

JAHRESBERICHT 1995

über die nukleare Sicherheit und den Strahlenschutz
in den schweizerischen Kernanlagen



DIR-D



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

Mai 1996

HSK-AN-3000
KSA-AN-1900

Inhalt

Vorwort	
Aufgaben und Organisation der HSK	6
Kernkraftwerk Beznau	13
Betriebsdaten und Betriebsergebnisse	13
Anlagensicherheit	13
Radioaktive Abfälle	15
Strahlenschutz	15
Personal und Organisation	16
Erfüllung von Auflagen	17
Gesamteindruck aus der Sicht der HSK	18
Kernkraftwerk Mühleberg	21
Betriebsdaten und Betriebsergebnisse	21
Anlagensicherheit	21
Radioaktive Abfälle	23
Strahlenschutz	23
Personal und Organisation	25
Erfüllung von Auflagen	25
Gesamteindruck aus der Sicht der HSK	26
Kernkraftwerk Gösgen	29
Betriebsdaten und Betriebsergebnisse	29
Anlagensicherheit	29
Radioaktive Abfälle	31
Strahlenschutz	31
Personal und Organisation	32
Gesamteindruck aus der Sicht der HSK	32
Kernkraftwerk Leibstadt	35
Betriebsdaten und Betriebsergebnisse	35
Anlagensicherheit	35
Radioaktive Abfälle	37
Strahlenschutz	38
HSK-Gutachten zur Leistungserhöhung	40
Personal und Organisation	40
Gesamteindruck aus der Sicht der HSK	41
Forschungsanlagen	45
Paul Scherrer Institut (PSI)	45
Ecole Polytechnique Féd. Lausanne (EPFL)	49
Universität Basel	49
Versuchsatomkraftwerk Lucens (VAKL)	50
Entsorgung radioaktiver Abfälle	53
Abfälle aus der Wiederaufarbeitung	53
Zentrales Zwischenlager Würenlingen	53
SMA-Endlager Wellenberg	53
Vorbereit. Handlungen für HAA/LMA-Endlager	53

Notfallschutz	57
Notfallschutzkonzept	57
Einsatz der HSK-Notfallorganisation	57
Ausbildung von Führungsstäben	57
Ermittlung des Windfeldes	57
Ausbreitungsberechnungen	57
Medizinischer Notfallschutz	58
Transport von radioaktiven Stoffe	61
Ausbildung und Information	61
Transportzeugnisse und Inspektionen	61
Qualitätssicherung beim Transport	61
Bewilligungen für den Transport	61
Allgemeine Fragen der Sicherheit und des Strahlenschutzes	65
Richtlinien	65
Massnahmen gegen schwere Unfälle	65
MADUK und ANPA	66
Zusammenarbeit mit anderen Staaten	66
Sicherheitsforschung	67
PSI-Schulen	70
Ereignisse im Ausland	71
Bewertung von Ereignissen in Kernanlagen	72
Anhang	
Tabellen 1 bis 13	
Figuren 1 bis 11	
Verzeichnis der Abkürzungen	

Legende zum Bild auf der Umschlagseite:

Das Bild stellt Ergebnisse probabilistischer Sicherheitsanalysen (Risikoanalysen) in Form sogenannter komplementärer Häufigkeitsverteilungen dar. Die Kurven zeigen, mit welcher Häufigkeit (angegeben auf der Vertikalen) ein Schaden grösser oder gleich einem bestimmten Ausmass (angegeben auf der Horizontalen) eintreten kann. Aufgrund solcher Ergebnisse kann die Risikorelevanz eines Kernkraftwerkes eingeschätzt werden und es lassen sich Accident-Management-Massnahmen bewerten. Solche Häufigkeits-Auswirkungs-Diagramme werden von der HSK für alle schweizerischen Kernkraftwerke mittels komplexer und aufwendiger Simulationsrechnungen bestimmt.

Vorwort

Die Überwachung der Schweizer Kernanlagen in bezug auf nukleare Sicherheit und Strahlenschutz ist eine zentrale Aufgabe der Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK). Der vorliegende Jahresbericht informiert über die Arbeit der HSK und über ihre Untersuchungsergebnisse im Jahre 1995. Damit wird hier aus behördlicher Sicht der Zustand und die Betriebsqualität der schweizerischen Kernanlagen in kompakter Form dargelegt und beurteilt.

Zu den Aufgaben der HSK gehören auch die Aufsicht über die Entsorgung der radioaktiven Abfälle, die Begutachtung der Entsorgungsanlagen und die wissenschaftliche Begleitung der vorbereitenden Handlungen (Sondierbohrungen, seismische Messungen usw.) im Hinblick auf die Erstellung von Endlagern in geologischen Formationen. Der vorliegende Bericht informiert aus behördlicher Sicht auch über die diesbezüglichen Tätigkeiten in der Schweiz im Jahre 1995.

Die HSK hat überdies eine zentrale behördliche Funktion bei der Notfallbereitschaft im nuklearen Bereich, beim Transport von radioaktiven Stoffen und bei der Förderung, Initiierung, Finanzierung und Begleitung von Forschungsaufträgen auf den Gebieten der nuklearen Sicherheit und des Strahlenschutzes. Auch über diese Tätigkeiten im Berichtsjahr wird hier kurz orientiert.

Gesamthaft gesehen war das Jahr 1995 auf allen Gebieten der HSK-Tätigkeit ein Jahr ohne aufsehenerregende oder bahnbrechende Ereignisse. Erwähnenswert ist jedoch die Abstimmung im Kanton Nidwalden vom Juni 1995, bei der das Nidwaldner Stimmvolk das Konzessionsgesuch der Genossenschaft für nukleare Entsorgung Wellenberg (GNW) für den Bau eines Sondierstollens und eines Endlagers für schwach- und mittelradioaktive Abfälle ablehnte. Dies wird sich auch auf die Arbeitsprogramme der HSK auswirken. Markant für das Jahr 1995 war als kollektive Arbeit vor allem die Begutachtung der Projekte Zentrales Zwischenlager Würenlingen und Leistungserhöhung für das KKW Leibstadt.

Das Inkrafttreten der neuen Strahlenschutzverordnung am 1. Oktober 1994 brachte unter anderem neue Grenzwerte für die Dosis von beruflich strahlenexponierten Personen. Der gegenüber früher strengere Grenzwert von 20 Millisievert pro Jahr konnte im Aufsichtsbereich der HSK überall ohne Schwierigkeiten eingehalten werden.

Mitte des Jahres 1995 erfolgte eine Ablösung in der Direktion der HSK. Während 15 Jahren hat Herr Roland Naegelin die HSK als Direktor mit viel Sachkompetenz geleitet und ist auf Ende Juni in Pension getreten. Er hat anschliessend das Präsidium der Eidgenössischen Kommission für die Sicherheit von Kernanlagen (KSA) übernommen.

Als neuer Direktor der HSK möchte ich ihm herzlich dafür danken, dass ich die Leitung einer gut aufgebauten, sehr kompetenten, motivierten und tatkräftigen Organisation weiterführen kann.



Dr. Serge Prêtre, Direktor der HSK

HSK: AUFGABEN UND ORGANISATION

Der **Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK)** sind im Hinblick auf die nukleare Sicherheit und den Strahlenschutz der Kernanlagen in der Schweiz und des Paul Scherrer Institutes (PSI) folgende Aufgaben übertragen:

- Verfassen von Gutachten für alle Bewilligungsschritte, d.h. insbesondere für Standort (Rahmenbewilligung), Erstellung, Betrieb, bewilligungspflichtige Änderungen und Stilllegung von Kernanlagen;
- Erteilung von Freigaben für Errichtung, Betrieb, Änderungen, Stilllegung und wichtige Betriebsvorschriften im Rahmen der erteilten Bewilligungen;
- Beurteilung von Projekten, neuen und bestehenden Anlagen anhand der Vorschriften, der Erfahrung und des Standes von Wissenschaft und Technik; Periodische Gesamtüberprüfung der Kernanlagen, Überprüfung der Sicherheitsberichte und weiterer sicherheitsrelevanter Dokumente betreffend Erstellung, Betrieb, Änderungen und Stilllegung von Kernanlagen;
- Erlass von Verfügungen im Auftrage des BEW in bezug auf die nukleare Sicherheit und den Strahlenschutz;
- Herausgabe von Richtlinien über Schutzziele, Auslegungskriterien, Regelwerke und über das Vorgehen bei der behördlichen Aufsicht;
- Aufsicht über die Kernanlagen und das PSI während Planung, Erstellung, Betrieb und Stilllegung, inklusive Bewertung der Qualitätssicherungsmassnahmen der Bauherren, Betreiber und Lieferanten, Durchführung von Inspektionen;
- Planung des Einsatzes der HSK-Mitarbeiter bei Störfällen inklusive der Aufrechterhaltung eines Pikettdienstes, Überprüfung der Notfallbereitschaft in den Kernanlagen und im PSI mittels Übungen;
- Bewertung des Ausbildungsstandes des Betriebspersonals durch Qualifikations- und Requalifikationsprüfungen. Lizenzierung des lizenzpflichtigen Personals;
- Verfolgen der weltweiten Erfahrung und des Standes von Wissenschaft und Technik auf den einschlägigen Fachgebieten sowie Durchführung allfällig erforderlicher eigener Untersuchungen und Studien und Erarbeitung der notwendigen Arbeitsunterlagen;
- Auswertung von Betriebserfahrungen in- und ausländischer Kernanlagen bezüglich nuklearer Sicherheit und Strahlenschutz;
- Erteilung von Expertenaufträgen zur Unterstützung der HSK sowie Überwachung und Bewertung der Expertentätigkeit;
- Unterstützung der KSA und Mitarbeit in weiteren Eidgenössischen Kommissionen, die auf den Fachgebieten der HSK tätig sind;
- Unterstützung der involvierten Stellen des Bundes und der Kantone in der Erarbeitung und Aufrechterhaltung der Notfallschutzbereitschaft;
- Mitwirkung bei der Vorbereitung und dem Vollzug der Gesetzgebung über die Kernenergie und den Strahlenschutz;
- Begutachtung, Beaufsichtigung und Begleitung der vorbereitenden Handlungen im Hinblick auf die Errichtung von Lagern für radioaktive Abfälle;
- Ausstellen von Zulassungsbescheinigungen für Transporte radioaktiver Stoffe insbesondere von oder nach Schweizer Kernanlagen auf der Basis der Transportvorschriften der IAEA;
- Verfolgen der Forschung auf dem Gebiet der nuklearen Sicherheit, Förderung und Initiierung von Forschungsprojekten und Behandlung von grundsätzlichen Fragen der Sicherheitsforschung;
- Mitarbeit in internationalen und bilateralen Kommissionen zur Förderung der nuklearen Sicherheit und des Strahlenschutzes;
- Erarbeitung von Kenntnissen über Kernkraftwerke im Ausland, im Hinblick auf die Beurteilung von Störfällen;
- Förderung der Sicherheitskultur bei Projektanten, Erstellern und Betreibern von Kernanlagen;
- Beantwortung von Anfragen aus Parlament, Verwaltung und der Öffentlichkeit betreffend die Sicherheit der beaufsichtigten Anlagen und mögliche Auswirkungen auf Mensch und Umwelt;

- Information der Bevölkerung und Medien über die Sicherheit der beaufsichtigten Anlagen sowie bei Ereignissen in diesen Anlagen;
- Information der Medien und der Öffentlichkeit über die Arbeiten und Aufgaben der HSK.

Die Aufgaben der Direktion, Dienststellen, Abteilungen und Sektionen der HSK im einzelnen:

Direktion

Der Direktor der HSK leitet diese Behörde. Er erteilt die notwendigen Weisungen an die ihm direkt unterstellten Mitarbeiter/innen, Abteilungen, Sektionen und Dienste. Er setzt die Prioritäten, entscheidet über Umfang und Bearbeitungstiefe und kontrolliert das Erreichen der festgelegten Ziele. Er sorgt für ein gutes Arbeitsklima und motiviert seine Mitarbeiter. Er vertritt die HSK nach aussen. Er trägt die oberste Verantwortung für die Sicherheits- und Strahlenschutz-Beurteilungen der HSK.

Sektion Stab

Die Sektion Stab der HSK unterstützt die Leitung der Hauptabteilung mit Managementhilfen auf Basis der EDV, bei der Behandlung von administrativen Aufgaben, bei der Organisation und Betreuung der Informatikanwendungen und bei Informationsaufgaben.

Dienst für Sicherheitsforschung und Internationales (SFI)

Der Dienst für "Sicherheitsforschung und Internationales" (SFI) verfolgt weltweit die laufenden Programme für regulatorische Sicherheitsforschung und koordiniert die Kontakte der HSK zu ausländischen Fachstellen. Die Erarbeitung und Initiierung von Experten- und Forschungsaufträgen zusammen mit den involvierten Fachsektionen ist eine der Hauptaufgaben dieses Dienstes. Der Pflege der Kontakte zu den Sicherheitsbehörden in OECD-Ländern, zur NEA, IAEA, EU und zu Instituten für regulatorische und nukleare Sicherheitsforschung kommt grosse Bedeutung zu.

Sektion Koordination der Aufsicht der KKW (KOA)

Die Sektion Koordination der Aufsicht der KKW (KOA) koordiniert die Kontakte zwischen Betreiber und Aufsichtsbehörde. Dazu erarbeitet sie sich einen Gesamtüberblick über die jeweils aktuellen sicherheitsrelevanten Aspekte jeder Kernanlage und ihrer Betriebsführung. Sie führt eigene Inspektionen durch und koordiniert jene der Fachsektionen sowie deren Beiträge zu Gutachten und Stellungnahmen der HSK.

Sektion Mensch, Organisation, Sicherheitskultur (MOS)

Die Sektion Mensch, Organisation, Sicherheitskultur (MOS) befasst sich mit Fragen der Eignung, Auswahl, Ausbildung, Weiterbildung und Prüfung des Betreiberpersonals sowie mit der Überprüfung der Aufbau- und Ablauf-Organisation des Betreibers und mit der Qualität seiner Arbeit. Die Sektion lizenziert das lizenzpflichtige Personal der Kernkraftwerke. Sie analysiert im weiteren die Ursachen von Störfällen, wenn menschliches Fehlverhalten eine Rolle gespielt hat. Beim Erarbeiten von Sicherheitsanalysen widmet sich die Sektion MOS auch Fragen der menschlichen Zuverlässigkeit, des Qualitätsmanagements und der Sicherheitskultur der Betreiber von Kernanlagen.

Sektion Entsorgung Radioaktiver Abfälle (ERA)

Die Sektion Entsorgung Radioaktiver Abfälle (ERA) befasst sich mit Fragen der Entstehung, Behandlung, Zwischenlagerung und Endlagerung radioaktiver Abfälle sowie der Stilllegung von Kernanlagen. Was die Verarbeitung radioaktiver Abfälle betrifft, begutachtet sie die materialtechnischen Versuche und Verfahren. Sie beurteilt die verschiedenartigen Konditionierungsverfahren, beaufsichtigt die diesbezüglichen Anlagen und erteilt die notwendigen Freigaben für die Konditionierung. Im Bereich der vorbereitenden Handlungen zur Endlagerung radioaktiver Abfälle begleitet die Sektion ERA die erdwissenschaftlichen Arbeiten zur Abklärung des Untergrundes und zur Standortevaluation, wie zum Beispiel seismische Messungen und Sondierbohrungen. Im weiteren erteilt sie Zertifikate für den Transport radioaktiver Stoffe in der Schweiz.

Abteilung mechanische und elektrische Ausrüstungen (MELA)

Die Abteilung mechanische und elektrische Ausrüstungen (MELA) befasst sich mit den sicherheitsrelevanten Bauwerken, Komponenten, maschinen-, elektro- und leittechnischen Ausrüstungen, Stromversorgungs- und Brandschutzanlagen sowie Kommandoräumen der Kernanlagen. Sie beurteilt und beaufsichtigt die Auslegung, die Ausführung, die Instandhaltung, den Zustand, die Betriebserfahrung und Änderungen dieser sicherheitsrelevanten Objekte.

Sektion Elektro- und Leittechnik (ELT)

Die Sektion Elektro- und Leittechnik (ELT) befasst sich mit der Begutachtung und der Aufsicht der sicherheitsrelevanten elektrischen und leittechnischen Einrichtungen, der Steuerstellen sowie mit den Aspekten Brandschutz und Blitzschutz der Kernanlagen.

Sektion Maschinen- und Bautechnik (MBT)

Die Sektion Maschinen- und Bautechnik (MBT) befasst sich mit der sicherheitstechnischen Auslegung, Ausführung und Prüfung von Bauwerken und maschinentechnischen Ausrüstungen der Kernanlagen. Sie bearbeitet Themen zur Strukturintegrität der in den Anlagen verwendeten Materialien, insbesondere Rissbildung in Stählen sowie Alterungsphänomene.

Abteilung Reaktorauslegung und Sicherheitsanalysen (RASA)

Die Abteilung Reaktorauslegung und Sicherheitsanalysen (RASA) befasst sich mit der umfassenden Überprüfung der Sicherheit gesamter Kernanlagen mittels deterministischen und probabilistischen Sicherheitsanalysen. Sie beurteilt das Anlageverhalten im Normalbetrieb, bei Störfällen und bei schweren Unfällen. Im Hinblick auf ihre Sicherheits- und Risikorelevanz bewertet sie Anlage- und Vorschriftenänderungen sowie Accident Management Massnahmen. Sie stellt die analytischen Mittel bereit, um Diagnosen und Prognosen schwerer Unfälle aufgrund der ANPA-Werte (Anlageparameter) zu ermöglichen. Zu den Aufgaben der Abteilung gehört auch die Bewertung neuer Reaktorkonzepte.

Sektion Reaktor- und Sicherheitstechnik (RST)

Die Sektion Reaktor- und Sicherheitstechnik (RST) behandelt sicherheitstechnische Fragen im Rahmen der Auslegungsbasis einer Kernanlage. Dazu gehören die Überprüfung des auslegungsgemässen Verhaltens der Betriebs- und Sicherheitssysteme, des Sicherheitsbehälters (Containment) mit seinen Systemen, des Reaktors und des nuklearen Brennstoffs sowie die Überprüfung der Betriebs- und Störfallvorschriften.

Sektion Probabilistische Sicherheitsanalysen und Accident Management (PSA)

Die Sektion Probabilistische Sicherheitsanalysen und Accident Management (PSA) befasst sich mit Risikoanalysen für Kernanlagen, dem Anlageverhalten bei schweren Unfällen, der Beurteilung von Accident Management Massnahmen zur Verhinderung oder Milderung von schweren Unfällen, der Risikobewertung von Anlagen- und Vorschriftenänderungen und unterstützt den HSK-Notfallstab im Falle eines Kernkraftwerksunfalls.

Abteilung Strahlenschutz und Notfallplanung (SANO)

Die Abteilung Strahlenschutz und Notfallplanung (SANO) befasst sich mit den Gebieten radiologischer Arbeitsschutz, Messtechnik und Radioökologie, Störfallauswirkungen und Notfallschutz sowie der Koordination der Aufsichtstätigkeit über das Paul Scherrer Institut (PSI).

Aufsicht PSI

Die Stabsstelle Koordination der Aufsicht über das Paul Scherrer Institut (PSI) betreut auch die kleinen Forschungsanlagen (Universität Basel, EPFL). Sie führt eigene Inspektionen durch und koordiniert die behördlichen Tätigkeiten. Sie behandelt Gesuche, bereitet Freigaben und Bewilligungen vor und wertet Ereignisse aus. Sie kontrolliert die Berichterstattung.

Sektion Radiologischer Arbeitsschutz (RAS)

Die Sektion Radiologischer Arbeitsschutz (RAS) befasst sich mit den technischen und organisatorischen Massnahmen zum Schutz des Personals von Kernanlagen und des PSI. Im Vordergrund stehen die Festlegung von Schutzmassnahmen für die beruflich strahlenexponierten Personen, die Prüfung der Dosisgrenzwerte für das Personal, die Optimierung des Strahlenschutzes, das Erstellen von Dosisstatistiken, die Beurteilung von Strahlenwirkungen auf Menschen und die Bereitstellung von Grundlagen für die medizinische Notfallplanung.

Sektion Strahlenmesstechnik und Radioökologie (MER)

Die Sektion Strahlenmesstechnik und Radioökologie (MER) befasst sich mit der Limitierung und Messung der Abgabe radioaktiver Stoffe an die Umwelt, mit den messtechnischen Ausrüstungen zum Schutze des Personals von Kernanlagen und des PSI sowie mit der radiologischen Überwachung der Umgebung.

Sektion Störfallauswirkungen und Notfallschutz (SUN)

Die Sektion Störfallauswirkungen und Notfallschutz (SUN) studiert die verschiedenen Störfallszenarien und beurteilt deren radiologische Auswirkungen auf das Personal und die Umgebung. Sie berät die Behörden des Bundes und der Kantone bei der Planung und Realisierung von Notfallschutzmassnahmen. Sie sorgt für die Einsatzbereitschaft der HSK-Notfallorganisation.

Gliederung der Organisationseinheiten und Personalbestand

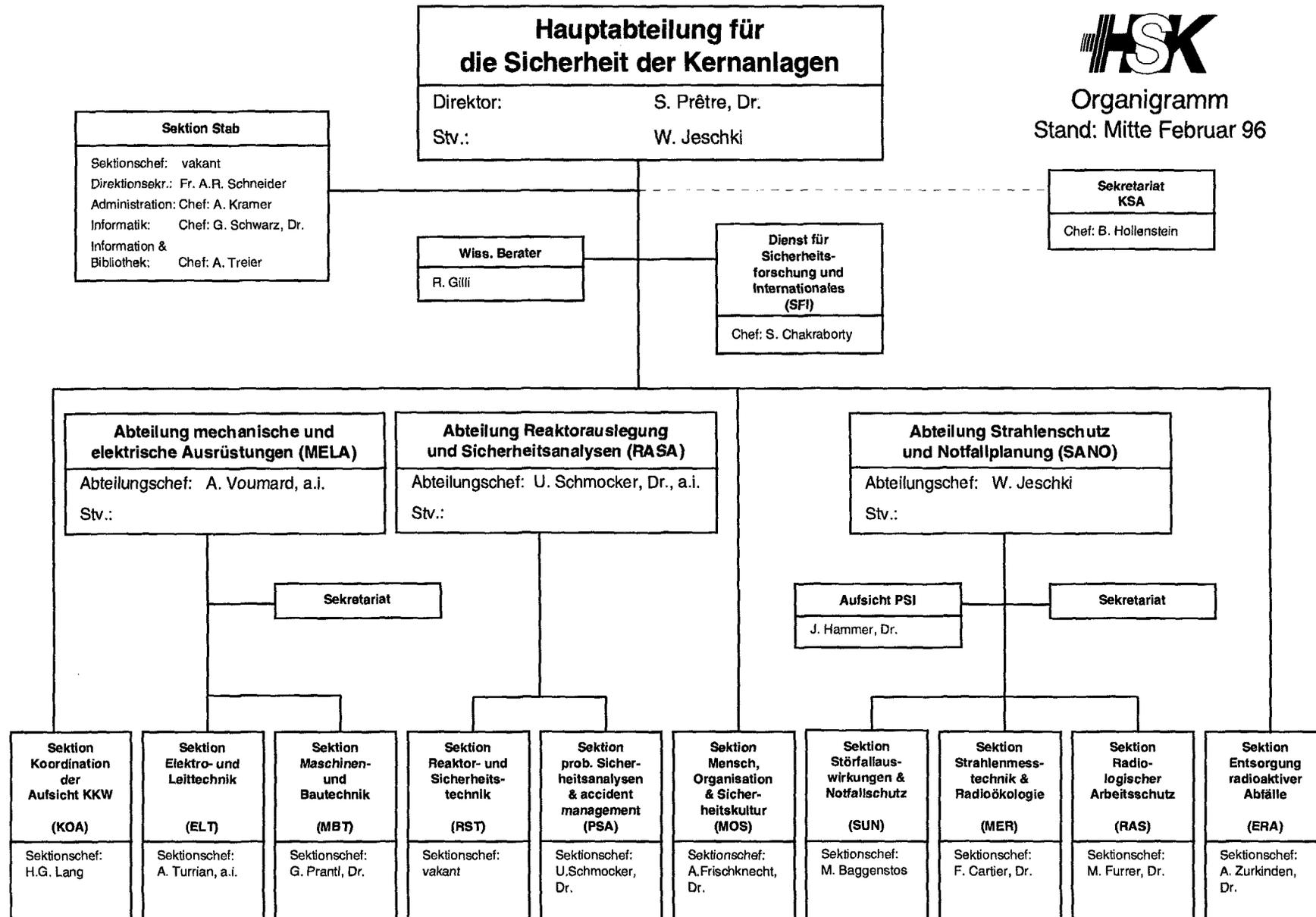
Die oben erwähnten Organisationseinheiten gliedern sich nach einem Organigramm, das auf der nächsten Seite ersichtlich ist.

Die HSK beschäftigte anfangs des Jahres 1996:

24 Physiker, 13 Elektroingenieure, 13 Maschineningenieure, 7 Chemiker, 2 Werkstoffingenieure, 2 Geologen, 1 Geophysiker, 2 Werkstoff-Ingenieure, 1 Bauingenieur, 1 Mathematiker und 1 Biologen sowie Mitarbeiter der zentralen Dienste und Sekretariate.



