt, Luzern Sievert = Strahlendosisäquivalent (1 Sv = 100 rem) Schweizerische Vereinigung für Atomenergie Schweizerischer Verein für Technische Inspektionen Siedewasserreaktor
TBq THORP TL-Behälter TLD	Terabecquerel (1 TBq = $10^{12}$ Bq) Thermal Oxide Reprocessing Plant Transport- und Lagerbehälter Thermolumineszenz-Dosimeter
UVEK	Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation
VAKL VSE	Versuchsatomkraftwerk Lucens Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Wh	Wattstunde
ZWIBEZ ZWILAG ZZL	Zwischenlager für radioaktive Abfälle, KKW Beznau Zwischenlager Würenlingen AG Zentrales Zwischenlager Würenlingen

**Impressum**

HSK Jahresbericht 2002

**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](http://www.hsk.psi.ch)

© HSK, April 2003

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](http://www.hsk.psi.ch)