Organigramm
Stand: Mitte Februar 96





Kernkraftwerk Beznau
Centrale nucléaire de Beznau
Nuclear power plant Beznau

KERNKRAFTWERK BEZNAU

Betriebsdaten und Betriebsergebnisse

Das Kernkraftwerk Beznau (KKB) der Nordostschweizerischen Kraftwerke (NOK) umfasst zwei weitgehend identische Zwei-Loop-Druckwasserreaktor-Blöcke (KKB I und KKB II) mit je einer elektrischen Nettoleistung von 350 MW, die im Jahre 1969 bzw. 1971 den Betrieb aufnahmen. Weitere Daten sind in der Tabelle 1 im Anhang zusammengestellt; Figur 1a zeigt das Funktionsschema einer Druckwasser-Reaktoranlage.

Die Blöcke KKB I und KKB II erreichten eine Arbeitsausnutzung¹ von 93,2% bzw. 83,8% und eine Zeitverfügbarkeit² von 91,3% bzw. 83,1%, wobei jeweils der Anteil der nicht produzierten Arbeit im wesentlichen auf den Brennelementwechsel und die Jahresrevisionen zurückzuführen ist.

Der jährliche Stillstand von Block I zur Durchführung des Brennelementwechsels und der Instandhaltungsarbeiten dauerte 30 Tage.

Im Block II war der jährliche Stillstand besonders durch umfangreiche Wiederholungsprüfungen in der Primäranlage gekennzeichnet, was zu einer längeren Stillstandsdauer von 61 Tagen führte.

Die Wärmeauskopplung für das regionale Fernwärmenetz (REFUNA) belief sich 1995 auf insgesamt 137,3 GWh für beide Anlagen. Der Betrieb des Blockes I wurde durch einen ungeplanten Stillstand unterbrochen, dessen Ursache in einer automatischen Abschaltung des Reaktors, hervorgerufen durch eine Störung im Speisewassersystem, lag. Eine automatische Lastabsenkung auf 50% Reaktorleistung war die Folge eines zu knapp eingestellten Überwachungsrelais im Turbinenschutzsystem.

Der Betrieb des Blocks II wurde am 28. Dezember 1995 durch einen ungeplanten Stillstand unterbrochen. Die Reaktorschnellabschaltung war die Folge einer externen Störung im 220 kV Netz.

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

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

Anlagensicherheit

Besondere Vorkommnisse

Es sind keine Ereignisse der Klassen A oder S aufgetreten und auch keine höher als Null gemäss der INES-Skala (siehe im Anhang die Tabelle 13).

Im Block I wurde ein Ereignis der Klasse B zugeordnet:

- Reaktorschnellabschaltung durch tiefes Dampferzeugerniveau und Dampf/Speisewasser-Mismatch nach Ausfall einer Speisewasserpumpe im April.

Eine Leckage im Ölkühler der Speisewasserpumpe 1 führte zu deren Abschaltung. Zur Aufrechterhaltung der Speisewasserversorgung wurde die Reservepumpe 2 gestartet. Nach kurzer Betriebszeit fiel diese Pumpe durch Ansprechen eines Pumpenschutzsignals aus, was zu einer ungenügenden Dampferzeugerbespeisung führte. Die Betriebsmannschaft leitete daraufhin einen Turbinenrückschub ein. Kurz darauf führte das Reaktorschutzsignal „Frischdampf-/Speisewassermenge Mismatch und Dampferzeuger Niveau Tief“ zu einer Reaktorschnellabschaltung. In beiden Fällen führten Leckagen der Ölkühler der Speisewasserpumpen zu den Ausfällen der Pumpen. Nach der Reparatur der Kühler konnte die Anlage wieder in Betrieb genommen werden.

Als Abhilfe wurden Erweiterungen der Instandhaltungsmassnahmen sowie Änderungen in der Pumpenüberwachung eingeleitet.

Im Block II wurden zwei Ereignisse der Klasse B zugeordnet:

- Störung an einem Motorventil (MOV) beim monatlichen Test im Januar.

Anlässlich des monatlichen Funktionstests eines MOV in der Sicherheitseinspeiserezirkulationsleitung konnte das Ventil nicht mehr bewegt werden. Die Ursache lag bei zwei durchgeschmolzenen Sicherungen in der elektrischen Anspeisung des Ventils. Die Sicherungen wurden ersetzt und mehrere Funktionstests erfolgreich durchgeführt. Um eine Wiederho-

lung dieses Fehlers zu vermeiden, wurde während des Stillstandes 1995 der Antrieb und die gesamte Kabelstrecke zur Anspeisung des Ventils ausgetauscht.

- Reaktorschnellabschaltung nach einer Störung im 220 kV-Netz.

Aufgrund einer Störung im 220-kV-Netz vom 28. Dezember 1995 hat ein Einspeiseschalter zur Blockschiene BG im KKB II ausgelöst, wodurch eine Betriebsschiene in der Eigenbedarfsversorgung spannungslos wurde. Dies bewirkte den Ausfall einer Reaktorhauptpumpe und in der Folge eine automatische Reaktorabschaltung. Korrekturen in der Schutzauslösung wurden gleichen Tags und im Januar 1996 vorgenommen.

Arbeiten während der Jahresstillstände

Im Block I, der nach wie vor in einem 12 Monate-Zyklus betrieben wird, dauerte der geplante Stillstand für Brennelementwechsel und Revisionsarbeiten 30 Tage. Dabei wurden 36 der insgesamt 121 Brennelemente ersetzt. Der Hauptteil der Stillstandszeit wurde für Revisions- und Inspektionsarbeiten sowie für Nachrüstungen aufgewendet. Hervorzuhebende Tätigkeiten sind hier die Sanierung des primären Zwischenkühlsystems im Bereich der Reaktorhauptkühlmittelpumpen, Änderungen im Kommandoraum im Bereich der Eigenbedarfsversorgung, Reinigungen im Bereich der Dampferzeuger, Ersatz von 11 Heizelementen des Druckhalters sowie die neue Notstromspeisung ab modifiziertem Hydrokraftwerk Beznau. Zudem wird mit dem Austausch der Hochdruckturbinen eine Verbesserung des Wirkungsgrads erwartet, was eine erhöhte Stromproduktion mit sich bringen würde.

Im Block II, der in einem 18 Monate-Zyklus betrieben wird, dauerte der geplante Stillstand für Brennelementwechsel und Revisionsarbeiten 61 Tage. Dabei wurden 45 der 121 Brennelemente ersetzt. Der Hauptteil der Stillstandszeit wurde wie im Block I ebenfalls für Revisions- und Inspektionsarbeiten sowie für Nachrüstungen aufgewendet. Die Tätigkeiten lagen dabei schweremäßig in einem vollen Inspektionsprogramm beider Dampferzeuger (17 Rohre gestopft, 147 Rohre "geslevt"), der Druckprobe des Reaktor-Kühlkreislaufes, einer umfangreichen Ultraschall-Prüfung des Reaktordruckbehälters (RDB), der neuen Notstromspeisung ab dem Hydrokraftwerk Beznau sowie im Ersatz des elektrischen Schutzes auf der 6-kV-

Ebene. Auf der Sekundärseite ist wie im Block I der Ersatz der Hochdruckturbinen hervorzuheben.

In beiden Blöcken wurden die Kehlnähte an den Frischdampf- und Speisewasserleitungen im Ringraum geprüft.

Anlagenänderungen

Die in diesem Jahr ausgeführten Änderungen sind vorwiegend aufgrund von Erkenntnissen aus neuesten Studien sowie aus Forderungen des HSK-Gutachtens zum Gesuch um die unbefristete Betriebsbewilligung des Blocks II entstanden. Aus diesem Paket sind grössere erwähnenswerte Systemänderungen sowie Nachrüstungen, die in beiden Blöcken durchgeführt wurden, nachfolgend aufgelistet:

- Zur einzelfehlersicheren Absperrung der Reaktorhauptpumpen-Sperrwasserrücklaufleitung wurde eine zusätzliche Isolationsarmatur eingebaut.
- Als Massnahme zur Verhinderung eines Überdrucks im primären Zwischenkühlsystem wurden im Vorlauf zur Reaktorhauptpumpe zwei Rückschlagventile und im Rücklauf eine bei hohem Durchfluss selbsttätig schliessende Spezialarmatur eingebaut.
- Im Rahmen des Projektes der räumlichen Abtrennung der dampf- und wasserführenden Systeme von den elektrischen Ausrüstungen im Schaltanlagenraum wurden weitgehende Vorbereitungsarbeiten durchgeführt.
- Im elektrischen Bereich wurden die Eigenbedarfs- und Erregertransformatoren sowie die Erregungseinrichtungen ersetzt. Als zweiter Schritt wurde der elektrische Block- und Eigenbedarfsschutz ersetzt sowie die Synchronisier- und Schnellumschalteinrichtung im Block II in Betrieb genommen.
- Im Anlagen-Informationssystem ANIS wurden weitere Subsysteme installiert.
- Zur Verbesserung der Notstromversorgung wurde die modifizierte, jetzt redundante Notstromversorgung ab Hydrokraftwerk Beznau an das Kernkraftwerk aufgeschaltet.
- Isolationsmessungen an den Druckhalterheizelementen in Block I führten zum Austausch von 11 Heizelementen.

Brennstoff und Steuerstäbe

Da im Berichtsjahr in beiden Blöcken des KKB die Aktivität im Primärkreislaufwasser gering war, kann davon ausgegangen wer-

den, dass keine Brennstoffdefekte aufgetreten sind.

Im KKB I wurden während des Stillstandes 36 Brennelemente ersetzt, im KKB II 45, davon waren im KKB I 28 neue Elemente, im KKB II 40. Die Zahl der Uran/Plutonium-Mischoxydbrennelemente (MOX) wurde im KKB I von 40 auf 37 verringert, im KKB II von 8 auf 0. Im Berichtsjahr fanden keine Steuerstabsinspektionen statt; das Verhalten der Steuerstäbe liess auf keinerlei Schäden schliessen.

wurde routinemässig eingelagert. Dem Antrag von KKB, nicht-brennbare, leicht kontaminierte Materialien (Ersatzteile, Werkzeuge und Abschirmungen) in der SAA-Halle des ZWIBEZ aufzubewahren, wurde zugestimmt.

Strahlenschutz

Schutz des Personals

Im Kalenderjahr 1995 (Vorjahr 1994 in Klammern) wurden im KKB die in der Tabelle angegebenen Kollektivdosen ermittelt:

Aktionen	Personen-Sv KKB-I	Personen-Sv KKB-II	Personen-Sv Total
Geplante Stillstände	0,37 (0,61)	0,72 (0,00)	1,09 (0,61)
Leistungsbetrieb	0,14 (0,16)	0,14 (0,15)	0,28 (0,31)
Jahreskollektivdosen	0,51 (0,77)	0,86 (0,15)	1,37 (0,92)

Im Berichtsjahr erfolgten 10 Abtransporte mit je 7 abgebrannten Brennelementen zur Wiederaufbereitung.

Radioaktive Abfälle

Der Anfall an radioaktiven Rohabfällen (vgl. Tabelle 11) lag im Berichtsjahr im Bereich der Erfahrungswerte vergangener Jahre. Routinemässig wurden Filterkerzen und Schlamm der Abwasserreinigungsanlage (AURA) gemäss den entsprechenden von der HSK freigegebenen Spezifikationen konditioniert. Das KKB hat ferner an der gemeinsamen Verpressungskampagne im KKL teilgenommen und brennbare Abfälle beim PSI veraschen und zementieren lassen.

Im Berichtsjahr sind gute Fortschritte betreffend Spezifikation und Dokumentation der zur Anwendung kommenden Konditionierverfahren gemacht worden. Für die drei bereits früher spezifizierten Abfalltypen Harze in Polystyrol, Pressabfälle und nicht-pressbare Mischabfälle wurde die entsprechende Freigabe erteilt. Die Zementierung der bei der Verdampfung radioaktiver Abwässer anfallenden Konzentrate wurde von KKB gemäss den Anforderungen der Richtlinie HSK-R-14 spezifiziert, von der Nagra als endlagerfähig beurteilt und von der HSK freigegeben. Von den weiterproduzierten Abfallgebinderotypen muss nur noch der Typ Verbrennungsrückstände abschliessend spezifiziert werden, was 1996 vorgesehen ist. Parallel dazu müssen früher produzierte Abfallgebinder nachdokumentiert werden.

In die Zwischenlager des KKB (Rückstandslager des KKB und SAA-Halle des ZWIBEZ)

Die gesamte Kollektivdosis ist gegenüber 1994 vor allem deshalb wieder angestiegen, weil 1995 wiederum in beiden Blöcken Stillstandsarbeiten erfolgten. Die Revisionskollektivdosen sind für beide Blöcke dank der in grossen Teilen der Anlage tief gebliebenen Dosisleistungen niedrig ausgefallen. In Block I wirkt sich nach wie vor der Dampferzeugeraustausch von 1993 positiv aus. In Block II und in den Teilen des Blocks I, die vom Dampferzeugeraustausch nicht profitiert haben, sind die radiologischen Verhältnisse etwa gleich wie im Vorjahr geblieben. Der 18 Monate-Zyklus im Block II hatte also keinen Einfluss auf die radiologischen Verhältnisse in der Anlage. In beiden Blöcken wurden wiederum rund 70 Tonnen temporäre Bleiabschirmungen aufgebaut, die in jedem Werk rund 500 Personen-mSv an eingesparter Kollektivdosis erbrachten. An besonders dosisrelevanten speziellen Arbeiten sind zu vermerken:

Block I:

Austausch von 11 defekten Druckhalter-Heizelementen:

Der Austausch konnte insbesondere dank intensivem Training am Modell mit tiefer Kollektivdosis und ohne Kontaminationsverschleppungen durchgeführt werden.

Kabeltrassen-Ersatz:

Diese Arbeiten, die teilweise in signifikanten Strahlenfeldern erfolgen mussten, konnten 1995 mit knapp 70 Personen-mSv wie geplant abgeschlossen werden.

Block II:

An beiden Dampferzeugern erfolgten detaillierte Wirbelstromprüfungen und anschliessend umfangreiche Reparaturarbeiten (total

wurden 17 Rohre mit Stopfen versehen und 147 Rohre mit „Sleeves“ repariert). Die Kollektivdosis für die gesamten Dampferzeuger-Arbeiten lag mit 139 Personen-mSv tief und betrug nur rund die Hälfte des geplanten Wertes.

Kabeltrassenersatz:

Für den Ersatz der Kabeltrassen musste in Block II nur eine Kollektivdosis von 27 Personen-mSv aufgewendet werden.

Die Summe der Jahreskollektivdosen beider Reaktorblöcke von 1,37 Personen-Sv ist der seit Inbetriebnahme der Anlage tiefste ermittelte Wert für ein „Normaljahr“ mit je einem Revisionsstillstand. Dies zeigt, dass die beiden Anlagen in einem guten Zustand sind und dass der Strahlenschutz seine Aufgabe sehr effizient erfüllt.

Bei den Individualdosen wurden keine Dosisüberschreitungen festgestellt. Die höchste Einzeldosis betrug 1995 14,7 mSv (1994: 12,0 mSv). Nähere Angaben sind in den Tabellen 5 bis 10 und aus den Figuren 6 bis 10 ersichtlich.

Radiologisch bedingte zu klassierende Ereignisse traten 1995 in beiden Blöcken keine auf. In Block II war am Anfang des Stillstandes wegen einer verspäteten Umschaltung des Brennelementbecken-Reinigungskreislaufes die Dosisleistung oberhalb des Lagerbeckens gegenüber dem Normalwert erhöht. Dies führte für die Arbeiten im Lagerbeckenraum zu einer zusätzlichen Personendosis von 13 Personen-mSv. Administrative Massnahmen zur Vermeidung einer Wiederholung wurden ergriffen.

Abgaben an die Umwelt und Direktstrahlung

In Tabelle 4 sind die Abgaben radioaktiver Stoffe mit der Abluft und dem Abwasser zusammengestellt. Alle Abgaben bewegten sich in der Grössenordnung der Vorjahre und lagen deutlich unterhalb der Grenzwerte, für Aerosole sogar unterhalb der Schwelle von 0,1% des Grenzwertes. In dieser Tabelle sind auch die aus den Abgaben berechneten maximalen Jahresdosiswerte für Personen in der Umgebung angegeben. Die Abgaben führten 1995 zu einer unter ungünstigen Annahmen abgeschätzten Jahresdosis von $1,1 \cdot 10^{-6}$ Sv (Erwachsene) resp. $2,0 \cdot 10^{-6}$ Sv (Kleinkinder) für Einzelpersonen der Bevölkerung. Die abgeschätzte Jahresdosis entspricht ca. 1% des quellenbezogenen Dosisrichtwertes von 0,2 mSv für das KKB.

Aufgrund der Einführung der neuen Strahlenschutzverordnung (StSV) im Oktober 1994 wurden einige Anpassungen nötig, die im vorliegenden Bericht erstmals zum Tragen kommen:

- Die Abgabegrenzwerte wurden auf die in der StSV konsequent verwendete Einheit "Bequerel" umgerechnet. Zugleich gab es auch Anpassungen an die neu definierten Richtwerte für die Aktivität in der Luft und an die Freigrenzen gemäss Anhang 3 der StSV. Beim KKB erfolgten diese Anpassungen mit der Verlängerung der Betriebsbewilligung für den Block II vom 12. Dezember 1994.
- Die Berechnung der Dosiswerte aus den Abgaben wurde gemäss den Modellen des Entwurfs der HSK-Richtlinie R-41 (Berechnung der Strahlenexposition in der Umgebung aufgrund von Emissionen radioaktiver Stoffe aus Kernanlagen) vom September 1995 durchgeführt. Gegenüber den alten Berechnungsgrundlagen ergeben sich für die Gesamtdosis allerdings nur geringfügige Abweichungen.
- Das "Reglement für die Abgabe radioaktiver Stoffe und die Überwachung von Radioaktivität und Direktstrahlung in der Umgebung des Kernkraftwerks Beznau (Abgabereglement)" ist überarbeitet und auf Anfang 1996 in Kraft gesetzt worden. Mit den Dosisleistungs-Messsonden (MADUK) in der Umgebung des KKB wurde keine signifikante Erhöhung der Ortsdosis über die naturbedingte Untergrundstrahlung festgestellt.

Strahlenschutzinstrumentierung

Alle Monitore für die Personenüberwachung und die weiteren Strahlenschutzmessgeräte erfüllten ihre Aufgabe bestimmungsgemäss. Das KKB verbessert zur Zeit bei den festinstallierten Messgeräten den Schutz gegen elektromagnetische Störsignale.

Personal und Organisation

Personal

Im Berichtsjahr wurden drei Reaktoroperateure und ein Schichtchef neu lizenziert. Der Totalbestand an lizenziertem Personal ist in Tabelle 2 aufgeführt.

Die gesamte Werksbelegschaft umfasste Ende Berichtsjahr 453 Personen (1994: 472). Die schon 1994 angelaufene Aktion der Frühpensionierungen wurde 1995 abgeschlossen. Diese Aktion bildet den wesentlichen Grund für die Abnahme des Personal-

bestandes. Durch Neueintritte werden die freiwerdenden Stellen teilweise wieder besetzt, insbesondere in der Abteilung Betrieb. Bis auf 5 Stellen sollen alle Vakanzen wieder besetzt werden.

Organisation

Im Laufe des Berichtsjahres wurden im KKB keine organisatorischen Änderungen vorgenommen.

Ende 1995 überprüfte ein Team von Experten aus 13 Ländern die Organisation, die Abläufe und Arbeitsweise des KKB im Rahmen einer durch die Internationale Atomenergie Organisation (IAEO) durchgeführte OSART-Mission (Operational Safety Assessment Review Team). Intensive Interviews mit KKB-Mitarbeitern, Durchsicht der Dokumentation und Rundgänge in der Anlage bildeten die Grundlage für die Beurteilung. Das Team kam zum Schluss, dass die Mitarbeiter des KKB das Werk kompetent und sicherheitsbewusst betreiben, und dass die Anlage sich in einem guten Zustand befindet. Es wurden einige positive Merkmale entdeckt, welche international weitervermittelt werden. Empfehlungen des Teams für Verbesserungen wird KKB überprüfen und - wo realisierbar - im Laufe des Jahres 1996 umsetzen. In ca. 1½ Jahren wird die IAEO in einer routinemässig vorgesehenen Nachprüfung die Wirksamkeit der getroffenen Massnahmen beurteilen.

Ausbildung

Neben den üblichen Aus- und Weiterbildungskursen für die ganze Belegschaft erfahren im Berichtsjahr die Mitglieder des Notfallstabes des KKB und deren Stellvertreter eine Schulung in Stabsarbeit. Die HSK konnte sich anlässlich der Notfallübung "Wassermann" überzeugen, dass sich diese Ausbildung positiv auf die Arbeit und auf die Kommunikation innerhalb des Notfallstabes und zu den Notfallequipen ausgewirkt hat.

Notfallübungen

Im Herbst wurde im KKB unter dem Namen "Wassermann" eine Werksnotfallübung durchgeführt. Mit dieser Notfallübung wurde die Einsatzbereitschaft der KKB-Notfallorganisation bei einem technischen Notfall im abgestellten Anlagezustand mit abgesenktem Wasserniveau im Primärkreislauf, sowie die Durchführung der Alarmierung der Betriebswache ausserhalb der normalen Arbeitszeit überprüft.

Angenommen wurde ein Rohwasserleitungsbruch im Bereich der Zwischenkühlwasserpumpen und der gleichzeitige Ausfall sämtlicher Zwischenkühlwasserpumpen. Die Reaktorkühlmitteltemperatur stieg infolge Ausfall der Wärmesenke und wegen des kleinen Wasserinventars relativ rasch an. Durch entsprechende Massnahmen musste die Kühlung des Reaktorkerns sichergestellt sowie ein bei der Evakuierung des Containments schwer verletzter Mitarbeiter richtig versorgt werden.

Die in den letzten zwei Jahren von KKB systematisch durchgeführten Verbesserungen in der Notfallorganisation und in der Schulung der Arbeitstechnik unter Notfallbedingungen zeigten positive Resultate. Die Einsatzbereitschaft der Notfallorganisation und das Notfallverhalten des Personals beurteilt die HSK als gut.

Erfüllung von Auflagen für KKB II

Der Stand der Erfüllung von Auflagen, die mit der Betriebsbewilligung vom Dezember 1993 verknüpft sind, stellt sich wie folgt dar:

Auflage 3.3:

Für die bis heute nicht prüfbar Schweissnähte des Reaktorkühlkreislaufs sind Prüfmöglichkeiten zu untersuchen; bis 31. Dezember 1995 ist der HSK ein Vorschlag zur Ergänzung des Prüfumfanges vorzulegen.

Termingerecht ist ein Vorschlag eingereicht worden. Im Stillstand 1995 wurden erstmals die beiden Bodenkalotten-Rundnähte mit Ultraschall und die Inconel-600-Bodendurchführungen mit Wirbelstrom und Ultraschall geprüft. Zur Deckelrundnaht liegt eine Studie vor, die zum Schluss kommt, dass die Prüfung möglich ist.

Die Frage der Prüfbarkeit der Hauptkühlmitteleitung wird aufgrund der Berichte dreier Firmen als nach wie vor problematisch beurteilt. Es werden Vorschläge zum weiteren Vorgehen gemacht.

Auflage 3.4:

Safeguardsystem

- Während eines Brennstoffzyklus sind in regelmässigen Abständen erweiterte Prüfungen des Safeguardsystems durchzuführen. Dazu ist bis zum Revisionsstillstand 1995 ein Konzept zur Prüfung während des Betriebs auszuarbeiten und der HSK vorzulegen.

- Beim Test des Safeguardsystems während des Revisionsstillstandes ist ab 1995 eine vollständige Prüfung aller Anrege-Signalkombinationen durchzuführen.

Das Konzept wurde termingerecht vorgelegt mit dem Zweck, ab Stillstand 1996 die Prüfungen im maximalen Umfang durchzuführen, wie es beim derzeitigen Safeguardsystem möglich ist.

Der zweite Punkt ist im Revisionsstillstand 1995 erfüllt worden und wird auch in Zukunft durchgeführt.

Auflage 3.5:

Das Hilfsspeisewassersystem ist im Hinblick auf Systemzuverlässigkeit und -kapazität so zu verbessern, dass ausser der Nachwärmeabfuhr auch gleichzeitig ein beschleunigtes Abfahren der Anlage unter Berücksichtigung des Einzelfehlerkriteriums möglich ist. Vorschläge für Systemverbesserungen sind der HSK bis 30. Juni 1995 einzureichen.

Termingerecht ist ein Konzeptvorschlag eingereicht worden. Aufgrund der Stellungnahme der HSK ist der Vorschlag in Überarbeitung beim Betreiber.

Auflage 3.6:

Eigenbedarfs- und Notstromversorgung
Folgende Verbesserungen der Eigenbedarfs- und Notstromversorgung sind bis 31. Dezember 1996 durchzuführen:

- Realisierung der automatischen Generatorschalterfunktion und Eliminierung der automatischen Rückspeisungen von 1E-auf 0E-Schienen;
- Erstellen einer unabhängigen und zuverlässigen Notstromversorgung für den Strang 24;
- Ertüchtigung des Abwurfs der Hauptspeisewasserpumpe von Strang 24 im Notstromfall;
- Abschluss der systematischen Strangzuordnung der 1E-Verbraucher.

Diese vier Auflagen wurden vollumfänglich während des Stillstands 1995 erfüllt.

- Ausserdem sind die Sicherheitsgewinne und Realisierungsmöglichkeiten einer weiteren Anspeisung der NANO-Systeme bis 30. Juni 1995 zu untersuchen.

Diese fünfte Auflage wurde termingemäss erfüllt.

Danach bringt eine weitere NANO-Anspeisung keinen wesentlichen Sicherheitsgewinn. Die HSK hat die Antwort geprüft und kommt zum gleichen Ergebnis.

Auflage 3.8:

Es ist ein systematisches, KKB-spezifisches Alterungsüberwachungsprogramm auszuarbeiten und zu befolgen. Für die wichtigsten sicherheitsrelevanten Bauwerke sowie elektrischen und mechanischen Ausrüstungen ist ein solches Programm bis 31. Dezember 1995 vorzulegen.

Erste Teile des Alterungsüberwachungsprogramm wurde termingerecht eingereicht. Die Überprüfung durch die HSK ist im Gange.

Auflage 3.13:

Die Analysen über die bei Störfällen zu erwartenden radiologischen Verhältnisse in der Anlage sind bis 30. Juni 1995 zu vervollständigen.

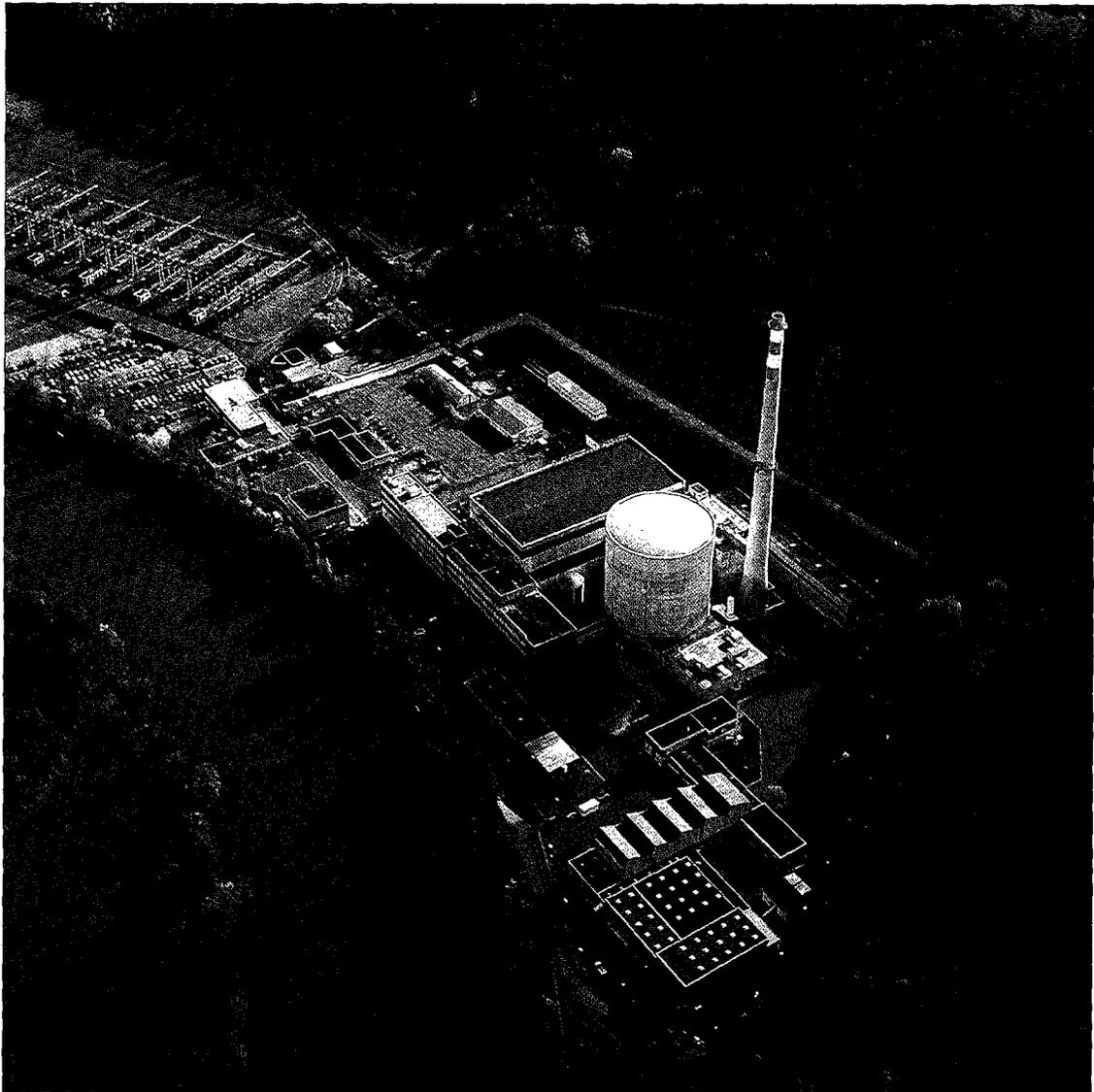
Die Studie ist fristgerecht eingetroffen und ist zur Zeit in Überprüfung.

Gesamteindruck aus der Sicht der HSK

Der Zustand der Anlage in bezug auf die nukleare Sicherheit und den Strahlenschutz sowie die Betriebsführung der beiden Blöcke können als gut bezeichnet werden. Der Sicherheitsstand der Anlage konnte insbesondere auf dem Gebiet der Notstromversorgung erhöht werden.

Durch umfangreiche Abschirmmassnahmen in Bezug auf den Strahlenschutz erreichte die gesamte Kollektivdosis sowohl für Eigen- als auch Fremdpersonal den tiefsten Wert seit der Inbetriebnahme des Kernkraftwerkes Bezau. Dies gilt für Jahre, in denen beide Blöcke für eine Revision abgestellt waren. Auch die Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umgebung lagen weit unterhalb der behördlich festgelegten Grenzwerte.

Die aufgetretenen Ereignisse hatten nur geringe Bedeutung für die nukleare Sicherheit.



Kernkraftwerk Mühleberg
Centrale nucléaire de Mühleberg
Nuclear power plant Mühleberg

KERNKRAFTWERK MÜHLEBERG

Betriebsdaten und Betriebsergebnisse

Das Kernkraftwerk Mühleberg (KKM) der BKW Energie AG ist eine Siedewasserreaktoranlage mit 355 MW elektrischer Nettoleistung. Diese Leistung gilt offiziell seit dem 1. Januar 1994, nachdem im Jahre 1993 eine Erhöhung der thermischen Leistung um insgesamt 10% vorgenommen worden war. Das KKM nahm im Jahre 1972 den kommerziellen Betrieb auf. Weitere Daten sind in Tabelle 1 im Anhang zusammengestellt; Figur 1b zeigt das Funktionsschema einer Siedewasserreaktoranlage.

Das Kernkraftwerk Mühleberg erreichte eine Arbeitsausnutzung von 85,4% und eine Zeitverfügbarkeit von 90,1%. Die Jahresrevision mit dem Brennstoffwechsel dauerte 35 Tage. Für die Heizung der Wohnsiedlung "Steinriesel" wurden 3,35 GWh thermische Energie abgegeben.

Die Anlage verzeichnete im Berichtsjahr eine geplante und eine ungeplante Reaktorschnellabschaltung. Während des Leistungsbetriebs erfolgten fünf geplante Lastreduktionen für physikalische Messungen bzw. zur Durchführung von Wiederholungsprüfungen oder Funktionstests und 3 störungsbedingte Lastabsenkungen mit den folgenden Ursachen:

- Sperrwasserleckage an Kondensatpumpen
- Druckluftleckage am Lastschalter
- Turbinenabschaltung bei einem monatlichen Funktionstest der Sicherheitsauslösung.

Anlagensicherheit

Besondere Vorkommnisse

Es sind keine Ereignisse der Klassen A oder S aufgetreten, auch keine höher als Null gemäss der internationalen Bewertungsskala INES (siehe dazu entsprechendes Kapitel und Anhang).

Das folgende Ereignis wurde der Klasse B zugeordnet:

- Reaktorabschaltung nach Turbinenschnellschluss mit Vakuumbrechen. Störimpulse hatten zu einer Fehlauflösung der Vibrationsüberwachung der Turbo-Gruppe A geführt. Die Anlage verhielt sich

auslegungsgemäss. Die Störungsursache wurde während des Stillstands behoben.

Das Ereignis war von geringer Bedeutung für die nukleare Sicherheit.

Arbeiten während des Jahresstillstandes

Die bei der Revision üblichen Tätigkeiten wie Brennelementwechsel, Inspektionen, Wiederholungsprüfungen, Funktionsprüfungen an Komponenten und Systemen, Instandhaltungsarbeiten usw. wurden planmässig durchgeführt. Als wichtigste Tätigkeiten und Ergebnisse sind hervorzuheben:

- Prüfungen am Kernmantel

Als wichtiger Programmpunkt im Zuge der Wiederholungsprüfungen wurde auch dieses Jahr der Kernmantel im Inneren des Reaktordruckbehälters mittels Ultraschallverfahren und Videoaufnahmen geprüft. Bei dieser nicht-druckführenden Komponente aus austenitischem Stahl waren seit 1990 Risse an Schweißnähten festgestellt worden.

Die diesjährigen Prüfungen umfassten erstmals systematisch alle horizontalen Schweißnähte des Kernmantels. Es wurden keine wanddurchdringenden Risse entdeckt. Zwei bereits in den Vorjahren entdeckte Risse wiesen deutliche Verlängerungen auf. Der längste Riss erreichte eine Länge von 45 cm. Die aufsummierte Risslänge betrug 1994 in der am meisten betroffenen Naht rund 75 cm. 1995 war sie etwa 90 cm, was 9% der totalen Nahtlänge entspricht. In allen anderen betroffenen Nähten ist die aufsummierte Risslänge wesentlich kleiner. Die Risstiefen haben sich gegenüber dem Vorjahr kaum verändert und erreichen an wenigen Stellen etwa 60% der Wandstärke.

Wie die Sicherheitsanalysen zeigen, bedeuten die Risse für den Normalbetrieb der Anlage auch weiterhin keine Sicherheitseinbusse. Selbst im Fall einer extremen störfallbedingten Beanspruchung wäre die Integrität des Kernmantels nicht gefährdet.

Die Prüfergebnisse zeigen jedoch, dass auch künftig mit einem Risswachstum gerechnet werden muss. Aber selbst für den Fall eines starken Risslängenwachstums

während des gegenwärtigen Betriebszyklus 1995/96 wären noch ausreichende Sicherheitsreserven vorhanden, da die Ergebnisse nicht darauf hindeuten, dass innerhalb des nächsten Jahres ein Durchriss zu befürchten ist. Bis zu einer Durchrisslänge von 280 cm (bei etwa 10 m Umfang) ist die Integrität des Kernmantels nicht gefährdet. Es wurden auch in keiner der neu geprüften Schweissnähte örtliche Konzentrationen von Rissen festgestellt. Die HSK sieht deshalb keine Gefährdung der Kernmantelintegrität während des derzeitigen Betriebszyklus.

Die HSK rechnet auch über den derzeitigen Betriebszyklus hinaus mit einem Fortschreiten des Schadens. Sie ist der Meinung, dass die vorhandenen Sicherheitsreserven des rissbehafteten Kernmantels nicht ausgeschöpft werden dürfen, sondern dass schon vorher Reparaturmassnahmen ergriffen werden müssen. Der Betreiber der Anlage bereitet deshalb eine solche Reparatur vor, die ab Stillstand 1996 realisierbar wäre.

- Speisewasserstützen
Innenkanten und Bohrungen der vier Speisewasserstützen am RDB waren bereits in den Stillständen 1993 und 1994 Ultraschallhandprüfungen unterzogen worden. Rissverdächtige Anzeigen wurden dabei nicht entdeckt. Im Stillstand 1995 wurden die Stützen N4A und N4C mechanisiert mit Ultraschall geprüft. Die Prüfung der Innenkanten wurde verbessert, und der Prüfumfang wurde auf die Bohrungen ausgedehnt. Es wurden keine sicherheitsrelevanten Anzeigen festgestellt.
- Visuelle Prüfungen im RDB
Auch in diesem Stillstand wurden im Reaktordruckbehälter wieder umfangreiche visuelle Prüfungen mit Hilfe einer fernbedienten Unterwasser-Videokamera durchgeführt. Das Interesse galt den vier Speisewasserverteilsegmenten, ausgewählten Schweissnähten des Kerngitters, den Befestigungsbolzen der Kernplatte am Kernmantel, der Kernmantelabstützung, den Verbindungsnahten der Strahlpumpen-Halterungen an der RDB-Wand, dem Wasserabscheider und dem Dampftrockner. Bei diesen Prüfungen wurden keine Anomalien festgestellt.
- Sonderprüfprogramm an austenitischen Rohrleitungen
Aus Anlass von Rissbefunden an austenitischen Rohrleitungen in deutschen

Siedewasserreaktoren wurden einige Schweissnähte zusätzlich zum normalen Wiederholungsprüfprogramm einer zerstörungsfreien Prüfung unterzogen. Dabei wurden keine Hinweise auf Risse gefunden.

- Integrale Dichtheitsprüfung des Containments
Das Primärcontainment wurde einem integralen Leckratentest unterzogen. Die gemessene Leckrate betrug 0,01%/Tag. Dies entspricht ca. einem Prozent der zulässigen Leckrate.

Anlageänderungen

Als wichtigste Anlageänderungen sind zu erwähnen:

- Änderungen am Reaktorschutzsystem
Im Vorgriff auf den im Stillstand 96 geplanten Einbau des neuen PRNMS (Power Range Neutron Monitoring System) und TOPPS (Tracking Overpower Protection System) wurden im diesjährigen Stillstand die folgenden Änderungen durchgeführt:
 1. Einbau des vierten Source Range Monitoring-Signals (SRM)
 2. Neue Führung des Vollscramsignals auf die Reaktorregelungen (Niveau-Sollwert-Absenkung).
- Ersatz der Regelelektronik der Reaktorregelungen.
Die Regelelektronik der Speisewasser- und der Reaktorwasserumwälzregelung wurde durch ein neues, programmierbares System vollständig ersetzt. Das Austesten der neuen Regelungen erfolgte in der ersten Woche nach dem Wiederanfahren. In diesem Rahmen wurden zwei Turbinen- und eine Reaktorabschaltung vorgenommen. Als Ergebnis konnte festgestellt werden, dass die neue Regelung sowohl bei transientem wie stationärem Betrieb die Anforderungen erfüllt.
- Ertüchtigung der Speisewasser- und Frischdampfleitungen
Die Speisewasser- und Frischdampfleitungen wurden für einen postulierten Rohrbruch ausserhalb des Containments qualifiziert. Dazu wurden im Drywell an den Speisewasserleitungen die Stossbremsen und deren Halterungen ertüchtigt. Anstelle der Rückschlagklappen erfolgte der Einbau von vier gedämpften Rückschlagventilen, die neu mit elektrischen Stellungsrückmeldungen ausgerüstet sind. Weiter wurden die restlichen vier Frischdampfisolationsventile modifiziert.

Brennstoff und Steuerstäbe

Da die Aktivität im Reaktorwasser und im Abgas während des ganzen Jahres niedrig war, kann davon ausgegangen werden, dass keine Undichtheiten an Brennstäben aufgetreten sind.

Für den 23. Zyklus (1995/96) wurden von total 240 Brennelementen 44 durch neue ersetzt. Alle nachgeladenen Brennelemente weisen eine 9x9-Brennstabanordnung auf.

Im Stillstand 1995 wurden vier abgebrannte Steuerstäbe entladen und durch neue ersetzt. Wie schon im letzten Betriebszyklus bestehen alle 57 Steuerstäbe aus kobaltarmen Materialien.

Radioaktive Abfälle

Der Anfall an radioaktiven Rohabfällen (vgl. Tabelle 11) lag im Berichtsjahr im Bereich der Erfahrungswerte vergangener Jahre. Das KKM hat an der gemeinsamen Verpressungskampagne im KKL teilgenommen und brennbare Abfälle im PSI veraschen und zementieren lassen. Auch die früher aus Mol zurückgenommenen Verbrennungsrückstände wurden beim PSI zementiert.

Die Inbetriebsetzungsarbeiten der Verfestigungsanlage CVRS zur Konditionierung von

gebindetypen soll im Frühjahr 1996 vorgenommen werden. Neben den prioritär bearbeiteten CVRS-Abfalltypen wurden im Berichtsjahr auch die Pressabfälle und die zementierte Asche aus Mol von KKM charakterisiert und von der HSK freigegeben. Die in der Verbrennungsanlage des PSI anfallenden Verbrennungsrückstände wurden zementiert; die Gebinde charakterisiert und von der HSK freigegeben.

In das Zwischenlager wurden konditionierte Abfallgebände routinemässig eingelagert. Gemäss Forderung der HSK hat das KKM zwecks Aufbewahrung von Halbfabrikaten (nicht endkonditionierten Pressabfällen) in der Lagerkammer Nr. 16 des Zwischenlagers Verankerungen und Verstrebungen, die für ein Erdbeben mit der Häufigkeit $10^{-4}/a$ dimensioniert sind, sowie einen Rauchmelder eingebaut.

Strahlenschutz

Schutz des Personals

Im Kalenderjahr 1995 (Vorjahr 1994 in Klammern) wurden im KKM Kollektivdosen ermittelt, wie sie aus der folgenden Tabelle ersichtlich sind.

Aktionen	Personen-Sv
Geplanter Stillstand	0,92 (1,14)
Leistungsbetrieb	0,56 (0,47)
Jahreskollektivdosis	1,48 (1,61)

Harzen, Konzentraten und Schlämmen haben sich als erheblich umfangreicher herausgestellt als vom Lieferanten vorausgesehen. Bei den Funktionstests trat eine unerwartet grosse Anzahl verfahrenstechnischer Probleme auf. Die Inbetriebsetzung erfolgte deshalb mit einem wesentlichen Terminverzug. Anlässlich einer Testkampagne mit inaktiv beladenen Pulver- und Kugelharzen wurde die Funktionstüchtigkeit der Anlage nachgewiesen. Die aktive Inbetriebnahme erfolgte im November. Parallel dazu erfolgte die Charakterisierung der mit der Anlage zu produzierenden Gebinde. Es wurden 84 Gebinde von sechs Typen entsprechend der von der HSK freigegebenen provisorischen Spezifikation hergestellt, anhand welcher nun das Typenprüfprogramm durchgeführt wird. Die definitive Spezifikation der sechs Abfall-

Mit der erzielten Kollektivdosis für den Stillstand, dem tiefsten Wert seit 1973, wurde die Dosisprognose für den Stillstand von 1,2 bis 1,5 Personen-Sv klar unterschritten. Auch die totale Jahreskollektivdosis ist erfreulich tief und liegt weit unterhalb des HSK-Richtwertes von 4 Personen-Sv. Radiologisch bedingte zu klassierende Ereignisse traten 1995 keine auf.

Für vier Arbeitsgebiete wurde eine Kollektivdosis von mehr als 50 Personen-mSv prognostiziert und gemäss HSK-Richtlinie R-15 eine entsprechende Strahlenschutzplanung präsentiert; die effektive Kollektivdosis lag aber bei allen Arbeitsgebieten deutlich unter diesem Richtwert der HSK-Richtlinie R-15.

Gebiet	Prognostizierte Kollektivdosis [Personen-mSv]	Effektive Kollektivdosis [Personen-mSv]
Ultraschallprüfungen an den Umwälzschleifen	60	16
Ertüchtigung Stossbremsen Speisewasserleitungen A/B	60	38
Austausch Speisewasserrückschlagklappen	80	34
Erneuerung Drywellkabeldurchführungen	70	17

Bei den Individualdosen wurden keine Dosisüberschreitungen festgestellt. Die höchste Einzeldosis betrug 1995 13,5 mSv. Der entsprechende Wert für 1994 war 15,0 mSv. Nähere Angaben sind in den Tabellen 5 bis 10 und aus den Figuren 6 bis 10 ersichtlich. Die Inkorporationsmessungen aller Mitarbeiter und des Fremdpersonals vor und nach dem Aufenthalt im KKM auf dem „Quick Counter“ ergaben keine Befunde. Es traten keine Personenkontaminationen auf, die nicht durch normales Waschen entfernt werden konnten.

Gegenüber dem Vorjahr haben sich die radiologischen Verhältnisse in der Anlage nicht wesentlich verändert. Im Drywell konnte jedoch die mittlere Dosisleistung an den Umwälzleitungen gegenüber dem Vorjahr um knapp 10% reduziert werden. Die Massnahmen zur Reduktion des Kobalteintrags beginnen sich somit, ein Jahr nach Abschluss des Ersatzes der „pins and rollers“ durch neuartige, kobaltarme Abstand-Gleitstücke bei allen Steuerstäben auszuwirken.

Zur Verbesserung der radiologischen Verhältnisse im Drywell wurden während des Stillstands wiederum zahlreiche Strahlenquellen mit Bleiblechen (1995 ca. 50 Tonnen) temporär abgeschirmt. KKM hat während der letzten Revisionen im Drywell verbleibende Aufhängungen für Bleibleche angebracht, die eine dickere Abschirmung und eine schnellere Montage ermöglichen. Der Betreiber schätzt die durch temporäre Abschirmungen erzielten Dosisersparungen (netto) insgesamt auf mehr als 1,5 Personen-Sv.

Dank des intakten Brennstoffs waren im Maschinenhaus die Kontaminationen und damit auch die Dosisleistungen wie in den letzten Jahren sehr niedrig, was die Arbeiten sehr erleichterte.

In der Zeit zwischen 23. Oktober und 1. November 1995 wurden im KKM Versuche mit Einspeisung von Wasserstoff in das Speisewasser zur Optimierung des Korrosionsschutzes der Reaktoreinbauten durchgeführt. Als Nebeneffekt tritt bei Wasserstoffeinspei-

sung in den Reaktorkreislauf eine erhöhte Dosisleistung im Maschinenhaus und in der Umgebung auf.

Während diesen Versuchen erfolgte in der Anlage, am Areal und in der näheren Umgebung eine detaillierte Erfassung der Ortsdosisleistung in Funktion der Wasserstoffkonzentration. Die ermittelten Werte lagen innerhalb der Prognosen, die aufgrund von Messungen in anderen Siedewasseranlagen erstellt wurden.

Während des Versuchs wurde durch 20 Personen eine Kollektivdosis von 3,6 Personen-mSv akkumuliert, wobei die höchste Individualdosis 1,1 mSv betrug. Die deutliche Dosisleistungserhöhung nicht nur im Bereich der kontrollierten Zonen sondern auch auf dem stark begangenen Teil des übrigen überwachten Bereichs zeigt, dass Massnahmen zu Strahlenschutz-Optimierungen nötig werden, falls die routinemässige Einspeisung von signifikanten Mengen an Wasserstoff eingeführt werden soll.

Abgaben an die Umwelt und Direktstrahlung

Die Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umwelt lagen deutlich unterhalb der festgelegten Grenzwerte. Für Edelgase, Aerosole und für Jod-131 lagen diese Abgaben unterhalb einer Schwelle von 0,1% der Limiten. Die rechnerisch für ungünstige Annahmen ermittelte Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung beträgt für die gesamten Abgaben des Berichtsjahres ca. $0,7 \cdot 10^{-6}$ Sv (Erwachsene) resp. $1,1 \cdot 10^{-6}$ Sv (Kleinkinder). Berücksichtigt man auch die Ablagerungen der Vorjahre, so ergibt sich eine Dosis von $10 \cdot 10^{-6}$ Sv für Erwachsene resp. $8,5 \cdot 10^{-6}$ Sv für Kleinkinder. (Siehe Tabelle 4).

Wie bei den anderen Werken wurden auch beim KKM notwendige Anpassungen an die neue Strahlenschutzverordnung (StSV) vorgenommen (vgl. entsprechendes Kapitel KKB). Insbesondere erfolgte eine Umrechnung der Abgabegrenzwerte in Bq, und die Dosisberechnungen wurden erstmals gemäss dem Entwurf zur HSK-Richtlinie R-41 vom September 1995 durchgeführt. Das "Regle-

ment für die Abgabe radioaktiver Stoffe und die Überwachung von Radioaktivität und Direktstrahlung in der Umgebung des Kernkraftwerks Mühleberg (KKM)" (Abgabereglement) ist überarbeitet und auf Anfang 1996 in Kraft gesetzt worden.

Mit den Dosisleistungs-Messsonden (MADUK) in der Umgebung des KKM wurde keine signifikante Erhöhung der Ortsdosis über die naturbedingte Untergrundstrahlung festgestellt. Im Nahbereich des Kernkraftwerkes ist die Ortsdosis durch die Direktstrahlung aus dem Maschinenhaus erhöht. Während der Wasserstoff-Einspeiseversuche betrug in der Woche vom 20. bis 27. Oktober die in der Umgebung verursachte Dosis am ungünstigsten Punkt 0,096 mSv, in der Woche vom 27. Oktober bis 3. November 0,094 mSv. Die maximal gemessene momentane Ortsdosisleistung betrug 2,4 MikroSv/h. Somit blieben auch in dieser Versuchsphase der Grenzwert der Strahlenschutzverordnung von 5 mSv pro Jahr und der Richtwert gemäss HSK-Richtlinie R-11 von 0,1 mSv/Woche für die Ortsdosis eingehalten. Die Tests zeigten, dass für einen allfälligen Dauerbetrieb mit Wasserstoffeinspeisung je nach Einspeisemenge zusätzliche Abschirmungsmassnahmen zu treffen wären.

Strahlenschutzinstrumentierung

Die Messgeräte zur Überwachung der radioaktiven Abgaben an die Umwelt sowie der Aktivitäts- und Strahlenpegel in der Anlage, die Personenmonitore und die Personendosimetriesysteme haben ihren Zweck im Berichtsjahr erfüllt.

Personal und Organisation

Personal

Je ein Reaktoroperateur der Stufe A und B und ein Picketingenieur wurden aufgrund der abgelegten Prüfungen lizenziert. Der Totalbestand an lizenziertem Personal ist in Tabelle 2 aufgeführt. Die gesamte Werksbelegschaft umfasste Ende Berichtsjahr 284 Personen (1994: 282).

Organisation

An der Betriebsorganisation wurden keine Änderungen vorgenommen.

Qualitätssicherung

Das Konzept für das KKM-Qualitätsmanagement-System wurde festgelegt und ein erster Entwurf des Qualitätsmanagement-Handbuches erstellt.

Ausbildung

Das Simulator-Projekt des KKM ist im Berichtsjahr weiter fortgeschritten; die neuen Räumlichkeiten für den Simulator und die Schulung sind erstellt. KKM plant, den Simulator im Laufe des Jahres 1996 in Betrieb zu nehmen.

Notfallübungen

In der Werksnotfallübung "APOLLO", welche im Herbst 1995 im KKM durchgeführt wurde, ging es darum, eine Explosion mit Brand im Betriebsgebäude zu beherrschen. Die Brandbekämpfung erfolgte unter Beizug der Berufsfeuerwehr Bern. Durch die Explosion kam es zum Ausfall der Telefonzentrale, wodurch die Kommunikationsmöglichkeiten stark eingeschränkt wurden. In einer späteren Phase mussten auch der Hauptkommandoraum geräumt, die Anlage abgefahren und der SUSAN-Kommandoraum bezogen werden. Die Sanität musste verletzte Personen betreuen.

Ziele der Notfallübung "APOLLO" waren die Beübung und Überprüfung der involvierten Teilbereiche Betrieb, Feuerwehr, Samariter und Chemie sowie die Notfallkommunikation mit beschränkten Mitteln. Beim Betrieb galt es u.a. den Übergang der Anlageführung vom Hauptkommandoraum in den SUSAN-Kommandoraum geordnet zu vollziehen. Die beübten Equipen zeigten sich ihren Aufgaben gewachsen und arbeiteten zweckmässig. Die Einsatzbereitschaft der Notfallorganisation und das Notfallverhalten des Personals beurteilt die HSK als gut.

Erfüllung von Auflagen

Neben den Auflagen, die eine periodische Anlageüberprüfung bzw. Aktualisierung wichtiger Anlagedokumente (Sicherheitsbericht, MUSA) verlangen, stellt sich der Bearbeitungsstand wie folgt dar:

Auflage 4.5:

Realisierung des Brandschutzes

Die Realisierung der von der HSK geforderten Rauch- und Wärmeabzugseinrichtung im Reaktorgebäude erfolgt ab Januar/Februar 1996 und wird 1996 abgeschlossen.

Auflage 4.10:

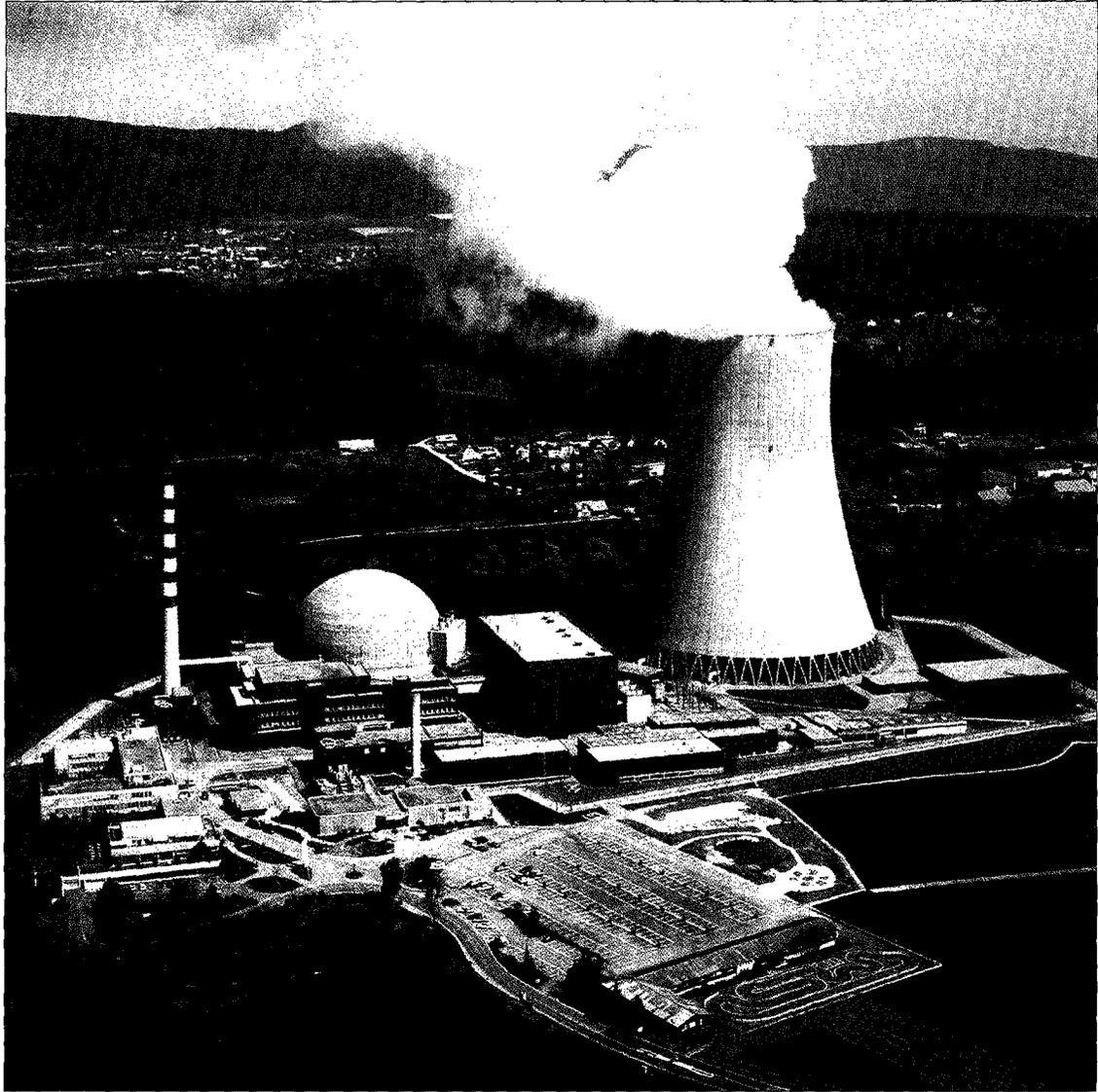
Massnahmen Zwischenlager, Anpassen Konditionierung an den Stand der Technik

Letzter offener Punkt zur Erfüllung dieser Auflage war die Errichtung einer dem Stand

der Technik entsprechenden Konditionierungsanlage (CVRS-Anlage). Diese hat am 20. November 1995 ihren aktiven Betrieb aufgenommen. Die Auflage ist damit erfüllt.

Gesamteindruck aus der Sicht der HSK

Dem Kernkraftwerk Mühleberg kann, auch unter Berücksichtigung der Schäden am Kernmantel, ein sicherer Anlagezustand bescheinigt werden. Der Sicherheitsstand der Anlage konnte im Jahre 1995 durch den Abschluss einiger Anlageänderungen erhöht werden; insbesondere sind dies die in diesem Stillstand zum Abschluss gekommenen Er-tüchtigungen an den Speisewasser- und Frischdampfsystemen, Änderungen am Reaktorschutzsystem und die Erneuerung der Elektronik der Reaktorregelungen. Erfreulich aus der Sicht des Strahlenschutzes ist die erstmalige Reduktion der Dosisleistung an den Umwälzschleifen sowie die erzielte tiefe Kollektivdosis des Personals, welche damit wiederum, ebenso wie die Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umgebung, deutlich unterhalb der behördlich festgelegten Richt- bzw. Grenzwerte liegen.



Kernkraftwerk Gösgen
Centrale nucléaire de Gösgen
Nuclear power plant Gösgen

KERNKRAFTWERK GÖSGEN

Betriebsdaten und Betriebsergebnisse

Das Kernkraftwerk Gösgen (KKG) ist eine 3-Loop-Druckwasseranlage mit 965 MW elektrischer Nettoleistung. Es nahm den Betrieb im Jahre 1979 auf. Weitere Daten sind in Tabelle 1 des Anhangs zusammengestellt; Figur 1a zeigt das Funktionsschema einer Druckwasserreaktoranlage.

Das KKG erreichte im Betriebsjahr 1995 eine Arbeitsausnutzung von 93,1% und eine Zeitverfügbarkeit von 92,6%. Der geplante Jahresstillstand dauerte 27 Tage. Im Berichtsjahr wurden der Anlage 149,5 GWh Prozesswärme für die Wärmeversorgung der nahegelegenen Kartonfabrik entnommen.

Der Anlagebetrieb wurde durch keine ungeplante Reaktorschnellabschaltung unterbrochen.

Anlagensicherheit

Besondere Vorkommnisse

Es sind keine Ereignisse der Klassen A und S aufgetreten, auch keine höher als Null gemäss der internationalen Bewertungsskala INES (siehe Anhang).

Drei meldepflichtige Ereignisse waren zu registrieren, ein unklassiertes und zwei der Klasse B zugeordnete:

Bei der monatlichen Funktionsprüfung einer Dieselpumpe in der zweiten Wasserfassung erfolgte eine Abschaltung durch ein Aggregateschutzsignal. Die Inspektion ergab eine Undichtheit des Steuerkolbens des Anlassmagnetventils, welche zu einem unvollständigen Öffnen des Ventils und damit zu einem Startabbruch des Dieselmotors führte. Verschiedene weitere Starts verliefen erfolgreich, der Fehler konnte nicht reproduziert werden. Trotzdem wurde das betroffene Ventil ausgetauscht. Im Anforderungsfalle hätte dieser Diesel beim Ausfall des zweiten verfügbaren Aggregates nochmals einen Startbefehl erhalten. Aus diesen Gründen wird das Ereignis als unklassiert eingestuft.

Im letzten Zyklus musste aufgrund leicht erhöhter Aktivität im Primärkreis mit Brennstaabschäden gerechnet werden. Dieser Befund wurde anlässlich der durchgeführten Brennelementinspektionen an 18 Brennstäben in vier Brennelementen der 13. Nachladung bestätigt. Diese ganze Nachladung, die

bereits während drei Zyklen gedient hatte, ist nicht wieder eingesetzt worden. Alle Schäden sind auf Reibverschleiss infolge Spannungsrisskorrosion an Federn im untersten Abstandhalter zurückzuführen. Im derzeitigen 17. Betriebszyklus gibt es bis zum Jahresende keine Hinweise auf erneute Schäden.

Als weiteres Ereignis, das keinen Anlagenausfall verursachte, ist die anlässlich einer Funktionsprüfung einmalig aufgetretene Störung an einer Schwachlast-Absperrarmatur im Speisewassersystem zu erwähnen. Die Störung konnte nicht reproduziert werden. Die Armatur wird im nächsten Stillstand revidiert werden.

Arbeiten während des Jahresstillstandes

Es wurden alle geplanten Tätigkeiten wie Brennelementwechsel, Inspektionen, Wiederholungsprüfungen an mechanischen und elektrischen Komponenten, Funktionsprüfungen an Komponenten und Systemen, Instandhaltungsarbeiten etc. durchgeführt.

Einige wichtige Tätigkeiten seien erwähnt:

- Am Reaktordruckbehälter wurden umfangreiche periodische Prüfungen durchgeführt. Es kann festgehalten werden, dass sich die geprüften Bereiche seit der letzten Prüfung 1989 nicht verändert haben und der Reaktordruckbehälter sich in einem ausgezeichneten Zustand befindet.
- Am Dampfzeuger 2 wurde etwa die Hälfte der Heizrohre wirbelstromgeprüft. Dazu wurde wie bereits 1994 bei den anderen DE die Kombi-Sonde verwendet. Die Mehrzahl der Befunde lag im Bereich oberhalb des Rohrbodens. Sie sind mit den Befunden der früheren Prüfungen weitgehend identisch. Es musste kein Rohr gestopft werden. Ergänzend wurde erstmals eine Stichprobe von Heizrohren im Bereich der Rohrplatte auf Risse geprüft. Es wurden keine Risse gefunden.
- Acht Misch-Schweissverbindungen des Primärkreises wurden erstmals mechanisiert mit Ultraschall geprüft, nachdem sie bisher von Hand ultraschallgeprüft worden waren. Bei sieben Nähten bestätigten die Resultate die bei früheren Prüfungen festgestellten unbedenklichen Wurzelan-

- zeigen. Bei einer Naht wurden Anzeigen festgestellt, die als Rissbildung interpretiert werden könnten. Diese werden im nächsten Revisionsstillstand mit ergänzenden Prüfungen nachkontrolliert. Selbst unter konservativen Annahmen ergab eine bruchmechanische Bewertung, dass ein Weiterbetrieb vom Sicherheitsstandpunkt aus unbedenklich ist.
- 86 Prozent der 1991 ersetzten Brennelementzentrierstifte wurden einer Ultraschallprüfung unterzogen. Die Prüfungen zeigten, dass keine Anrisse vorliegen.
 - Aufgrund einer Leckage im Primärkreis der Anlage Biblis (Deutschland) wurden entsprechende Abschnitte des Volumensregelsystems mittels Ultraschall- und Oberflächenrissprüfverfahren untersucht; es wurden keine Anzeigen festgestellt.
 - Aufgrund von Rissbefunden an Schweißverbindungen von "dünnwandigen" Rohren aus stabilisierten Austeniten in deutschen Siedewasserreaktoren hatte die HSK für 1994 und 1995 ein besonderes Prüfprogramm gefordert. Es wurden ca. 150 Rundnähte der nuklearen Hilfssysteme mittels Durchstrahlung geprüft. Die Prüfergebnisse gaben keinen Hinweis auf Risse. Das Sonderprüfprogramm ist damit abgeschlossen.
 - Die Prüfungen in der Steuerungs- und Leittechnik sowie des Reaktorschutzsystems zeigten keine nennenswerten Befunde.
 - Die alle sieben Jahre vorgesehene Grossrevision der Generatorschalter wurde in diesem Jahr durchgeführt. Dabei wurden nicht nur alle Teile inspiziert und die notwendigen Revisionen vorgenommen, sondern auch die von der Lieferfirma in den letzten sieben Jahren realisierten Verbesserungen eingebracht.
 - Der Motor der Hauptkühlmittelpumpe 2 wurde einer grossen Revision unterzogen.

Die Befunde der übrigen Inspektionen und Prüfungen gaben zu keinen Beanstandungen Anlass.

Anlageänderungen

Im Berichtsjahr sind folgende wesentliche Änderungen durchgeführt worden:

- An einem Frischdampf-Isolationsventil wurden alle Magnetvorsteuerventile mit ihren Steuerblöcken ausgetauscht.
- Die Reaktordruckbehälter-Niederhaltebolzen am oberen Kerngerüst wurden gegen

eine hartbeschichtete Ausführung gleicher Abmessungen ausgetauscht.

- Um die Langzeitstörfallfestigkeit von Stellantrieben sicherzustellen, wurden 9 der insgesamt 31 zum Austausch vorgesehenen Stellantriebe im Containment ausgetauscht.
- Bei der Beladung des Kerns entdeckte man im Kopf eines bereits eingeladenen Brennelementes eine Hälfte eines Kugellagerkäfigs. Dieses Bruchstück wurde geborgen, es stammte vom Führungsmast der Lademaschine. Nach der Revision wurde der Mast demontiert und die Führung so umkonstruiert, dass keine Bestandteile der Kugellager mehr herausfallen können.
- Um unabhängig von der Lademaschine während dem Brennelementwechsel Brenn- und Steuerelemente inspizieren zu können, wurde mit Hilfe einer Tauchergruppe eine Brennelementinspektions-einrichtung in das Brennelementlagerbecken eingebaut.
- Nach den Niederdruck-Teilturbinen 2 und 3 im Jahre 1994 wurde nun die Teilturbine 1 getauscht. Dies ergab eine Wirkungsgradverbesserung von insgesamt ca. 3%, was einem Leistungsgewinn von 33 MW entspricht.

Brennstoff und Steuerstäbe

Für den 17. Betriebszyklus (1995/96) wurden von insgesamt 177 Brennelementen 44 durch neue ersetzt. Die Brennstäbe der nachgeladenen Brennelemente haben Hüllrohre, deren Oberflächen mit einer korrosionshemmenden Schutzschicht versehen sind.

Über die im 16. Zyklus aufgetretenen Brennstabschäden wird im Abschnitt "Besondere Vorkommnisse" berichtet.

Erneut wurde in Zusammenarbeit mit dem Brennstofflieferanten an verschiedenen Testbrennstäben mit unterschiedlichen Materialzusammensetzungen und Fertigungsmethoden der Hüllrohre ein umfangreiches Messprogramm durchgeführt. Im allgemeinen wurde ein gutes Betriebsverhalten festgestellt.

Wie letztes Jahr wurden während des Revisionsstillstandes alle 48 Steuerstäbe mit einer Wirbelstromprüfung auf Hüllrohrbeschädigungen untersucht. Gegen einen weiteren Einsatz aller Steuerstäbe ergaben sich keine Bedenken.

Probabilistische Sicherheitsanalyse (PSA)

Mit der Überprüfung der 1994 der HSK eingereichten Probabilistische Sicherheitsanalyse sowie für die Stillstands-, An- und Abfahrphase wurde im Berichtsjahr begonnen. Eine

Strahlenschutz

Schutz des Personals

Im Kalenderjahr 1995 (Vorjahr 1994 in Klammern) wurden im KKG die in der Tabelle angegebenen Kollektivdosen ermittelt:

Aktionen	Personen-Sv
Geplanter Stillstand	0,90 (1,30)
Leistungsbetrieb	0,19 (0,16)
Jahreskollektivdosis	1,09 (1,46)

erste Durchsicht der umfassenden Studie hat keine grundsätzlichen Probleme mit der verwendeten Methodik aufgezeigt und auch die Ergebnisse sind aufgrund dieser qualitativen Überprüfung plausibel. Die detaillierte Überprüfung der PSA-Studie Gösgen durch die HSK hat Mitte 1995 mit der Systemmodellierung begonnen. Sie wird sich über mindestens zwei Jahre erstrecken.

Die vom Betreiber vorgelegten PSA-Ergebnisse zeigen eine sehr tiefe Kernschadenshäufigkeit und ein günstiges Risikoprofil für die Anlage Gösgen. Im Vergleich zu anderen modernen Anlagen weist demnach Gösgen eines der besten Ergebnisse auf. Es wird Aufgabe der Überprüfung durch die HSK sein, dieses Ergebnis im Detail zu bewerten.

Radioaktive Abfälle

Der Anfall an radioaktiven Rohabfällen (vgl. Tabelle 11) lag im Bereich der Erfahrungswerte vergangener Jahre. Die während mehreren Jahren angefallenen Abwasserkonzentrate wurden mit Bitumen konditioniert. An der gemeinsamen Verpressungskampagne im KKL wurden nur wenige Gebinde für KKG hergestellt.

KKG hat für die 1994 freigegebenen in Bitumen konditionierten Konzentrate einen neuen Behälter spezifiziert und eingesetzt. Dieser neue Gebindetyp wurde von der Nagra als endlagerfähig beurteilt und von der HSK freigegeben. Die früher erstellte Spezifikation der Pressabfälle wurde von der HSK freigegeben. Ein wichtiger Meilenstein waren der Abschluss der Spezifikation durch KKG, die positive Beurteilung der Endlagerfähigkeit durch die Nagra und die Freigabe des Abfallgebindetyps "Harze in Bitumen" durch die HSK. Verschiedene Spezifikationen, insbesondere für Verbrennungsrückstände und für Schlämme, sowie Nachdokumentationen sind noch ausstehend.

Die Einlagerungen in das Zwischenlager verliefen routinemässig.

Im Gegensatz zum Vorjahr wurden 1995 keine besonders dosisintensiven Stillstandsarbeiten ausgeführt, und entsprechend konnte auch die Stillstands-Kollektivdosis wieder unter 1 Personen-Sv gesenkt werden, womit die Jahres-Kollektivdosis weiterhin deutlich unterhalb des HSK-Richtwertes von 4 Personen-Sv liegt.

Radiologisch bedingte zu klassierende Ereignisse traten 1995 keine auf. Bei den Individualdosen wurden keine Dosisüberschreitungen festgestellt. Die höchste Einzeldosis betrug 1995 14,0 mSv, der entsprechende Wert für 1994 war 19,2 mSv. Nähere Angaben sind in den Tabellen 5 bis 10 und aus den Figuren 6 bis 10 ersichtlich.

Aus zahlreichen Dosisleistungsmessungen am Primärkreislauf geht hervor, dass die Dosen an strahlenschutzrelevanten Stellen gegenüber dem Vorjahr konstant geblieben sind. Wiederum wurden temporäre Bleiabschirmungen angewendet. Gesamthaft wurden 16 Tonnen Bleimatten, insbesondere zur Abschirmung der Arbeitsplätze bei den Dampferzeugern, eingesetzt. Die dabei effektiv gesparten Kollektivdosen liegen im Bereich von 50 Personen-mSv.

Signifikante Personenkontaminationen traten keine auf. Freisetzen in die Atemluft konnten vermieden werden. Die durch die Brennstabdefekte bedingte erhöhte Jod-131-Kontamination des Primärwassers (beim Entladen $5 \cdot 10^7$ Bq·m⁻³) führte zu keinen Strahlenschutzproblemen.

Neben den normalen Brennstoffwechselarbeiten wurden signifikante Kollektivdosisanteile bei den folgenden Arbeiten akkumuliert:

- Primärseitige Inspektion eines Dampferzeugers
- Sekundärseitige Inspektion der beiden anderen Dampferzeuger über der Strömungsverteilplatte
- Oberflächenriss- und Ultraschallprüfungen an einer Umwälzschleife des Reaktorkühlsystems
- Inspektion diverser Behälter und Ventile

An acht ähnlichen Schweissnähten des Primärsystems wurde der Dosisaufwand beim Einsatz einer mechanisierten Ultraschall-Wiederholungsprüfung mit einer manuellen Prüfung verglichen. Dabei wurde für die mechanisierte Prüfung ein höherer Dosisaufwand festgestellt, was durch die Einrichtung der Apparatur und den Aufwand beim Prüfkopfwechsel zu erklären ist. Die mechanisierte Prüfung ist gegenüber der manuellen wesentlich aussagekräftiger. Durch technische Verbesserungen und Training kann und soll die mit den Prüfungen verbundene Dosis noch reduziert werden.

Abgaben an die Umwelt und Direktstrahlung

Die Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umwelt lagen beim KKG deutlich unterhalb der bewilligten Grenzwerte. Tabelle 4 gibt einen Überblick über die bilanzierten Abgaben und die daraus unter ungünstigen Annahmen für Einzelpersonen in der Umgebung berechneten Dosiswerte. Diese liegen bei Berücksichtigung auch der Abgaben der Vorjahre bei $0,7 \cdot 10^{-6}$ Sv (Erwachsene) resp. $1,3 \cdot 10^{-6}$ Sv (Kleinkinder).

Zu bemerken ist, dass die vom KKG bilanzierten Abgaben für Abwässer ohne Tritium und Aerosole in der Abluft unterhalb der Schwelle von 0,1% der Abgabelimiten lagen. Die notwendigen Anpassungen an die Strahlenschutzverordnung (StSV), insbesondere die Umrechnung der Abgabegrenzwerte in Bq und die erstmalige Dosisberechnungen gemäss dem Entwurf zur HSK-Richtlinie R-41 vom September 1995, wurden auch für das KKG in gleicher Weise wie für die anderen Werke durchgeführt (vgl. entsprechenden Abschnitt für das KKB). Das "Reglement für die Abgabe radioaktiver Stoffe und die Überwachung von Radioaktivität und Direktstrahlung in der Umgebung des Kernkraftwerks Gösgen (KKG)" (Abgabereglement) ist überarbeitet und auf Anfang 1996 in Kraft gesetzt worden.

Mit den Dosisleistungs-Messsonden (MADUK) in der Umgebung des KKG wurde keine signifikante Erhöhung der Ortsdosis über die naturbedingte Untergrundstrahlung festgestellt.

Strahlenschutzinstrumentierung

Im Berichtsjahr wurden im KKG die Inbetriebnahmearbeiten für zwei neue Personendosimetriesysteme abgeschlossen und die Anerkennung durchgeführt. Aufgrund der Kontrollmessungen und des Berichtes des

von der HSK beauftragten Experten konnte der Personendosimetriestelle des KKG daraufhin eine neue Anerkennungsverfügung ausgestellt werden. Somit erfolgen die Auswertungen der Personen- und Umgebungs-dosimeter nun mit den neuen Auswertesystemen.

Bezüglich Ersatz des elektronischen Personendosimetriesystems wurden im KKG im Laufe des Jahres Evaluationsarbeiten durchgeführt. Ein neues System wurde bestellt und wird im 2. Quartal 1996 zum Einsatz kommen.

Personal und Organisation

Personal

Im Jahre 1995 wurden zwei Reaktoroperateure (Stufe B) neu lizenziert. Der Totalbestand an lizenziertem Personal ist in Tabelle 2 aufgeführt. Die gesamte Werksbelegschaft umfasste Ende Berichtsjahr 373 Personen (1994: 374).

Organisation

An der Betriebsorganisation wurden keine Änderungen vorgenommen.

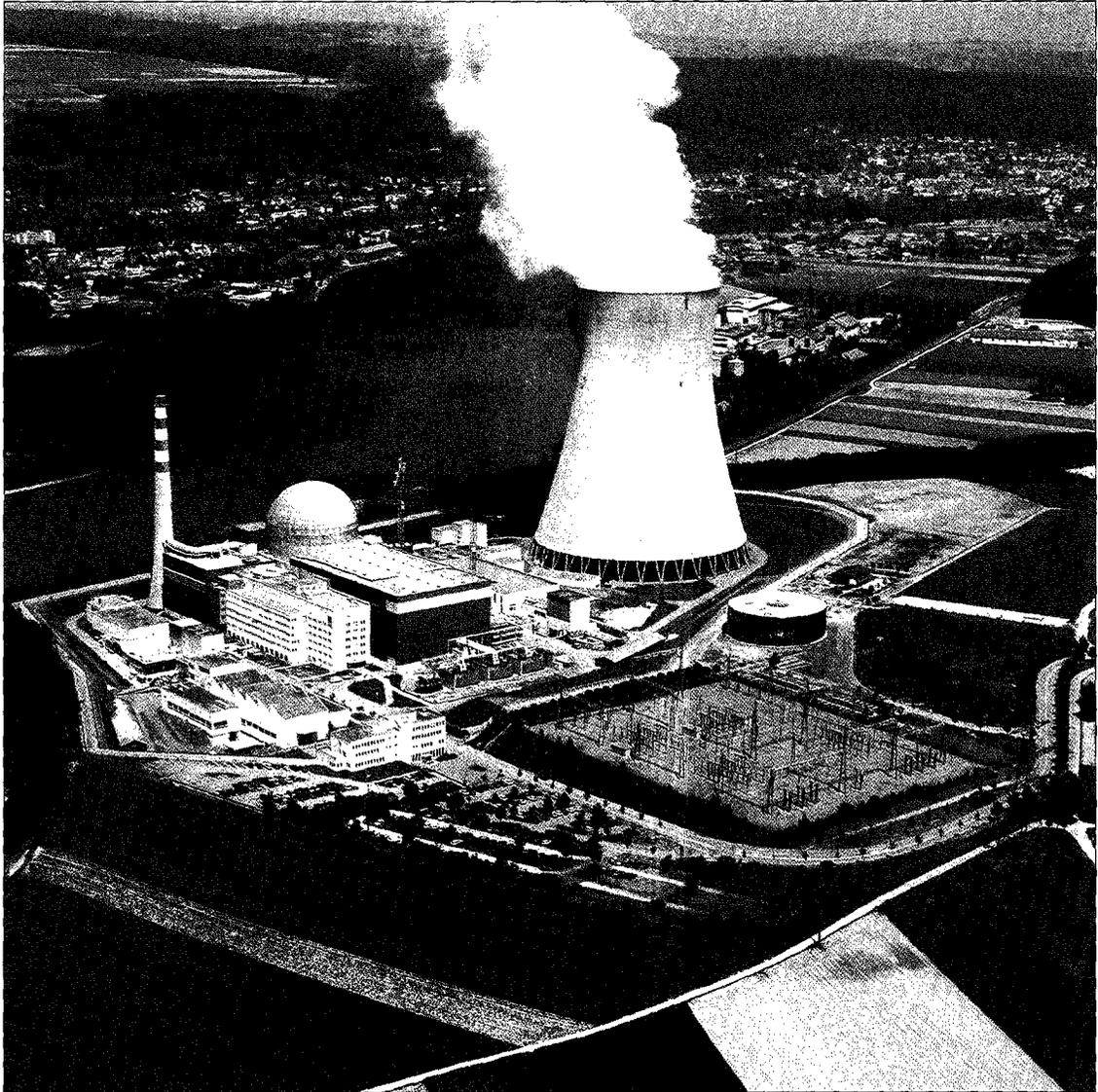
Notfallübungen

Im Berichtsjahr hat das KKG unter dem Namen "PASSAGE" eine Sicherungsgesamtnotfallübung durchgeführt. Als Übungsszenario wurde das Eindringen einer Terroristengruppe mit Geiselnahme und der Drohung, wichtige Sicherheitseinrichtungen zu zerstören, angenommen. Ziel war die politische Erpressung der Kantonsregierung SO. Die Übung wurde unter der Leitung der Sektion Nukleartechnologie und Sicherung des BEW durchgeführt.

Gesamteindruck aus der Sicht der HSK

Der Zustand der Anlage und die Betriebsführung des KKG können in bezug auf die nukleare Sicherheit und den Strahlenschutz als gut bezeichnet werden. Die aufgetretenen Ereignisse hatten nur geringfügige sicherheitstechnische Bedeutung.

Die Menge der an die Umgebung abgegebenen radioaktiven Stoffe war sehr gering und lag weit unterhalb der behördlichen Grenzwerte. Keine Person akkumulierte eine Individualdosis von mehr als 20 mSv. Die Jahreskollektivdosis des Personals lag mit 1,09 Personen-Sv weit unterhalb des HSK-Richtwertes von 4 Personen-Sv.



Kernkraftwerk Leibstadt
Centrale nucléaire de Leibstadt
Nuclear power plant Leibstadt

KERNKRAFTWERK LEIBSTADT

Betriebsdaten und Betriebsergebnisse

Das Kernkraftwerk Leibstadt (KKL) ist eine Siedewasserreaktoranlage. Die elektrische Nettoleistung beträgt seit dem 1. Januar 1995 neu 1030 MW gegenüber früher 990 MW. Die Leistungserhöhung ist auf die Wirkungsgradverbesserung in Zusammenhang mit dem Umbau der Niederdruckturbinen während des Jahresstillstandes 1994 zurückzuführen. Weitere Daten des Werkes sind in Tabelle 1 des Anhangs zu finden; Figur 1b zeigt das Funktionsschema einer Siedewasserreaktoranlage.

Die Anlage KKL erreichte in ihrem elften Betriebsjahr eine Arbeitsausnutzung von 85,3% und eine Zeitverfügbarkeit von 90%. Durch den Jahresstillstand, der diesmal 32 Tage dauerte, wurde eine Nichtverfügbarkeit von 8,8% verursacht. Weiteren Einfluss auf die Verfügbarkeit hatten eine Abstellung der Anlage von vier Tagen, die im Anschluss an das im Verlaufe des Wiederanfahrens nach dem Jahresstillstand durchgeführte Testprogramm erforderlich wurde. Während der erwähnten ungeplanten Abstellung im September mussten eine abgerissene Fülleitung (NW 50) eines Hochdruckvorwärmers sowie beschädigte thermische Isolierungen im Turbinenkondensator instandgesetzt werden. Im Januar wurde eine kurzzeitige Lastreduktion auf ca. 80% für die Behebung von Kühlwassereinbrüchen im Turbinenkondensator vorgenommen.

Im Berichtszeitraum ereignete sich keine automatische Reaktorschnellabschaltung.

Anlagensicherheit

Besondere Vorkommnisse

Es sind keine Ereignisse der Klassen A oder S eingetreten, auch keine der INES-Stufen höher als Null.

Die folgenden 4 Ereignisse wurden ihrer Sicherheitsrelevanz entsprechend der Klasse B zugeordnet:

- Bei der Ausführung des Tests des Reaktornotspeisesystems (RCIC) im März sprach bei der Einspeisearmatur die Drehmomentüberwachung in Öffnungsrichtung an, wobei die Armatur die "Zu"-Endlage noch nicht verlassen hatte. Bei wiederholtem Auffahren der Armatur nach

dem Ereignis konnten keine Unregelmäßigkeiten mehr festgestellt werden. Wegen Unzugänglichkeit der Armatur während des Leistungsbetriebes wurde der Drehmomentschalter im Steuerschrank überbrückt. Die Ursachenermittlung konnte erst während des Jahresstillstandes vorgenommen werden. Als Grundursache wurde eine fehlende Drahtbrücke am Antrieb ermittelt. Damit war die Überbrückung der Drehmomentabschaltung in Öffnungsrichtung wirkungslos. Der Fehler wurde sogleich korrigiert.

- Während des monatlichen Funktionstests des Notstandsdiesels der Division 51 im April brach nach Erreichen der Nennleistung von 2,1 MW eine Schlauchschelle an der Verbindung Ladeluftleitung - Ladeluftkühler. Der Abfall des Ladeluftdruckes auf Umgebungsdruck führte zu Luftmangel und bewirkte bei Vollaststellung der Einspritzpumpen unter starker Rauchentwicklung einen Leistungsabfall auf 1,3 MW. Der Test wurde sofort abgebrochen. Alle Schlauchschellen gleichen Typs am betroffenen Dieselmotor wurden ersetzt.

- Im Rahmen der Jahresrevision ereignete sich im August bei Arbeiten am Hilfsdampfumformer (HDU) innerhalb der kontrollierten Zone eine explosionsartige Verpuffung brennbarer Gase, bei der zwei Arbeiter mittelschwere Verbrennungen (3. Grades) erlitten. Die beiden Fremdmitarbeiter waren damit beschäftigt, die Dichtscheibe der oberen Inspektionsluke abzdrehen. Beim Entfernen der Dichtscheibe wurde durch Funkenbildung ein Wasserstoff-Luftgemisch im Inneren des Behälters gezündet. Die Untersuchungen haben ergeben, dass bei Betrieb der Elektro-Kessel im Hilfsdampfsystem als Nebenprodukte in geringen Mengen thermolytisch Wasserstoff und Sauerstoff entstehen und diese Gase unbeabsichtigt in den HDU gelangen und sich dort ansammeln konnten.

Zur Sicherstellung des weiteren Revisionsverlaufes nach dem Ereignis wurden mehrere technisch-administrative Sofortmassnahmen im Bereich der Belüftung

des Hilfsdampfumformers und zur Absperrung gefährdeter Anlagenabschnitte durchgeführt. Weiterhin wurden der Hilfsdampfumformer und die daran angrenzenden Komponenten auf Auswirkungen hinsichtlich der Verpuffung überprüft. Im Rahmen einer umfassenden Analyse wurden weitere technische und administrative Massnahmen abgeleitet, die im Rahmen der Jahresrevision 1996 realisiert werden.

- Nach dem gemäss Anfahrprogramm durchgeführten Turbinenabschalttest Anfang September wurde im Bereich des Hochdruckvorwärmers Ost eine starke Dampfleckage gemeldet. Da eine Speisewasserleckage angenommen werden musste, wurde nach etwa 17 Minuten eine Reaktorabschaltung von Hand vorgenommen, das Speisewasser isoliert und das Reaktorniveau mit dem Reaktor-notspeisesystem (RCIC) gehalten. Bei der nachfolgenden Inspektion wurde der Abriss einer Speisewasserföulleitung NW50 des Hochdruckvorwärmers festgestellt. Der Bruch der Leitung ist auf eine konstruktiv ungünstige Leitungsföührung (fehlende Dehnmöglichkeit) zurückzuföühren. Die entsprechenden Leitungsabschnitte wurden geändert.

Arbeiten während des Jahresstillstands

Im Jahresstillstand vom 4. August bis zum 5. September wurden die üblichen Arbeiten wie Brennelementwechsel, Instandhaltungsarbeiten, wiederkehrende Prüfungen an Komponenten, Anlageänderungen, Inspektionen und Funktionsprüfungen von Systemen und Komponenten ausgeföührt. Bei den Instandhaltungsarbeiten, Prüfungen und Inspektionen sind keine Mängel festgestellt worden, die eine Einschränkung der Anlagensicherheit bedeuten oder wesentliche Reparaturarbeiten nach sich gezogen hätten.

Die wiederkehrenden zerstörungsfreien Prüfungen an mechanischen Ausrüstungen umfassten insbesondere Behälter- und Rohrleitungsnähte an Kernnotkühlsystemen, am Nachwärmeabfuhr- und am Notstandssystem, am Umwälzsystem, an Speisewasser- und Hauptdampfleitungen und deren Armaturen. Der Reaktor-druckbehälter und die Kern-einbauten einschliesslich des Kernmantels wurden, soweit zugänglich, einer visuellen Inspektion unterzogen. Die Prüfungen gaben alle keinen Anlass zu Beanstandungen. Im weiteren verliefen auch die Funktions- und Dichtheitsprüfungen an Absperrarmaturen und Durchföührungen des Sicherheitsbehäl-

ters (Containment) zufriedenstellend. Ein ebenso günstiges Resultat ergaben die Prüfungen an verschiedenen wärmetechnischen Apparaten in der Sekundäranlage.

Wanddickenmessungen an Rohrleitungen wurden hauptsächlich im Sekundärteil der Anlage im Rahmen des 1990 begonnenen Programms zur Schwachstellenanalyse infolge Erosionskorrosion durchgeführt. Es wurden keine unzulässigen Wandschwächungen festgestellt. Das Programm wird im nächsten Jahresstillstand weitergeföührt.

Anlagenänderungen

Im Berichtsjahr sind etliche Anlageänderungen durchgeführt worden. Sie dienen teils der nuklearen Sicherheit, teils betrieblichen Erfordernissen. Die wesentlichen darunter sind:

- Im April 1995 erfolgte die Inbetriebnahme der neuen Aktivwerkstatt. Damit wurde eine wesentliche Verbesserung der Arbeitsbedingungen für die Durchführung von Instandhaltungsarbeiten an demontierten Anlagenteilen in der kontrollierten Zone erreicht.
- Durch Einbau einer Absperrarmatur und die dazugehörigen leitetechnischen Arbeiten wurden die Änderungen zu einer Erhöhung der Kühlkapazität für das Brennstoff-Kompaktlagerbecken im Containment abgeschlossen.
- In der Division 51 des Notstandsystems wurde der neu erstellte Horizontalbrunnenfilter fertiggestellt und in das bestehende System eingebunden. Die Grundwasserbrunnen der beiden Divisionen des Notstandsystems wurden mit neuen Pumpen grösserer Kapazität ausgerüstet.
- Die Wärmetauscher an den Rezirkulationspumpen wurden modifiziert, so dass in Zukunft die Wellenschutzöhlen ohne Demontage des Pumpenmotors und des Wärmetauschers ausgebaut werden können und der Aufwand für die Durchführung der zerstörungsfreien Werkstoffprüfungen gesenkt werden kann.
- Zur Vermeidung von schwingungsinduzierten Rissen an den T-Stücken der hydraulischen Steuereinheiten der Steuerstabantriebe wurden 16 T-Stücke gegen solche verbesserter Konstruktion ausgetauscht. Es ist geplant, bis 1998 alle 149 Steuereinheiten mit neuen T-Stücken auszurüsten.
- Zur Verhinderung von Erosionsschäden im Bereich der Luftkühler des Kondensators wurden in einer ersten Etappe einige

- Luftkühler saniert. Die Sanierung wird in den nächsten Stillständen fortgesetzt.
- Gemäss Forderung der HSK wurden im Reaktorschutzsystem zum Schutz gegen langsame Transienten bis zum Ersatz des bestehenden "Neutron-Monitoring System" zusätzliche SRI-Kriterien (Selected Rod Insertion) berücksichtigt. Die Wirksamkeit dieser Änderung wurde im Leistungsbetrieb nach dem Wiederanfahren zum Zyklus 12 anhand der Abschaltung beider Reaktorwälpumpen erfolgreich getestet.
 - Als Folge eines Ereignisses im Dezember 1994 wurden Änderungen im Dichtölsystem des Generators, der Stützdampfregelung für den Speisewasserbehälter und der Hotwell-Niveauregelung vorgenommen. Damit wurde das Anlageverhalten bei Transienten verbessert, was durch Testergebnisse beim Wiederanfahren nach der Jahresrevision nachgewiesen werden konnte.

Brennstoff

Im 11. Brennstoffzyklus war aufgrund des Anstiegs der Reaktorwasser- und der Abgasaktivität ab Dezember 1994 mit Brennelementschäden zu rechnen. Bei der während des Stillstands vorgenommenen Untersuchung aller 648 Brennelemente mit dem Sippingverfahren wurden zwei defekte Brennelemente identifiziert. Ähnlich wie bereits im Zyklus 10 (1993/94) enthielten beide Brennelemente je ein über den gesamten Umfang gerissenes Hüllrohr. Diese Schäden waren mit der Auswaschung von Brennstoff und entsprechender Kontamination des Kühlkreislaufs verbunden. Die Untersuchungen an den defekten Brennelementen zeigen, dass durch Fremdkörperreibung Primärschäden an den Hüllrohren verursacht wurden. Dadurch konnte Wasser in die Hüllrohre eindringen und eine starke lokale Hydrierung ermöglichen, die die Umfangrisse zur Folge hatte. Für den 12. Brennstoffzyklus (1995/96) wurden im Stillstand 128 der insgesamt 648 Brennelemente durch neue ersetzt. Alle nachgeladenen Brennelemente haben eine 10x10-Brennstabanordnung. Acht dieser Brennelemente enthalten erstmals einen Fremdkörperfilter. Um weiteren Brennelementschäden vorzubeugen, wurde während des Stillstandes der Kühlkreislauf so weit wie möglich gereinigt und gründlich auf eventuell vorhandene Fremdkörper überprüft. Ferner wurde die im 11. Zyklus eingeführte schonende Fahrweise beibehalten, um bei Lei-

stungsänderungen die Hüllrohrbelastung zu reduzieren.

Im laufenden Zyklus 12, der mit einem defektfreien Kern begonnen wurde, gab es bis Ende 1995 keine Hinweise auf Brennelementschäden.

Probabilistische Sicherheitsanalyse (PSA)

Aufgrund von Studien und Betriebserfahrungen ist bekannt, dass auch das Eintreten von Mehrfachfehlern in Sicherheitssystemen oder das Versagen mehrerer Rückhaltebarrieren für radioaktive Stoffe nicht gezwungenermassen zu einem Unfall mit massiver Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umgebung führen muss, da Kernkraftwerke über Sicherheitsreserven verfügen, die das Spektrum der beherrschbaren Störfälle über die eigentliche Auslegungsbasis hinaus erstrecken. Es ist das Ziel und die Aufgabe einer Probabilistischen Sicherheitsanalyse (PSA), diese Sicherheitsreserven zu beurteilen und diejenigen Grenzen der Anlage aufzuzeigen, bei deren Überschreiten mit schweren Unfällen zu rechnen ist. PSA-Studien befassen sich daher mit Ereignisabläufen, bei denen mehrere Sicherheitssysteme versagen oder aus anderen Gründen Auslegungsgrenzwerte überschritten werden. Mit ihrer Methode erlauben Probabilistische Sicherheitsanalysen eine quantitative Bewertung der Bedeutung von schweren Unfällen. Sie können zudem Schwachstellen in der sicherheitstechnischen Auslegung identifizieren und Massnahmen zur Störfallbeherrschung resp. -milderung aufzeigen und bewerten. Umfassend angewendet liefern sie einen wertvollen Beitrag zu einer ausgewogenen sicherheitstechnischen Beurteilung der Anlage und ihrer Betriebsführung.

Eine vollständige Risikountersuchung oder Probabilistische Sicherheitsanalyse (PSA) erfolgt in drei Schritten, die als PSA-Studien der Stufe 1, Stufe-2 und Stufe 3 bezeichnet werden. Die Analyse der Stufe 1 umfasst im wesentlichen die Bestimmung der Häufigkeit derjenigen Störfallabläufe, die zu einem Kernschaden führen. Die Analyse der Stufe-2 berechnet für diese Störfallabläufe die zeitabhängige Freisetzungsrates radioaktiver Stoffe in die Umgebung, und die Analyse der Stufe 3 bestimmt schliesslich die Konsequenzen resp. den Schaden in der Umgebung des Kernkraftwerks durch die freigesetzten radioaktiven Stoffe.

Die PSA-Methode wurde bereits im Rahmen der Projektierung der Anlage Leibstadt zur

Optimierung der Not- und Nachkühlsysteme berücksichtigt. 1983 lagen erstmals Ergebnisse einer Studie der PSA-Stufe 1 für intern ausgelöste Ereignisse vor, 1988 die Ergebnisse der Stufe 2-Analysen. Diese Analysen wurden von der HSK beurteilt und kommentiert. Im Frühjahr 1995 lagen schliesslich revidierte PSA-Studien vor, die auch die geplante Leistungserhöhung auf 3600 MW_{th} berücksichtigte, für die Stufe 2-Analyse allerdings nur im Rahmen einer Sensitivitätsstudie.

Die HSK hat diese revidierten PSA-Analysen nochmals einer eingehenden Überprüfung unterzogen und im wesentlichen parallel dazu eine weitgehend unabhängige PSA-Studie durchgeführt. Dieses Vorgehen hat sich bewährt und wurde bereits bei der Überprüfung der PSA-Studien der Anlagen Mühleberg und Beznau angewandt. Nur so ist sichergestellt, dass mögliche Fehler in den Analysen erkannt, notwendige und sinnvolle Anlagenverbesserungen sowie Anlagestärken zur Beherrschung und Milderung schwerer Unfälle unabhängig bewertet werden.

Die Ergebnisse der PSA-Studie für die Anlage Leibstadt zeigen, dass die totale Kernschadenshäufigkeit mit rund $5 \cdot 10^{-6}$ /Jahr deutlich unterhalb dem von der amerikanischen Sicherheitsbehörde NRC für bestehende Anlagen geforderten Grenzwert (Safety Goal) von 10^{-4} /Jahr liegt, sogar noch tiefer als der von der IAEA und von einigen Ländern (z.B. USA, Italien, Holland) für Neuanlagen vorgeschlagene Grenzwert von 10^{-5} /Jahr. Die unabhängige HSK-Analyse hat dieses Ergebnis im wesentlichen bestätigt. Auch die Ergebnisse der Stufe 2-Analyse zeigen, dass das von der Anlage Leibstadt ausgehende Risiko gering ist, insbesondere auch im Vergleich zu anderen modernen Kernkraftwerken. Es sind keine offensichtlichen Schwachstellen vorhanden. Die zur Beherrschung und Milderung schwerer Unfälle ergriffenen Massnahmen sind sinnvoll und vernünftig.

Der Betreiber der Anlage Leibstadt wie auch die HSK werden die Erkenntnisse der PSA-Studie in ihrer täglichen Arbeit in Ergänzung und als Erweiterung der deterministischen Sicherheitsüberlegungen berücksichtigen. Damit kann ein ausgewogenes und auf hohem Stand befindliches Sicherheits- und

Risikoprofil der Anlage gewährleistet werden unter Berücksichtigung neuer Erkenntnisse aus der Unfallforschung sowie eigenen und internationale Betriebserfahrungen.

Radioaktive Abfälle

Der Anfall an radioaktiven Rohabfällen (vgl. Tabelle 11) lag im Bereich der Erfahrungswerte vergangener Jahre. Die übliche Menge an Pulverharzen und Konzentraten wurde zementiert. Ferner wurden brennbare Abfälle beim PSI verascht und zementiert. Eine Anlage zum Mahlen der Kugelharze wurde eingerichtet und in Betrieb genommen. Im April wurde beim KKL eine ca. alle drei Jahre stattfindende Kampagne zur Hochdruckverpressung von pressbaren Abfällen mittels einer mobilen Presse durchgeführt. Alle schweizerischen KKW-Betreiber nahmen daran teil.

Für die früher charakterisierten Pressabfälle konnte die Freigabe erteilt werden. Die Kugelharze sollen gemahlen und gemäss dem bisherigen Verfahren zusammen mit Pulverharzen und Konzentraten zementiert werden. 15 Abfallgebinde dieses neuen Typs wurden als Prototypen hergestellt. Die Spezifikation wurde entsprechend angepasst und der Nagra zwecks Beurteilung der Endlagerfähigkeit zugestellt. Auch für die Zementierung von reinem Konzentrat wurde die Spezifikation erstellt und der Nagra zugestellt. Verschiedene weitere Spezifikationen und Nachdokumentationen sind noch ausstehend. Nicht alle Fässer mit brennbarem schwachaktivem Abfall, die temporär gemäss einer entsprechenden Freigabe der HSK in einem Pufferlager gelagert sind, konnten 1995 dem PSI zur Verbrennung zugeführt werden. Die Erlaubnis der HSK für diese temporäre Lagerung wurde deshalb auf Antrag des KKL bis April 1996 verlängert. Im Zwischenlager fand eine routinemässige Einlagerung von konditionierten Abfällen statt.

Strahlenschutz

Schutz des Personals

Im Kalenderjahr 1995 (Vorjahr 1994 in Klammern) wurden im KKL die in der folgenden Tabelle angegebenen Kollektivdosen ermittelt:

Aktionen	Personen-Sv
Geplanter Stillstand	1,02 (1,78)
Zwischenabstellung	(0,14)
Leistungsbetrieb	0,64 (0,66)
Jahreskollektivdosis	1,66 (2,58)

Sowohl die Kollektivdosis für die Revision wie auch die Jahreskollektivdosis entsprechen dem prognostizierten Wert. Sie sind die tiefsten je im KKL erreichten Kollektivdosen und liegen deutlich unterhalb des HSK-Richtwertes von 4 Personen-Sv.

Das Optimierungsgebot der Gesetzgebung wurde mit sehr detaillierten schriftlichen Strahlenschutzplanungen u.a. für die folgenden dosisrelevanten Arbeiten erfüllt:

- Sanierung der Luftkühler im Kondensator
- Pumpen- und Armaturenrevision inklusive Dekontamination
- Verbesserungen Deckelsprüh- und Entgasungsleitung am RDB-Deckel
- Wiederholungsprüfungen
- Reinigungsarbeiten im Annulus zwischen Drywell und Weirwall
- Vorbereitungsarbeiten für Wasserstoff-Einspeiseversuch
- Entnahme einer RDB-Probe

Im weiteren konnte durch Training der Bedienungsmannschaft an 1:1 Modellen (natürlicher Grösse) Arbeitsabläufe ohne Dosisbelastung optimiert und damit die Strahlenbelastung signifikant gesenkt werden. Modelle wurden dieses Jahr für die folgenden Arbeiten aufgebaut:

- Sanierung der Lüftkühler im Kondensator
- Einbau einer Messsonde in die Umwälzschleife

Bei den Individualdosen wurden keine Dosisüberschreitungen festgestellt. Die höchste Einzeldosis betrug 1995 14,6 mSv (1994: 18,5 mSv). Nähere Angaben sind in den Tabellen 5 bis 10 und aus den Figuren 6 bis 10 ersichtlich. Total wurden 1326 Personen einer Eintritts- und Austrittsmessung auf dem Inkorporationsmonitor unterzogen, wobei keine β/γ -Inkorporationen festgestellt wurden. Aufgrund des an verschiedenen Komponenten ermittelten γ/α -Verhältnisses kann davon ausgegangen werden, dass auch keine signifikanten Inkorporationen von α -Strahlern vorlagen.

Der radiologische Zustand der Anlage entsprach weitgehend den Verhältnissen im Vorjahr. Auch im 11. Zyklus traten Brenni-

elementschäden auf. Es musste deshalb mit einem Anlagezustand gerechnet werden, der hinsichtlich α -Kontaminationen den Verhältnissen während der Revisionsarbeiten 1994 entsprach. Es wurde wiederum ein α -Messprogramm durchgeführt:

- Tägliche Direktmessung der α -Kontamination an häufig begangenen Stellen
- α -Spektrometrie an ausgewählten Komponenten insbesondere zur Ermittlung des γ/α -Verhältnisses
- Überwachung der Raumluft an exponierten Arbeitsplätzen

Der Mittelwert der Dosisleistung an der Umwälzschleife vom 1,92 mSv/h entspricht etwa dem Wert des Vorjahres. Im Verlauf des 11. Zyklus sind also die Dosisleistungen wieder auf den Wert vor der Dekontamination 1994 angestiegen. Die Dosisleistung an den langjährig überwachten Komponenten des Druckgefässes zeigen wie in den letzten rund drei Jahren eine schwach sinkende Tendenz. Insgesamt wurden zur Dosisleistungsreduktion 53,5 Tonnen (45 Tonnen) Blei temporäre Abschirmungen aufgebaut. Bei Abschirmarbeiten wurden total 33,7 Personen-mSv akkumuliert. Dem steht eine nicht näher quantifizierte, aber aufgrund der gezeigten Schwächungsfaktoren sicher signifikante Dosisreduktion von mindestens 1 Personen-Sv gegenüber.

Zur Vorbereitung der Revision der Armaturen des Reaktorwasser-Reinigungssystems (RWCU) und der RWCU-Pumpe B wurde eine Systemdekontamination mit Hilfe des CORD-UV[®]-Verfahrens durchgeführt. An den Leitungen wurden Dekontaminationsfaktoren gegen 50 und an der Pumpe gegen 20 erreicht, was zu Dosisreduktionen führte, die signifikant über den aufgewendeten 16 Personen-mSv lagen.

Mit 90 Personen-mSv lag die akkumulierte Kollektivdosis für die Sanierung der Kondensator-Luftkühler deutlich über dem geplanten Wert. Es konnte mit der Sanierung von 5 Kühlern im Kondensatorviertel Nord nur ein Teil der geplanten Arbeiten durchgeführt werden, da neben einer unerwartet ho-

hen Anlagenkontamination die festgestellte Dosisleistung den Planungswert von 7 $\mu\text{Sv/h}$ bis zu einem Faktor 10 überstieg. Die restlichen 27 Luftkühler müssen in den folgenden Jahren saniert werden.

Während eines Wasserstoff - Einspeiseversuchs (siehe auch nächsten Abschnitt), analog zu den Tests im KKM, wurde die Ortsdosisleistung in Funktion der Wasserstoffkonzentration auch im KKL in der Anlage und in der Umgebung detailliert erfasst. Die ermittelten Werte lagen innerhalb der Prognose, die aufgrund von Messungen in anderen Siedewasser-Anlagen erstellt wurde.

Die ermittelte Dosisleistungserhöhung, nicht nur im Bereich der kontrollierten Zonen sondern auch auf dem stark begangenen Teil des übrigen überwachten Bereichs, zeigt, dass Strahlenschutz-Optimierungen in beiden Siedewasser-Reaktoranlagen nötig werden, falls die routinemässige Einspeisung von signifikanten Mengen an Wasserstoff eingeführt werden soll.

Radiologisch bedingte zu klassierende Ereignisse traten 1995 keine auf. Der Personenunfall, der bereits in Abschnitt "Besondere Vorkommnisse" beschrieben wurde, trat innerhalb der kontrollierten Zone auf. Eine Kontamination der Personen erfolgte nicht. Ein schneller und nach Feststellung des ebenfalls sehr rasch eintreffenden Notfallarztes absolut richtiger Einsatz der Werksgesundheit hat die Schwere der Verbrennungsschäden sicher minimiert und stellt dem Ausbildungsstand dieser Equipe ein sehr gutes Zeugnis aus.

Abgaben an die Umwelt und Direktstrahlung

Die Abgaben des KKL an die Umwelt nahmen gegenüber dem Vorjahr ab. Dies hat damit zu tun, dass zur Vermeidung erhöhter Abgaben aufgrund der Brennstabdefekte während dem Abfahren und am Beginn der Revision zusätzliche Massnahmen getroffen wurden und dass seit der Revision im Sommer bis zum Jahresende ohne Brennstabdefekte gefahren werden konnte. Für die meistbetroffene Bevölkerungsgruppe in der Umgebung der Anlage wurde aus den jährlichen Abgaben unter Berücksichtigung der Vorjahre eine Dosis von ca. $1,6 \cdot 10^{-6}$ Sv für Erwachsene und $3,3 \cdot 10^{-6}$ Sv für Kleinkinder für ungünstige Annahmen rechnerisch bestimmt. Detaillierte Angaben können der Tabelle 4 entnommen werden.

Auch beim KKL wurden die notwendige Anpassungen an die neue Strahlenschutzverordnung (StSV) vorgenommen und in diesem

Bericht berücksichtigt; insbesondere erfolgte eine Umrechnung der Abgabegrenzwerte in Bq und die Dosisberechnungen wurden gemäss dem Entwurf zur HSK-Richtlinie R-41 vom September 1995 durchgeführt (vgl. entsprechendes Kapitel KKB). Das "Reglement für die Abgabe radioaktiver Stoffe und die Überwachung von Radioaktivität und Direktstrahlung in der Umgebung des Kernkraftwerks Leibstadt (KKL)" (Abgabereglement) ist überarbeitet und auf Anfang 1996 in Kraft gesetzt worden

Mit dem Messnetz (MADUK) in der Umgebung des KKL wurde, ausser in der nachfolgend beschriebenen Situation, keine signifikante Erhöhung der Ortsdosis über die naturbedingte Untergrundstrahlung festgestellt. Wie im KKM (vgl. entsprechendes Kapitel KKM) wurden auch im KKL Versuche mit Einspeisung von Wasserstoff in das Reaktorwasser zur Optimierung des Korrosionsschutzes durchgeführt. Die Versuche fanden zwischen dem 20. und dem 27. November statt. Die dadurch als Nebeneffekt auftretende Erhöhung der Dosisleistung durch Direktstrahlung aus dem Maschinenhaus führte zu Ortsdosiswerten am ungünstigsten Punkt am Zaun von 0,045 mSv in einer Woche. Als maximale momentane Ortsdosisleistung wurde ein Wert von ca. 1 MikroSv/h gemessen. Die am nächsten liegende MADUK-Sonde beim Meteomast zeigte eine kaum messbare Erhöhung von 0,02 MikroSv/h. Somit blieb auch während der Versuchsphase der Grenzwert der Strahlenschutzverordnung von 5 mSv pro Jahr und der Richtwert der HSK-Richtlinie R-11 von 0,1 mSv/Woche eingehalten. Für einen allfälligen Dauerbetrieb mit Einspeisung signifikanter Wassermengen müssten allerdings zusätzliche Massnahmen getroffen werden.

Strahlenschutzinstrumentierung

Die eingesetzten Strahlenschutzmessgeräte zur Überwachung der Abgaben an die Umwelt und der Aktivitäts- und Strahlenpegel in der Anlage sowie die Personenmonitore und die Systeme zur Personendosimetrie erfüllten alle an sie gestellten Anforderungen.

HSK-Gutachten zum Gesuch um Leistungserhöhung

Das KKL hatte im Sommer 1992 ein Gesuch um Erhöhung der thermischen Nennleistung auf 3600 MW, d.h. um 14,7%, gestellt. Die Leistungserhöhung erfordert eine Änderung der Betriebsbewilligung. Die HSK hat dazu ein Gutachten verfasst.

Die Begutachtung wurde 1994 begonnen, nachdem die notwendigen Unterlagen vorlagen, zu denen u.a. die probabilistische Sicherheitsanalyse (PSA) gehörte. Die Begutachtung bildete einen Schwerpunkt der HSK-Arbeiten im Jahr 1995. Das Gutachten befasste sich mit allgemeinen Sicherheitsaspekten, die eine Voraussetzung für die Leistungserhöhung darstellen und den bisherigen Betrieb der Anlage betreffen, sowie mit denjenigen Aspekten und Teilen der Anlage, welche von der Leistungserhöhung beeinflusst werden respektive werden können. Als Massstab für die Überprüfung diente der aktuelle Stand von Wissenschaft und Technik.

Überprüft wurde der Einfluss der Leistungserhöhung auf das System- und Komponentenverhalten. Dabei wurde insbesondere sichergestellt, dass die sich Erfolgskriterien für die Sicherheitssysteme nicht ändern, eine von der HSK vorgegebene Randbedingung zur Leistungserhöhung. Damit wird sichergestellt, dass die Anlagensicherheit im wesentlichen unverändert bleibt. Zudem musste aufgezeigt werden, dass im Rahmen der Auslegung die für die heutige Reaktorleistung gültigen Sicherheitsgrenzwerte auch unverändert bei der erhöhten Leistung eingehalten werden. Dies wurde durch umfassende deterministische Sicherheitsanalysen nachgewiesen.

Der Einfluss der Leistungserhöhung auf das durch die Anlage auf die Umgebung ausgehende Risiko wurde im Detail sowohl qualitativ überprüft als auch quantitativ abgeschätzt. Die HSK hat dazu den Einfluss der Leistungserhöhung auf alle das Risiko massgeblich beeinflussende Grössen untersucht und quantifiziert. Es zeigt sich, dass die Risikozunahme vor allem durch die Erhöhung des Aktivitätsinventars im Kern und durch einen etwas schnelleren Unfallablauf bedingt ist (ein Ergebnis für die Risikoerhöhung ist auf der Frontseite des Jahresberichts bildlich dargestellt). Die daraus resultierende leicht überproportionale Risikozunahme ist somit inhärent gegeben. Wichtig ist aber vor allem das Ergebnis, dass das Risiko der Anlage Leibstadt auch nach der Leistungserhöhung gering ist und dank der im Laufe der Jahre durchgeführten Nachrüstmassnahmen sogar effektiv immer noch geringer ist als zum Zeitpunkt der Betriebsaufnahme.

Die umfassende sicherheitstechnische Überprüfung der Anlage Leibstadt mit erhöhter Leistung hat ergeben, dass die Sicherheit der Anlage auch bei 3600 MW_{th} gewährleistet

werden kann. Aufgrund dieser systematischen Überprüfung sind einige Auflagen, Empfehlungen und weitere Anforderungen zu erwarten, die zur Verbesserung der Anlagensicherheit beitragen werden.

Personal und Organisation

Personal

Im Berichtsjahr wurden vier Reaktoroperateure neu lizenziert. Der Totalbestand an lizenziertem Personal ist in Tabelle 2 aufgeführt. Die gesamte Werksbelegschaft umfasste Ende Berichtsjahr 408 Personen (1994: 392). Die Zunahme ist darauf zurückzuführen, dass Stellen, deren Inhaber demnächst pensioniert werden, bereits durch neue Mitarbeiter besetzt worden sind, um eine reibungslose Ablösung zu gewährleisten.

Organisation

In der Abteilung Elektrotechnik wurden auf Anfang 1995 die beiden Ressorts "Allgemeine Informatik" und "Prozessinformatik" zu einem Ressort "Informatik" zusammengefasst. Im übrigen wurden keine Änderungen an der Organisation vorgenommen.

Qualitätssicherung

KKL hat das Qualitätsmanagement-Handbuch fertiggestellt und der HSK zur Prüfung und Stellungnahme überreicht. Aufgrund einer Effizienzstudie wurden die Grundsätze und Strategien für eine Verdichtung der Regelwerke zur Verbesserung der Verständlichkeit festgelegt. Das KKL wird 1996 am Qualitätsmanagement-System im Sinne einer Straffung und, wo notwendig, Ergänzung weiterarbeiten und auch die bereits begonnene Schulung ergänzen.

Ausbildung

Im Juni 1995 konnte der Betrieb des Kernkraftwerk-Simulators in Leibstadt für die Ausbildung des Schichtpersonals aufgenommen werden. Er ermöglicht die Schulung von seltenen oder risikoreichen Situationen und ermöglicht damit den Operateuren, Abläufe und Handlungen zu üben, mit welchen sie im Normalbetrieb des Kraftwerkes nie oder nur selten konfrontiert werden. Dadurch, dass der Kommandoraum des Simulators eine exakte Kopie des realen Hauptkommandoraums darstellt, sind diese Übungen ausserordentlich realitätsnah und verlangen von den Operateuren keine Umstellung oder Uminterpretation. Die HSK begrüsst die Inbe-

triebnahme dieses werkspezifischen Simulators, ist er doch ein wesentliches Element der Ausbildung und damit ein Beitrag zur Erhöhung der Sicherheit.

Zur Koordination der Ausbildung innerhalb des Werkes hat KKL eine Ausbildungskommission mit Vertretern aus allen Abteilungen geschaffen.

Notfallübungen

In KKL wurden im Berichtsjahr die Werksnotfallübung "SOWISO" und die Stabsnotfallübung "FLAB" durchgeführt.

Bei der Übung "SOWISO" handelte es sich um die 1994 wegen OSART und der Sicherungs-Gesamtnotfallübung "BLADE" verschobenen Werksnotfallübung. Der Übung lag ein Bruch einer Entgasungsleitung des Speisewasserbehälters zugrunde. Eine sich auf dem Rundgang befindliche Person wurde verletzt. Für den Notfallstab und die beteiligten Notfallgruppen galt es u.a., geeignete Massnahmen für den Anlagebetrieb bei nicht isolierbarer Speisewasserleckage festzulegen, Abschätzungen über mögliche Aktivitätsabgaben an die Umgebung durchzuführen sowie die erste Hilfe bei Verletzungen und Verbrühungen sicherzustellen. Die eingesetzten Notfallgruppen zeigten sich ihren Aufgaben gewachsen und arbeiteten zweckmässig.

Die Stabsübung "FLAB" diente als Vorübung zur Gesamt-Notfallübung "FORTUNA" im Jahr 1996. An "FLAB" waren neben KKL-Notfallstab, Pikettingenieur und Feuerwehrkommandant auch Teile der HSK- und NAZ-Notfallorganisation beteiligt, wobei die drei Equipen in getrennten Räumlichkeiten des KKL arbeiteten. Die Übung diente dazu, das Zusammenspiel der drei Organisationen zu überprüfen und Probleme in der Beurteilung, der Beschlussfassung und Umsetzung festzustellen und diese vor der Gesamt-Notfallübung 1996 zu beseitigen. Das Szenario nahm an, dass ein Frachtflugzeug kurz nach dem Start in Kloten auf das Maschinenhaus des KKL stürzte, was diverse Beschädigungen u.a. im Bereich der Kaltkondensatbehälter und am Maschinenhaus auslöste. Es strömten dadurch kleinere Mengen Dampf ins Freie. In einer späteren Phase führte das Versagen eines Absperrschiebers zum Eindringen von Kerosingasen in die Aktivkohlefilter der Abgasanlage und zu einer Verpuffung, welche über die Abgasanlage zurück ins offene Maschinenhaus entwich und von dort zu einer weiteren Freisetzung führte. Der Notfallstab löste die anstehenden

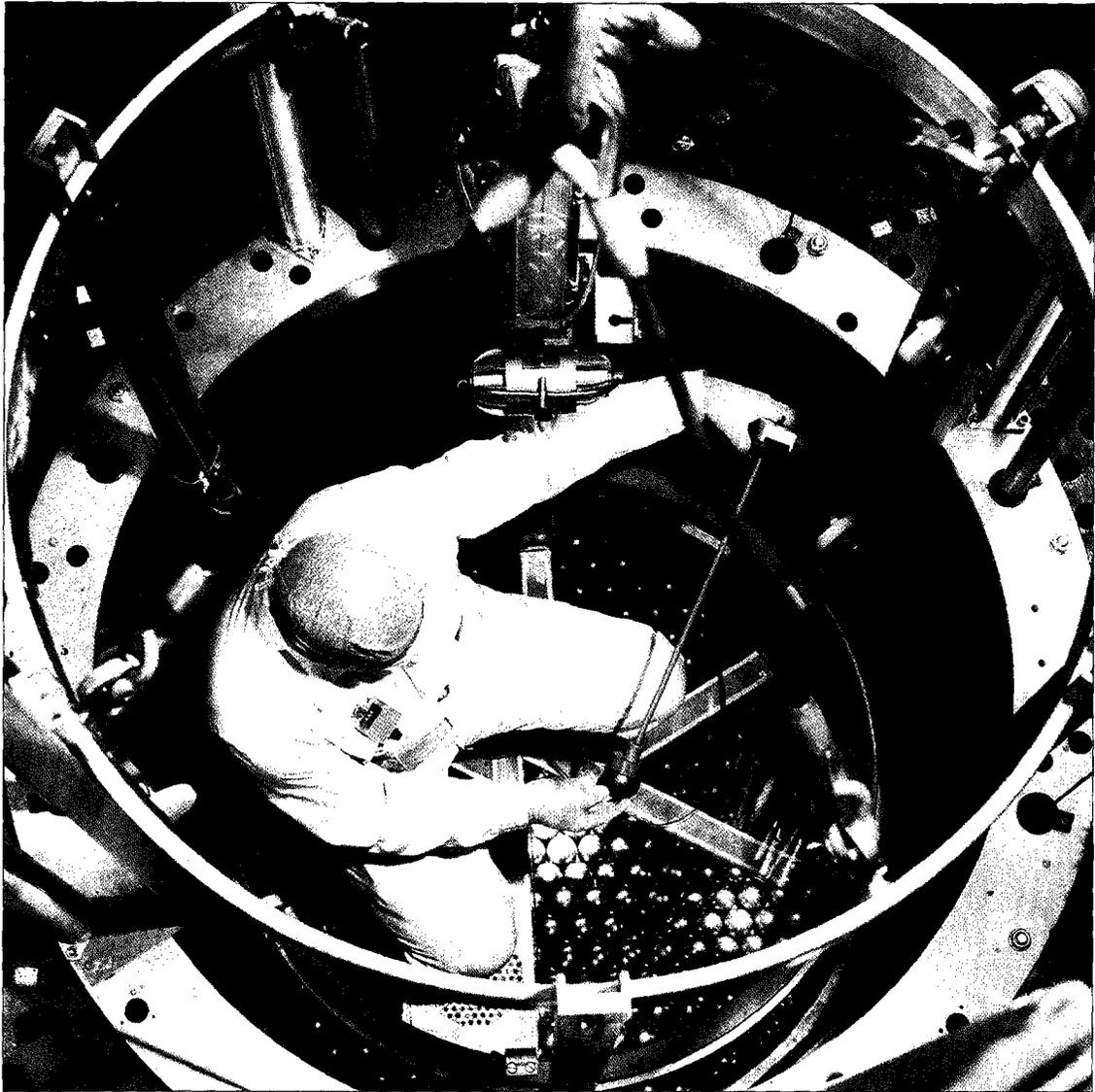
Probleme zweckmässig. In der Absprache und Abstimmung zwischen den drei involvierten Organisationen zeigten sich jedoch noch Möglichkeiten für Verbesserungen.

Die Einsatzbereitschaft der Notfallorganisation und das Notfallverhalten des Personals bei den Übungen beurteilt die HSK als gut.

Gesamteindruck aus der Sicht der HSK

Der Zustand der Anlage und die Betriebsführung im KKL können in Hinblick auf die nukleare Sicherheit und den Strahlenschutz als gut beurteilt werden. Die eingetretenen Ereignisse waren von geringer sicherheitstechnischer Bedeutung. Ungeachtet der im 12. Zyklus bis Ende 1995 bemerkbaren Verbesserung der Brennelementintegrität sollten weiterhin alle Anstrengungen unternommen werden, um durch Gewährleistung der Fremdkörperfreiheit, schonende Betriebsweise des Reaktors und den Einsatz konstruktiv verbesserter Brennelemente Brennstabschäden dauerhaft zu vermeiden.

Auf dem Gebiet des Strahlenschutzes konnten Ereignisse vermieden und die Werte der Individual- und Kollektivdosen, insbesondere in Anbetracht der durchgeführten Arbeiten und der aufgetretenen Brennstoffdefekte, recht tief gehalten werden.



Forschungsreaktor PROTEUS am Paul Scherrer Institut, Würenlingen
Réacteur de recherche PROTEUS à l'Institut Paul-Scherrer, Würenlingen
Research reactor PROTEUS at the Paul Scherrer Institute, Würenlingen

FORSCHUNGSANLAGEN

Paul Scherrer Institut (PSI), Villigen/Würenlingen

In diesem Bericht wird das PSI mit den Arealen Ost (Gemeindegebiet Würenlingen) und West (Gemeindegebiet Villigen) betrachtet. Die Aufsicht der HSK umfasst sechs Anlagen auf dem Areal Ost, die im Sinne des Atomgesetzes 1957 Kernanlagen sind, und alle anderen Einrichtungen auf beiden Arealteilen, sofern sie Strahlenschutzaspekte entsprechend dem Strahlenschutzgesetz 1991 tangieren.

Schwerpunkte der HSK-Aufsichtstätigkeit bildeten im Berichtsjahr die Reaktoranlage PROTEUS und das Hotlabor, die derzeit umfangreichste Kernanlage des PSI. Im weiteren wurden die Stilllegungsarbeiten am Forschungsreaktor DIORIT und der seit 1994 nicht mehr in Betrieb stehende Forschungsreaktor SAPHIR beaufsichtigt. Die Überwachung von Radioaktivem Abfallwesen und Bundeszwischenlager BZL lag ebenfalls im Aufgabenbereich der HSK. Die Beschleunigeranlagen mit der im Aufbau befindlichen Spallations-Neutronenquelle, medizinische Anwendungen (zusammen mit dem BAG) und Radiopharmazie sind Einrichtungen, für die die HSK Aufsichtsbehörde nach dem Strahlenschutzgesetz ist. Der Aufwand für die Aufgaben, die der HSK durch das Strahlenschutzgesetz übertragen wurden, wird im Vergleich zu jenem für die Kernanlagen des PSI immer grösser.

PROTEUS

Der Forschungsreaktor PROTEUS, eine Nulleleistungsanlage, wurde auch 1995 für reaktorphysikalische Studien an HTR-Kugelhafen mit hexagonal dichtester Kugelpackung und hexagonal kubischer Anordnung verwendet. Während 842 Betriebsstunden konnten 25 Flussstunden ($\Phi \geq 1 \cdot 10^9 \text{ cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) erreicht werden.

Die Kollektivdosis wurde im Jahr 1995 zu 11,5 Personen-mSv bestimmt. Der Betrieb der Anlage erfolgte störungsfrei.

Hotlabor

Die Forschungsthemen und die damit vorgegebenen Nuklidarten und -mengen haben sich im Hotlabor gegenüber den Vorjahren nur wenig verändert. Vorwiegend erfolgten Beiträge zu den Forschungsprogrammen EDEN (Entwicklung, Durchführung und Eva-

luation von Nachbestrahlungsuntersuchungen an Brennelementen) und Entsorgung.

Im Berichtsjahr wurden Fortschritte bei der Abfallbehandlung im Hotlabor erzielt: Die im Jahre 1994 in Betrieb genommene Zementiereinrichtung für Actinidenabfälle (FIXBOX 1B) konnte 1995 störungsfrei und effizient betrieben werden. Planmässig wurde damit etwa die Hälfte der Altlasten an flüssigen, plutoniumhaltigen Abfällen in eine sichere Form überführt. Im weiteren wurden erstmals Brennstab-Überreste aus Nachbestrahlungsuntersuchungen, die für die Kernkraftwerke durchgeführt wurden, fernbedient ummantelt und dicht verschweisst. Nach vorgegebener Qualitätskontrolle werden sie in das Lager eines Kernkraftwerkes zurückgeführt, wo sie in den Brennstoffkreislauf zur Wiederaufarbeitung eingegliedert werden können.

Die im Jahr 1994 begonnenen Bauprojekte (Nachrüstung der Objektsicherung, Warenlift im Hotzellentrakt, neuer Radionuklid-Lageraum und Erweiterung der Büros) konnten im Verlaufe des Berichtsjahres abgeschlossen werden.

Anlässlich einer Reorganisation des Forschungsbereiches "Nukleare Energie, Sicherheit" (F4) wurde das Hotlabor in zwei von drei Sektionen des Labors für Werkstoffverhalten (LWV) eingebunden, wobei dessen Leiter die Gesamtverantwortung für die Kernanlage trägt.

Der Betrieb der Anlage Hotlabor hatte im Berichtsjahr zwei Ereignisse nach HSK-R-25 an die Aufsichtsbehörde zu melden (siehe dazu Abschnitt "Besondere Vorkommnisse"). Für die 60 dosimetrisch überwachten Hotlabor-Mitarbeiter ergab sich im Jahr 1995 eine Kollektivdosis von 147,7 Personen-mSv, bei einer höchsten Individualdosis von 11,1 mSv.

SAPHIR

Das PSI beabsichtigt längerfristig den seit Ende 1993 abgestellten Forschungsreaktor SAPHIR einer Stilllegung zuzuführen. Solange noch Brennstoff vorhanden ist, muss diese Anlage als Kernanlage beaufsichtigt werden. Die Überwachung durch das PSI muss, bei stark reduziertem Personalbestand, sichergestellt werden. Es wurden eine Reihe technischer Massnahmen getroffen, um die Anlage in einen Zustand überzuführen, in dem auch bei vereinfachter Kontrolle Zwischenfälle vermieden werden können.

Nicht mehr gebrauchte und noch funktionsfähige, teilweise leicht aktivierte SAPHIR-Experimentiereinrichtungen, nämlich Spektrometer mit einer Masse von 75,6 Tonnen, wurden auf Wunsch eines ungarischen Forschungslabors an einen dort betriebenen Forschungsreaktor transferiert.

Anlagespezifisch wird für 1995 eine Kollektivdosis von 2,1 Personen-mSv ausgewiesen.

DIORIT

Im Berichtsjahr wurden die Demontearbeiten im Rahmen der bereits freigegebenen Abbruchphase 2A fortgeführt. Konzepte für den Einbau eines Aktiv-Beizlabors und für eine Entsorgungsstrasse zu Abbruchphase 2B konnten von der HSK genehmigt werden. Gegenwärtig erfolgt die Umsetzung.

Das DIORIT-Gebäude, in dem seit Dezember 1994 kein Kernbrennstoff mehr lagert, wird derzeit von 47 Mitarbeitern mehrerer Forschungsgruppen als Büro- und Experimentierareal genutzt. Die Kollektivdosis des Abbruch-Personals wurde mit 1,9 Personen-mSv im Jahr 1995 ermittelt.

Radioaktive Abfälle

Der Aufwand zur Bearbeitung der vielfältigen Abfalltypen, die das PSI aufgrund seiner eigenen Abfälle und derjenigen aus dem BAG/SUVA-Bereich gemäss heute vorliegendem Entsorgungskonzept zu spezifizieren und nachzudokumentieren hat, wurde vom PSI ursprünglich unterschätzt. Im Jahre 1995 hat das PSI drei zusätzliche wissenschaftliche Mitarbeiter eingestellt, die sich vollumfänglich dieser Aufgabe annehmen. Einige Aktionen konnten abgeschlossen werden. Es sind jedoch noch grosse Anstrengungen notwendig, um das Nuklidinventar einer Reihe von Abfällen zu charakterisieren und die Spezifikationen für die Abfallgebindetypen zu erstellen.

FIXBOX-1B

Nachdem auf Basis einer provisorischen Typenfreigabe für zunächst 350 und später zusätzlich 700 FIXBOX-1 Liter-Gebinde im Vorjahr eine auf etwa zwei Jahre anberaumte Kampagne gestartet wurde, konnten bis zum Ende des Berichtsjahres etwa 1000 FIXBOX-1-Liter-Gebinde qualitätsgeprüft hergestellt werden. Nach den bisherigen Erfahrungen ist davon auszugehen, dass die Verfestigung aller heute vorliegenden flüssigen plutoniumhaltigen Abfälle bis Ende 1996 abgeschlossen sein wird.

Die Verbrennungsanlage und das Abfall-Labor

In der Verbrennungsanlage und im Abfall-Labor des PSI werden normalerweise radioaktive Abfälle aus der ganzen Schweiz verarbeitet. Im Berichtszeitraum wurden 3577 Fässer à 200 l Rohabfall mit vorwiegend brennbaren Abfällen aus den Kernkraftwerken in zwei Kampagnen konditioniert. Mit dieser Aktion konnte für die brennbaren Abfälle eine Verdichtung auf 55 Abfallgebände (inklusive Asche und Filtrückständen) in endlagerfähiger Form erzielt werden.

Das PSI hat 1995 in Abstimmung mit dem BAG keine Sammelaktion radioaktiver Abfälle aus dem BAG/SUVA-Bereich durchgeführt, da eine entsprechende Verordnung, die u.a. eine Deklarationspflicht des Lieferanten von Abfällen detailliert vorschreibt, noch nicht vorlag. Damit soll in Zukunft besser gewährleistet werden, dass Zwischenfälle wegen ungenügender oder falscher Deklaration vermieden werden.

Abfälle aus dem Betrieb des Protonenbeschleunigers

Die Abklärungen zur Charakterisierung der aus dem Betrieb der Beschleuniger anfallenden Abfallsorten sind weiterhin im Gange. Die Charakterisierung des Nuklidinventars der Beschleuniger-Abfälle wird von einer Arbeitsgruppe verfolgt, an deren regelmässigen Tagungen NAGRA, PSI und HSK vertreten sind. Die HSK hat dem PSI die Genehmigung für die Errichtung eines temporären Stapelplatzes (TSP) auf dem West-Areal erteilt, in dem Beschleunigerabfälle in Containern zwischengelagert werden können.

Das Bundeszwischenlager

Das Bundeszwischenlager (BZL) ist seit Ende 1992 im routinemässigen Einlagerungsbetrieb. Zum Jahresende 1995 lagerten in dieser Einrichtung 3281 endkonditionierte 200-l-Fässer und 24 PSI-West-Container (16 t). Im Berichtsjahr wurden mehrere Betoncontainer mit unkonditionierten, festen Abfällen aus dem PSI-West und eine Grossquelle aus der Industrie zeitlich befristet eingelagert.

Lagerhallen A, B, C, Stapelplatz und Umschlagplatz

Diese Einrichtungen sind für eine mittelfristige Lagerung von leicht- und mittelaktivem Abfall vor bzw. nach der Konditionierung bestimmt. Am Jahresende 1995 wurden in diesen Lagern 707 Fässer mit 200 l Inhalt, einige davon in Abschirmbehältern, gelagert.

Altmaterialentsorgung aus kontrollierten Zonen

Im Jahr 1995, das vom PSI dem Motto Aufräumen gewidmet wurde, sind in den kontrollierten Zonen beträchtliche Mengen von Materialien und Stoffen angefallen, die nach sorgfältiger radiologischer Überprüfung als inaktiv weiterverwendet werden können. Im Berichtsjahr wurden von der HSK ca. 14 t Altmaterial, vorwiegend Bauschutt, aus kontrollierten Zonen zur unkonditionellen Weiterverarbeitung als inaktiv freigegeben.

Strahlenbelastung bei der Behandlung radioaktiver Abfälle im PSI

In Betrieben der Entsorgungsanlagen des PSI wurde für 1995 eine Kollektivdosis von 46,9 Personen-mSv ermittelt, wobei sich durch zusätzliche Strahlenabschirmungen um den Ofen der Verbrennungsanlage, gegenüber dem Vorjahr, eine Reduktion der Dosisbelastung für die Betriebsmannschaft ergab.

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

Als Kontrollinstanzen des Bundes koordinieren das Bundesamt für Gesundheitswesen (BAG) und die HSK ihre Aufsichtsfunktionen in diesem Bereich. Während das BAG für die Anwendung der Strahlen am Menschen zuständig ist, bearbeitet die HSK alle Aspekte des operationellen Strahlenschutzes für die involvierten PSI-Mitarbeiter und das anlagefremde Personal sowie für die Umgebung.

Im Rahmen des Positronen-Emissions-Tomographie-Programms (PET) wurden, ähnlich dem Vorjahr, organische und anorganische Tracer an Menschen appliziert. Im Berichtsjahr wurden mit der OPTIS-Einrichtung 222 an Augenmelanomen erkrankte Patienten mit Protonen behandelt. Die neue 200-MeV-Protonen-Therapieanlage des PSI-Schwerpunktprojekts "Behandlung tiefliegender Tumore mit Protonen" konnte einen ersten Probebetrieb (Phantombestrahlungen und Behandlung von Tierpatienten) im Verlauf des Berichtsjahres erfolgreich aufnehmen. Nach der Redimensionierung des Laboratoriums für Radiopharmazie (LRP) im Jahre 1994 wurden im Berichtszeitraum vorwiegend nur noch Radioisotope für die eigene Forschung sowie für die eigenen on-line Anwendungen (PET) hergestellt. Im Berichtsjahr wurden die letzten Präparate im Rahmen der früheren Routineproduktion des LRP ausgeliefert.

Für das Personal der Radiopharmakaproduktion und der medizinischen Anwendungen ergab sich im Jahr 1995 eine Kollektivdosis von 54,4 Personen-mSv.

Beschleuniger, Protonenstrahlführung und Experimentierareale

Der Betrieb des Injektors I während 4960 Stunden entsprach der Abwicklung des Standardprogramms (35% Niederenergie-Experimente, 15% polarisierte Protonen, 35% medizinische Forschung). Der Betrieb des grösseren Injektors II (72 MeV) erfolgte während 5310 Stunden. Als bedeutender Meilenstein der PSI-Beschleunigeranlagen ist der am 26. September 1995 im Rahmen eines Testprogramms erstmals erreichte Protonenstrahlstrom von 1,5 mA aus dem 600-MeV-Ringzyklotron zu bezeichnen, das im Berichtsjahr während 5270 Stunden in Betrieb stand.

Der Betrieb der Beschleunigeranlagen mit ihren zahlreichen Experimenten, in die nach wie vor sehr viele interne und externe Forschungsgruppen involviert sind, erfolgte mit zwei nennenswerten Ereignissen, wobei eines nach HSK-R-25 meldepflichtig war, aber nicht klassiert wurde: Ein Schwelbrand, der nur geringen Sachschaden anrichtete, ereignete sich am 19. April 1995 im Aktivtechnik-Bereich der grossen Experimentierhalle. Das Ereignis mit potentiell grösserer Tragweite war am 21. Juni 1995 zu verzeichnen, als ein Experimentator in einen Experimentierbunker eintreten konnte, dessen Strahlweg freigegeben hätte werden können (siehe Abschnitt "Besondere Vorkommnisse").

An der Beschleunigeranlage des PSI (mit Ausnahme des LRP und der medizinischen Anwendungen) ergab sich 1995 für PSI-Angestellte eine Kollektivdosis von 74,0 Personen-mSv. Für über 300 in- und ausländische Experimentatoren wurden im gleichen Zeitraum 92,4 Personen-mSv ermittelt.

Projekt Spallations-Neutronenquelle (SINQ)

Der Aufbau der projektierten Gesamtanlage in den bereits errichteten Hallen hat sich wegen Lieferschwierigkeiten für extern gefertigte Hauptkomponenten nennenswert verzögert. Das PSI rechnet mit einer Inbetriebnahme im Oktober 1996. Die Mitarbeiter des Projektes akkumulierten 1995 eine Dosisbelastung von 5,5 Personen-Millisievert.

Strahlenschutz

Im gesamten PSI wurde im Berichtsjahr durch die 1156 beruflich strahlenexponierten Mitarbeiter eine Strahlendosis von 0,54 Per-

sonen-Sv (1994: 0,47 Personen-Sv) akkumuliert. Davon im PSI-West 0,28 und im PSI-Ost 0,26 Personen-Sv. Die höchste Einzeldosis betrug 11,1 mSv (1994: 45,9 mSv). Wie im Vorjahr wurden keine grösseren dosisintensiven Arbeiten aufgenommen.

Für die Abteilung Strahlenhygiene selber resultierte 1995 eine Kollektivdosis von 24,3 Personen-mSv (1994: 55,1 Personen-mSv). Weitere Angaben über Dosiswerte sind in den vorhergehenden Abschnitten sowie in den Tabellen 5 bis 10 und in Figur 7 enthalten.

Für alle Nuklide resp. Nuklidgruppen wurden die Abgabelimite an allen Abgabestellen eingehalten und es ergab sich unter ungünstigen Annahmen eine Dosis von ca. $2 \cdot 10^{-6}$ Sv pro Jahr für Aerosole aus der Verbrennungsanlage resp. $3 \cdot 10^{-6}$ Sv pro Jahr für Edelgase aus der zentralen Abluft des PSI-West bezogen auf die meistbetroffene Personengruppe in der Umgebung. Siehe dazu auch Tabelle 4.

Im Berichtszeitraum wurde in der Abteilung Strahlenhygiene des PSI mit der Einführung eines Qualitätssicherungssystems begonnen.

Besondere Vorkommnisse

Im Berichtsjahr traten am PSI ein meldepflichtiges Ereignis der Klasse A und zwei meldepflichtige Ereignisse der Klasse B gemäss der Richtlinie HSK-R-25 auf (siehe dazu Tabelle 3). Eine Quartalsdosisüberschreitung des Jahres 1994 bei einer Person musste nachträglich als Ereignis der Klasse B eingestuft werden. Diese Ereignisse gehören alle zur Stufe 0 der INES-Skala.

Ein Ereignis der Klasse A ereignete sich zu Jahresbeginn 1995 im Hotlabor, als Regen- und Schmelzwasser durch baustellenbedingte Dachhautschäden in grösseren Mengen eindringen konnte und eine Cs-137 Kontamination am Fussboden der kleinen Schleuse ins Freie verschleppte. Die Folge davon war eine Kontamination des Vorplatzes, worauf die oberste Schicht der Asphaltdecke auf einer Fläche von etwa 60 m² abgetragen werden musste. Nur eine geringe Menge wasserlöslicher radioaktive Stoffe gelangte über das Kanalsystem in die Aare. Die dabei abgegebene Aktivitätsmenge wurde vom PSI mit 220 kBq Cs-137 abgeschätzt, was weniger als einem Promille des zugelassenen Jahresabgabe-Grenzwertes für Abwässer aus dem PSI entspricht. Es bestand daher keine Belastung für die Umwelt und das Personal. Als Hauptursachen wurden in der Schleuse temporär gelagerte, kontaminierte und ungeeignet verpackte Komponenten aus dem

Hotzellenbetrieb, eine fehlende Barriere (Türschwelle) und unzureichende Vorkehrungen zur Vermeidung von Wasserschäden im Zusammenhang mit den Bauarbeiten zur Aufstockung des Gebäudes festgestellt.

Als Sofortmassnahme wurde das Dach des Hotlabors im Bereich der Bauarbeiten mit einem Wetterschutz ausgestattet und die kontaminierten Abfälle ordnungsgemäss verpackt und trocken gelagert. Eine Reihe weiterer Massnahmen technischer und administrativer Art soll derartige Vorkommnisse in Zukunft verhindern.

Bei den zwei technischen B-Ereignissen finden sich als auslösende Ursachen unbewusste Missachtungen von Betriebsvorschriften:

Eine unterlassene Spaltstoffbuchung im Hotlabor führte zur Überbelegung der Hotzellen mit Kernbrennstoffen, wobei nachweislich zu keinem Zeitpunkt eine objektive Gefährdung vorlag. Es wurden in Absprache mit der HSK Massnahmen ergriffen, die geeignet sind, eine Wiederholung gleicher oder ähnlicher Vorfälle auszuschliessen.

Der Eintritt eines Experimentators in einen für Strahlbetrieb freigegebenen Experimentierbunker des Beschleunigers war die Folge einer mangelhaft durchgeführten, durch Betriebsvorschriften vorgeschriebenen Zutrittsfreigabe, verknüpft mit einem Bauteilfehler. Eine Gefährdung des Experimentators bestand nicht, da der Protonenstrahl ausgeblendet blieb und zudem die automatisch aktivierte, akustische Warnung, das Experimentierfeld zu verlassen, vom Betroffenen sofort befolgt wurde. Die Personensicherheitsanlage (PSA), die den Strahlbetrieb und den Zutritt zu den mehr als zwanzig Experimentierarealen überwacht, wurde umfassend überprüft. Eine ergänzende Betriebsvorschrift wurde erstellt, sodass eine Wiederholung gleicher oder ähnlicher Vorfälle ausgeschlossen werden kann.

Personal und Organisation

Die geplante Stilllegung des SAPHIR führte im Berichtszeitraum zu einer weiteren Reduktion des Bestandes an lizenziertem Personal. Er betrug Ende 1995 drei Reaktorchefs, vier Schichtleiter und einen Operateur und liegt nun nach Ansicht der HSK an der unteren Grenze für eine ordnungsgemässe Überwachung von abgeschalteter Anlage und Lager. Der Bestand an lizenziertem Personal am PROTEUS hat sich nicht verändert und umfasst zwei Reaktorphysiker, zwei Reaktortechniker und einen Operateur.

Die geplante neue Organisationseinheit, die sich umfassend und ausschliesslich mit ra-

dioaktiver Abfallentsorgung und deren praktischer Umsetzung beschäftigt, konnte 1995 noch nicht geschaffen werden. Durch die Bildung einer Gruppe im Labor für Entsorgung, die sich mit der Bearbeitung von Abfallspezifikationen und den zu treffende QS-Massnahmen beschäftigt, konnten aber 1995 die Voraussetzungen geschaffen werden, um in der Abfallentsorgung deutliche Fortschritte zu erzielen. Mit dem im Forschungsbereich F4 untergebrachten Projekt RAMP (Räumung aktiver Materialien am PSI) wurde ein deutlicher Impuls gesetzt.

Notfallübungen

Der PSI-Notfallübung "EVA" lag ein schwerer Störfall im Kernkraftwerk Leibstadt mit Radioaktivitätsfreisetzung zugrunde. Im ersten Teil der Übung wurde die Belegschaft mit Hilfe der Ordnungskräfte des PSI evakuiert. Im zweiten Teil der Übung hatten die rund 60 NFO-Equipenmitglieder konkrete Aufgaben im Zusammenhang mit der Optimierung der Notfallvorbereitung und -organisation zu lösen. Anschliessend wurde in der Schutzanlage GENORA übernachtet. Im Berichtsjahr wurde zudem plangemäss eine Stabsnotfallübung durchgeführt, der eine Annahme zugrunde lag, welche die Objektsicherung tangierte. Die Übungsziele wurden in beiden Übungen erreicht und das Verhalten des Personals kann generell als gut bezeichnet werden. Die Einsatzbereitschaft der Notfallorganisation beurteilt die HSK als gut. Massnahmen im Zusammenhang mit Notfallsituationen, welche nicht im PSI ihren Ursprung haben, könnten noch optimiert werden.

Gesamteindruck aus der Sicht der HSK

Der Zustand der PSI-Anlagen war im Berichtsjahr zufriedenstellend. Bei der Beurteilung des Betriebes der von der HSK zu beaufsichtigenden Anlagen waren zwei meldepflichtige Ereignisse der Klasse B und ein Ereignis der Klasse A zu verzeichnen. Nach Meinung der HSK sind die genannten Vorfälle nahezu ausschliesslich auf menschliche Fehler zurückzuführen. Das PSI muss weiterhin Anstrengungen unternehmen, um die Sicherheitskultur auf dem kürzlich erreichten Niveau zu halten und gegebenenfalls noch zu verbessern. Dies gilt insbesondere für abzubauenen Kernanlagen, wo organisatorisch eine Lücke im mittleren Management besteht. Alle bestehenden und die neuen Anlagen mit Strahlengefahren erfordern auch in der Zukunft qualifiziertes und routiniertes Betriebspersonal.

Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL)

Von den drei Teilen der Kernanlage des "Institut de Génie Atomique" dient die Neutronenquelle CARROUSEL ausschliesslich für Moderations- und Abschirmungsmessungen im Rahmen von Praktikumsarbeiten der Studierenden des 3. Studienjahres. Die Anlage LOTUS, eine beschleunigergetriebene unterkritische 14-MeV-Neutronenquelle, wurde im Jahr 1995 nur zur Prüfung der Funktion in Betrieb genommen.

Der Nulleistungsreaktor CROCUS wurde 1995 während 363 Stunden für den Praktikumsunterricht (3. Studienjahr der EPFL und 4. Jahrgang der Ingenieurschule Genf) betrieben, wobei im Berichtszeitraum 174,8 Wh thermische Energie erzeugt wurden. Die detaillierte jährliche Kontrolle aller Brennstäbe zeigte erneut, dass seit der Verwendung von Stäben mit neuen Hüllrohren kein Aufblähen mehr beobachtet wird.

Der Betrieb der EPFL-Anlagen erfolgte störungsfrei. Die Kollektivdosis der 10 Personen, die an den Kernanlagen des Instituts tätig sind, wurde 1995 mit 0,5 Personen-mSv bestimmt. Die Abgaben über den Luft- oder Abwasserpfad, inklusive Tritium, waren auch 1995 unbedeutend.

Universität Basel

Der kleine Schwimmbadreaktor vom Typ AGN-211-P im Untergeschoss des Instituts für Physik der Universität Basel war 1995 hauptsächlich für Unterrichtszwecke, nämlich das Radiochemie- und das Radiophysikpraktikum im Einsatz. Zur Zeit stehen in der Schweiz nur noch zwei kleine Anlagen (in Lausanne und Basel) für die Ausbildung zur Verfügung, wobei die Reaktorschule des PSI und die HTL Brugg-Windisch ihre Reaktorpraktika zum Grossteil in Basel durchführen. Der Nulleistungsreaktor war dafür während 63,5 Stunden (1 kW Normstunden) in Betrieb. Die bewilligte Wochenlimite von 30 kWh wurde zu höchstens 29 % ausgenutzt.

Im November 1995 wurde programmgemäss eine umfassende Inspektion der Brennelemente vorgenommen. Diese Untersuchung der Brennstoffhülle ergab keinen auffälligen Befund.

Die Kollektivdosis des aus fünf Personen bestehenden Reaktorpersonals wurde im Jahr 1995 zu 1,7 Personen-mSv bestimmt. Der Betrieb der Basler Kernanlage erfolgte störungsfrei und ohne meldepflichtige Ereignisse nach HSK-R-25.

Versuchsatomkraftwerk Lucens (VAKL)

Der Bundesrat bewilligte am 10. September 1990 ein Projekt zur definitiven Stilllegung des verunfallten Versuchsatomkraftwerks Lucens (VAKL). Daraufhin hatte die Nationale Gesellschaft zur Förderung der industriellen Atomtechnik (NGA) als bisherige Eigentümerin des Standortes ein Ingenieurbüro und ein Unternehmer-Konsortium mit der Ausführung des Stilllegungsprojekts beauftragt. Die bewilligten Arbeiten (Verfüllen von zwei der drei Kavernen, Drainagesystem der Kavernen zur Ableitung des Molassewassers, Bau der Entwässerungsleitung zur Broye), welche im Juni 1991 begonnen wurden, konnten im Januar 1993 beendet werden. Ein Programm zur Beobachtung der stillgelegten Anlage wurde von der NGA und ihren Auftraggebern erarbeitet und ist von der HSK überprüft worden. Es dauerte von Anfang 1993 bis 1994. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse sollten es der NGA und der HSK ermöglichen, belegen zu können, dass die Bedingungen und Auflagen aus dem Bundesratsbeschluss vom 10. Dezember 1990 erfüllt werden können. Die inzwischen vorliegenden Messresultate zeigen, dass die Bedingungen und Auflagen nun effektiv erfüllt sind. Infolgedessen kam die HSK zum Schluss, dass der Grossteil des VAKL keine Nuklearanlage im Sinne des Bundesgesetzes von 1959 über die friedliche Nutzung der Atomenergie mehr ist und dass die Anlage mit Ausnahme einer kleinen Parzelle aus der Atomgesetzgebung zu entlassen sei.

Die HSK hat ihre Schlussfolgerung in ihrer Stellungnahme vom 17. Februar 1995 formuliert und sie dem Bundesrat zugestellt. Der Bundesrat als Bewilligungsinstanz hat am 12. April 1995 formell beschlossen, dass der grösste Teil der ehemaligen Nuklearanlage von Lucens, das heisst der Hauptteil der gesamten Parzelle, die unterirdischen Einrichtungen, der Zugangstollen und die drei Kavernen, von denen zwei inzwischen versiegelt sind, nicht mehr dem Atomgesetz unterstellt ist.

In der Folge ist der Besitz der Anlage und der Parzelle von der NGA an den Kanton Waadt übergegangen, welcher hier künftig sein Projekt zur Archivierung von kulturellen und archäologischen Gütern verwirklichen kann. Im übrigen bildet nur noch der ausserhalb der unterirdischen Einrichtungen liegende Zwischenlagerplatz für die Behälter, welche gewisse Komponenten des damaligen Reaktors enthalten, eine kontrollierte Zone respektive eine nukleare Anlage im Sinne des Bundesgesetzes über die friedliche Nutzung der

Atomenergie. Dieser beschränkte Teil bleibt im Besitze und im Verantwortungsbereich der NGA. Dieser Zustand soll so beibehalten werden, bis die Behälter in ein geeignetes Zwischen- oder Endlager überführt worden sind. Aus diesem Grunde bleibt der bezeichnete Zwischenlagerplatz noch weiterhin unter der Aufsicht der HSK.

Der Bundesrat hat in seinem Beschluss überdies festgehalten, dass die radiologische Überwachung des Standortes noch während dreissig Jahren von der Sektion Überwachung der Radioaktivität (SUEr) des Bundesamtes für Gesundheitswesens (BAG) wahrgenommen werden müsse. Zu ihrer Unterstützung hat die HSK der SUEr die vollständige diesbezügliche Dokumentation übergeben.

Im Berichtsjahr gibt es keine radiologischen oder sicherheitstechnischen Ereignisse zu vermerken. Die eine noch verbleibende Person der Überwachungsgruppe, die nach wie vor als beruflich strahlenexponiert gilt, hat 1995 - hauptsächlich bei den periodischen Kontrollen der Abfallbehälter - eine Ganzkörperdosis von 0,90 mSv akkumuliert.



Fässer mit konditionierten schwachradioaktiven Abfällen
Colis de déchets conditionnés de faible activité
Containers with conditioned low level radioactive wastes

ENTSORGUNG RADIOAKTIVER ABFÄLLE

Abfälle aus der Wiederaufarbeitung

Die Abfälle, die bei der Wiederaufarbeitung von abgebrannten schweizerischen Brennelementen bei COGEMA in Frankreich oder bei BNFL in Grossbritannien entstehen, müssen zurückgenommen werden. Die Spezifikationen der zurückzunehmenden Abfälle wurden mit gewissen Auflagen akzeptiert. Die BNFL bietet die Möglichkeit an, einen gewissen Austausch an Abfallsorten unter den zurückzunehmenden Abfällen vorzunehmen. Dabei anzuwendende Äquivalenzprinzipien wurden unterbreitet.

Bei COGEMA wird schweizerischer Brennstoff in der Anlage UP3 routinemässig aufgearbeitet. Produktionsberichte der COGEMA zeigen, dass die Menge der entstehenden Abfälle kleiner ist, als gemäss den Spezifikationen zu erwarten war. Die entsprechende THORP-Anlage bei BNFL ist 1995 in Betrieb gegangen; es wurde dort aber noch kein schweizerischer Brennstoff aufgearbeitet. Es sind auch noch keine Abfälle aus der Wiederaufarbeitung in die Schweiz zurückgeführt worden. Vorgängig müssen nämlich die entsprechenden Lagerhallen des Zentralen Zwischenlagers in Würenlingen erstellt und in Betrieb genommen werden.

Zentrales Zwischenlager Würenlingen

Die HSK hat die Begutachtung des Gesuches der ZWILAG um die Bewilligung für den Bau und den Betrieb eines Zentralen Zwischenlagers für radioaktive Abfälle in Würenlingen im Dezember 1995 abgeschlossen. Sie kommt zum Schluss, dass bei der heissen Zelle und bei der Umladestation sowie bei den Lagerhallen die Voraussetzungen für einen sicheren Betrieb anhand der verfügbaren Unterlagen abschliessend beurteilt werden können. Für diese Anlageteile empfiehlt sie deshalb die Erteilung der Bau- und Betriebsbewilligung mit gewissen Auflagen. Bei der Konditionierungsanlage und der Verbrennungs- und Schmelzanlage erlaubt es der gegenwärtige Projektstand nicht, eine abschliessende Beurteilung der Voraussetzungen für einen sicheren Betrieb vorzunehmen. Für diese zwei Anlageteile empfiehlt die HSK deshalb, vorerst nur die Baubewilligung zu erteilen.

SMA-Endlager Wellenberg

Im Frühjahr 1995 hatte die HSK die Feststellungen aus ihrer Begutachtung des Rahmenbewilligungsgesuches für ein SMA-Endlager im Wellenberg bekanntgegeben. Sie kam zu einer positiven Beurteilung des Projektes. Im Juni hat jedoch das Nidwaldner Volk die Erteilung der gemäss kantonalem Recht benötigten Konzession verweigert, wodurch das Projekt blockiert wurde.

Parallel zu diesen Verfahrensschritten wurden am Standort weitere Sondierarbeiten durchgeführt, insbesondere eine schräge Bohrung in das Wirtgestein. Nach Abschluss des Untersuchungsprogrammes wurde das Bohrloch der Schrägbohrung gemäss Freigabe der HSK verfüllt und versiegelt. Der Gesuchsteller wurde aufgefordert, die Folgerungen aus den letzten Untersuchungen hinsichtlich der Sicherheit des geplanten Endlagers zu ziehen und diese in einem Zusatzbericht darzulegen.

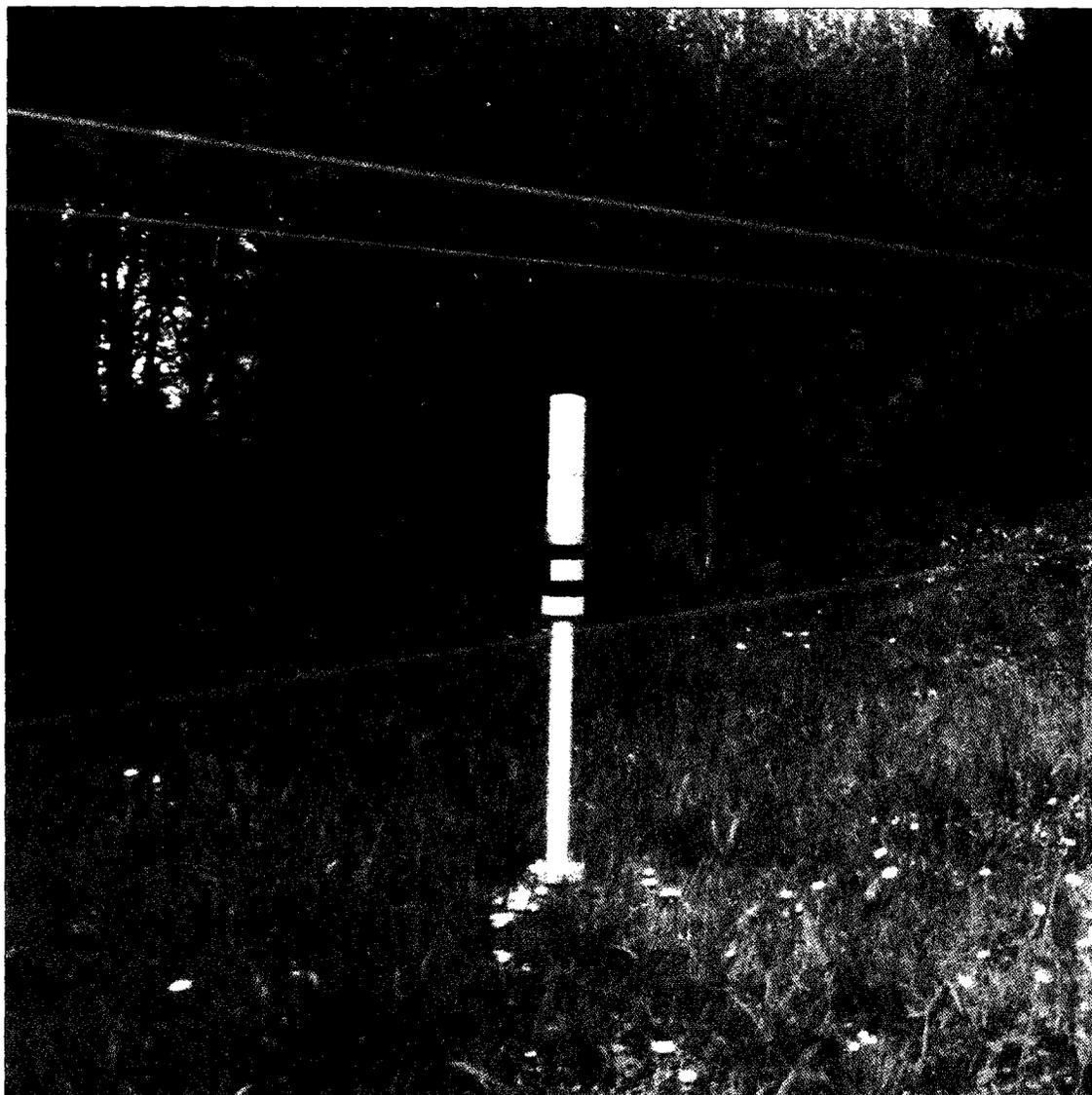
Im Berichtsjahr fanden fünf Sitzungen der Aufsichtskommission über die Sondierungen am Wellenberg statt.

Vorbereitende Handlungen für ein HAA/LMA-Endlager

Im Hinblick auf die Endlagerung der hochaktiven (HAA) und der langlebigen mittelaktiven (LMA) Abfälle hatte die Nagra im November 1994 Sondiergesuche für die weitere Erkundung des kristallinen Grundgebirges im Kanton Aargau (NSG 19 Leuggern/Böttstein) und die Erkundung des Opalinustons im Zürcher Weinland (NSG 20 Benken) eingereicht. Zum Gesuch Benken hat sich die HSK in ihrem Gutachten zustimmend geäussert. Zum Gesuch Leuggern/Böttstein hat die KNE, die im Auftrag der HSK zu den Gesuchen Stellung nahm, erhebliche Kritik geäussert. In der Folge wurde eine Expertengruppe aus Vertretern der KNE, Nagra und HSK eingesetzt, die das weitere Untersuchungskonzept des Kristallins überprüfen soll. Die Expertengruppe hat ihre Arbeit im Herbst 1995 in Angriff genommen.

In den bestehenden Tiefbohrungen der Nagra im kristallinen Grundgebirge der Nordschweiz laufen die Langzeitbeobachtungen weiter. Im Juni 1995 fand die jährliche gemeinsame Sitzung der entsprechenden Aufsichtskommissionen statt.

Im Felslabor Grimsel werden Versuche im Zusammenhang mit der Endlagerung hochaktiver Abfälle und insbesondere zur Entwicklung und Erprobung von Methoden für die Standorterkundung und -beurteilung durchgeführt. Die Nagra hat beschlossen, einen Langzeitversuch von 1995 bis 2002 betreffend thermische und mechanische Wirkungen der Abfallbehälter auf das Umfeld, zusammen mit der spanischen ENRESA vorzunehmen. Parallel dazu hat sie den bereits früher angekündigten Exkavationsversuch vorbereitet und im Dezember 1995 das entsprechende Gesuch gemäss Strahlenschutzgesetz bei der HSK eingereicht.



Messonde MADUK

Sonde de mesure du réseau MADUK

Measurement probe MADUK

NOTFALLSCHUTZ

Erarbeiten der Grundlagen für ein neues Notfallschutzkonzept

Die vertieften Abklärungen über Unfallabläufe, welche in den vergangenen Jahren für schweizerische Kernkraftwerke durchgeführt wurden, die Erfahrungen mit Gesamtnotfallübungen, welche alle zwei Jahre unter Beteiligung der Einsatzorganisation bei erhöhter Radioaktivität des Bundes durchgeführt werden sowie die Neuerungen durch die Zivilschutzgesetzgebung und die Verordnung über die Versorgung der Bevölkerung mit Jodtabletten führten dazu, dass die Grundlagen für die Notfallschutzplanung überdacht und überarbeitet wurden.

An der Diskussion um Verbesserungen des Notfallschutzes waren beteiligt:

- Eidgenössische Kommission für AC-Schutz (KOMAC), insbesondere deren Arbeitsgruppe KKW, in welcher die Kernkraftwerke sowie die Kantone Aargau, Bern, Solothurn und Basel-Landschaft vertreten sind
- Eidgenössische Kommission für die Sicherheit von Kernanlagen (KSA)
- Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK)
- Nationale Alarmzentrale (NAZ)

Der Entwurf des neuen Notfallschutzkonzeptes wird 1996 den betroffenen Kantonen und den Kernkraftwerken zur Stellungnahme unterbreitet werden.

Einsatz der HSK-Notfallorganisation

Damit die HSK bei Ereignissen von öffentlichem Interesse, auch wenn diese keine Schutzmassnahmen für die Bevölkerung erfordern, rascher informieren kann, wurden 1995 organisatorische Anpassungen im Aufgebot vorgenommen. Sie dienen hauptsächlich dazu, den diensttuenden HSK-Pikettdienst in der Anfangsphase bei der Beurteilung und bei der Informationstätigkeit durch Elemente der HSK-Notfallorganisation zu unterstützen. Daneben wurden auch technische Verbesserungen und Anpassungen auf dem Gebiet der Telekommunikation eingeführt.

Der HSK-Pikettdienst wurde 1995 von den Betreibern 18 Mal gemäss den Vorgaben in der Richtlinie HSK-R-15 kontaktiert.

Die im Berichtsjahr mit Alarmübungen während und ausserhalb der Arbeitszeit durchgeführten Überprüfungen der Einsatzbereitschaft der HSK-Notfallorganisation zeigten,

dass diese innerhalb der geforderten Stunde nach dem Aufgebot einsatzbereit ist.

Ausbildung von Führungsstäben

Im Jahre 1995 hat die HSK auf dem Gebiet des Notfallschutzes für die Umgebung der Kernkraftwerke 15 externe Ausbildungskurse durchgeführt, respektive an Ausbildungsveranstaltungen insbesondere des Bundesamtes für Zivilschutz mitgearbeitet.

Ermittlung des Windfeldes in der Umgebung KKB/KKL/PSI mittels "WINDBANK"

Für eine realitätsnahe Simulation des Schadstofftransports in den Zonen 1 und 2 um die Kernanlagen bedarf es einer genauen Kenntnis der Windfelder in der Region.

Beim Projekt „Windfelddatenbank unteres Aaretal“ sind während ca. einem Vierteljahr 20 meteorologische Messstationen im Umkreis bis zu 20 km Distanz zu Leibstadt, Beznau und PSI betrieben worden. Diese Messstationen messen jeweils 10 m über Boden. Am Standort des PSI ist während des selben Zeitraumes zudem ein SODAR-Gerät im Einsatz gewesen, welches eine dreidimensionale Erfassung der Windverhältnisse bis in Höhen von einigen hundert Metern ermöglichte. Aus den erhobenen Daten werden im Verlaufe von 1996 Klassen von dreidimensionalen Windfeldern für diese Region erstellt.

Die ermittelten Windfeldklassen sollen eine verfeinerte Basis für die Notfallschutzplanung bezüglich Vorhersage der Schadstoffausbreitung, der daraus resultierenden gefährdeten Gebiete sowie über das Ausmass der Gefährdung liefern.

Verbesserung der Berechnung der Ausbreitung radioaktiver Stoffe mittels "ADPIC"

Die HSK ist bei einer störfallbedingten Freisetzung von radioaktiven Stoffen aus einem schweizerischen Kernkraftwerk für die zeitgerechte Beurteilung der möglichen radiologischen Gefährdung der Bevölkerung in der unmittelbaren Umgebung des Kernkraftwerkes mitverantwortlich. Im Ereignisfall ist vorgesehen, dass eine erste rasche Abschätzung der radiologischen Auswirkungen durch das in MADUK (siehe entsprechenden Abschnitt im Kap. "Allgemeine Fragen der Sicherheit und des Strahlenschutzes") integrierte Ausbreitungs- und Dosismodell erfolgt.

Dieses Modell ist seit zwei Jahren operationell und jederzeit mit den in MADUK verfügbaren meteorologischen Daten einsetzbar. Zukünftig soll als Ergänzung dazu auch das wesentlich komplexere und dabei rechenaufwendigere Ausbreitungsmodell ADPIC, welches Topographie und Windfelder berücksichtigt, eingesetzt werden.

Das von Lawrence Livermore National Laboratory entwickelte Ausbreitungsmodell ADPIC (Atmospheric Diffusion Particle-In-Cell Model) wurde im Rahmen eines von der HSK mitfinanzierten Forschungsprojektes aus einer Vielzahl von atmosphärischen Dispersionsmodellen, welche Ausbreitungsvorgänge im komplexen Gelände beschreiben können, als das für die Schweiz am besten geeignete Modell ausgewählt. Die Modell-Evaluation selbst wurde mit Hilfe von Tracer-Experimenten im Raum Gösigen unterstützt. ADPIC ist sowohl für Echtzeit- wie auch für Prognose-Simulationen geeignet. Das Modell muss allerdings noch für einen störfalltauglichen Einsatz in der Schweiz an die Bedürfnisse der HSK angepasst werden.

ADPIC umfasst mehrere Module, welche heute auf den UNIX-Workstations der HSK bzw. auf den VMS-Workstations des PSI bereits implementiert sind. Operationell sind diejenigen Programmteile, welche die zugrundeliegende Topographie generieren, Windmessungen interpolieren und massenkonsistente Windfelder produzieren sowie störfallbedingte Schadstoffkonzentrationen in der Luft und am Boden ermitteln. Die Programmteile zur Dosisberechnung sind zur Zeit nur bedingt operationell. Zudem ist für eine sinnvolle Anwendung des Modells die Integration der Meteorodaten aus MADUK und WINDBANK notwendig.

Medizinischer Notfallschutz und Informationstagungen für Ärzte

Die HSK organisiert gemeinsam mit der SUVA seit 1981 im Abstand von etwa 3 Jahren Informationstagungen für Ärzte, die in der Umgebung der Kernanlagen praktizieren. Bezweckt wird, diesen Ärzten einen Einblick in die neusten Entwicklungen zu geben, die im Themenkreis Strahlenunfall, Strahlenschutz, Kernenergie stattgefunden haben. Da die HSK und die SUVA nicht alle Aspekte dieses Gebietes abdecken können, werden in der Regel zusätzliche Referenten aus dem Medizinalbereich angeworben.

Die erste dieser Tagungen fand 1981 statt und war dem Thema 'Medizinische Notfallmassnahmen bei einem Strahlenunfall im Kernkraftwerk' gewidmet.

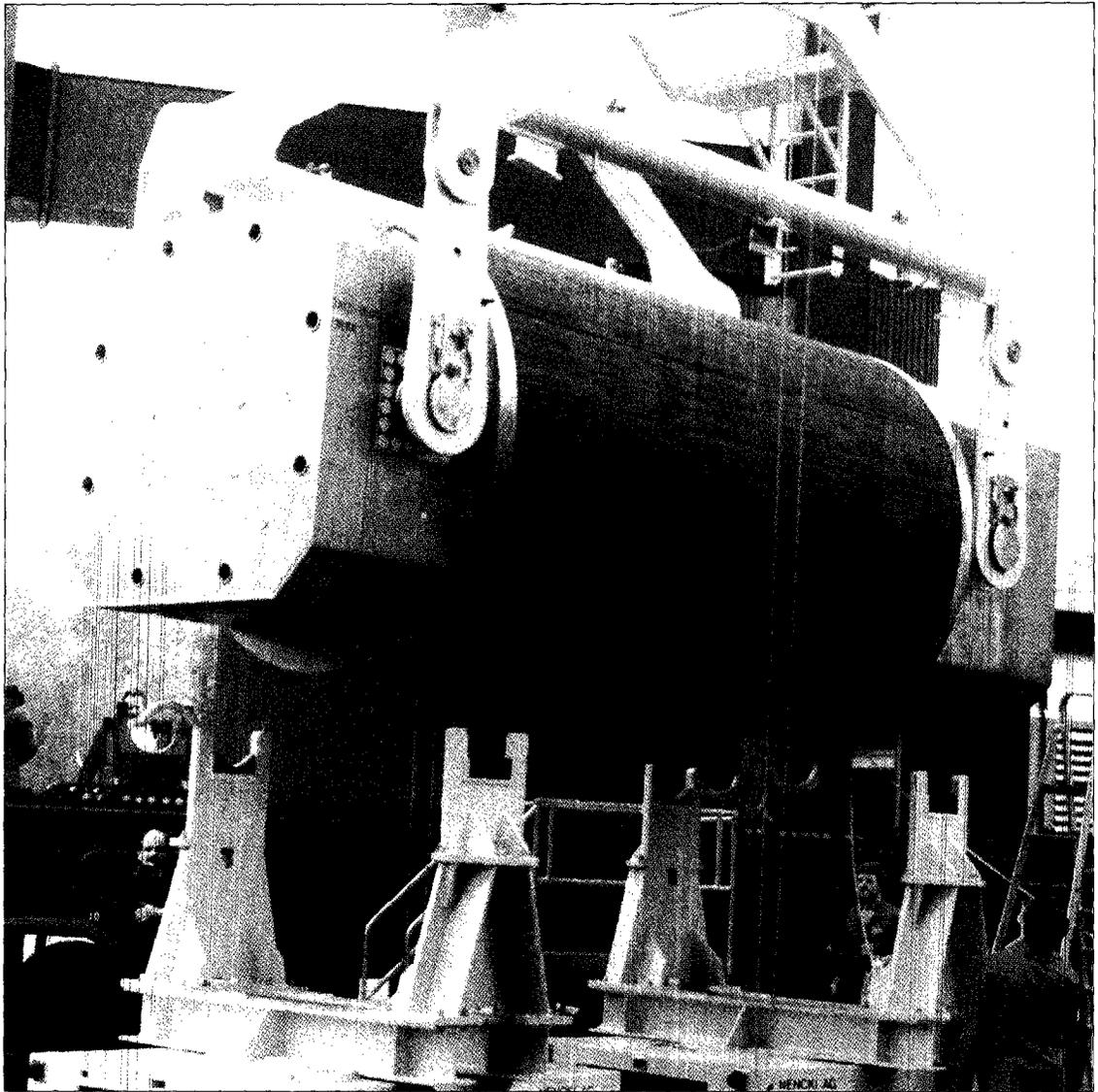
Die zweite Tagung im Jahre 1983 beschäftigte sich mit den medizinischen Fragen bei Unfällen mit Einwirkungen auch ausserhalb der betroffenen Anlage.

Die dritte Tagung 1987 stand ganz unter dem Eindruck der Ereignisse in Tschernobyl und befasste sich primär mit dem akuten Strahlensyndrom sowie der Jodprophylaxe.

Die vierte Tagung 1990 hatte ebenfalls Tschernobyl als Schwerpunktthema. Es war die Zeit, in der westlichen Ärzteteams erstmals ein Augenschein in der betroffenen Region ermöglicht wurde. Zudem waren die neuen Empfehlungen der ICRP vorzustellen und zu interpretieren.

In den folgenden Jahren standen die medizinischen Notfallschutz-Vorbereitungen in der Schweiz vermehrt zur Diskussion, vorerst im Rahmen der Sanitätsdirektoren-Konferenz, später wurde dieses Thema von der KOMAC übernommen. In diesem Zusammenhang wurde 1992 ein Ärztekurs zum erwähnten Thema durch den Kantonsarzt des Kantons Solothurn organisiert, an dem die HSK mitgearbeitet hat.

Für 1996 ist nun die fünfte von der HSK und SUVA organisierte Ärztetagung vorgesehen. Tschernobyl wird wieder ein Thema sein; denn unterdessen sind die ersten Späteffekte sichtbar. Zudem ist seit Herbst 1994 die neue Strahlenschutzverordnung in Kraft. Auch dazu gibt es Aspekte, die zu diskutieren sind. Zusätzlich zu den Tagungen haben sowohl die SUVA als auch die HSK daran mitgearbeitet, das Thema 'medizinische Vorbereitung bezüglich Strahlenunfall' nicht in Vergessenheit geraten zu lassen. Schon 1982 ist ein gesamtschweizerischer Ärztekurs in Spiez durchgeführt worden, wobei die HSK und die SUVA bei der Organisation beteiligt waren. 1992 wurde von der SUVA die Broschüre 'Der Strahlenunfall' verfasst, in 25'000 Exemplaren gedruckt und verteilt. Die HSK ist bei den noch nicht abgeschlossenen Bemühungen der KOMAC, die medizinischen Vorbereitungen für einen Notfall bezüglich 'KKW-Unfall mit Einwirkung nach aussen' auf einen guten Stand zu bringen, massgeblich beteiligt. In diesem Zusammenhang sind Planungsgrundlagen erstellt worden, welche als Basis für weitere Vorbereitungsarbeiten dienen sollen. Zudem ist im Bereich der Jodprophylaxe, unter der Leitung des BAG, die Bereitstellung und teilweise Verteilung von Jodtabletten an die Zivilbevölkerung der Schweiz realisiert worden.



Umlad eines Transportbehälters für abgebrannte Brennelemente

Transbordement d'une hotte de transport pour assemblages combustibles irradiés

Off-loading a transport canister for spent fuel elements

TRANSPORT VON RADIOAKTIVEN STOFFEN

Ausbildung und Information

Kurs für Strahlenschutz-Beauftragte für den Versand und den Transport radioaktiver Stoffe

Zum fünften Mal hat im Oktober 1995 der Kurs für Personen stattgefunden, die in ihren Betrieben für den Versand radioaktiver Stoffe verantwortlich sind. Der fünftägige Kurs wird in der Regel einmal jährlich jeweils in deutscher (Schule für Strahlenschutz des PSI) und in französischer Sprache (Institut de radiophysique appliquée, Lausanne) angeboten. Die HSK wirkt an diesen Kursen mit Lehrkräften mit.

Informationsaustausch zwischen Amtsstellen

Am 7. November 1995 fand in Luzern der siebte Informationsaustausch zwischen den Bundesstellen statt, die mit dem Transport radioaktiver Stoffe zu tun haben.

Transportzeugnisse und Inspektionen

Die schweizerischen Vorschriften über den Transport radioaktiver Stoffe stützen sich u.a. auf die internationalen Regelwerke über den Transport gefährlicher Güter ab. Bei allen Verkehrsträgern kommen die IAEA-Empfehlungen (SS6)¹ von 1985 für die sichere Beförderung radioaktiver Stoffe zur Anwendung.

Hauptverantwortlich für die Einhaltung der Transportvorschriften und für die radiologische Sicherheit ist der Versender. Bei Transporten von Kernbrennstoffen oder anderen radioaktiven Stoffen mit hoher Aktivität wird verlangt, dass der Versender vorgängig von der zuständigen Behörde ein Zulassungs- oder Genehmigungszeugnis einholt. Die Zulassungen bzw. Genehmigungen betreffen je nach Fall die Versandstücke (VS) und/oder die Beförderung.

Die HSK ist die zuständige schweizerische Behörde für die Ausstellung der Transportzeugnisse, und zwar unabhängig davon, ob es sich beim Transportgut um radioaktive Stoffe aus Kernanlagen oder aus anderen

Betrieben handelt. Bei Versandstückzulassungen stützt sich die HSK in den meisten Fällen auf das Zeugnis der Behörde des Ursprungslandes ab. In jedem Fall prüft sie vorher, ob Verpackung und Inhalt den Vorschriften entsprechen.

1995 wurden 58 Gesuche bezüglich Transport oder Versandstücke von der HSK beurteilt.

Es wurden zwei Inspektionen bei Transporten radioaktiver Stoffe durchgeführt. Dabei wurde festgestellt, dass die Transportvorschriften in beiden Fällen eingehalten wurden.

Qualitätssicherung (QS) beim Transport von radioaktiven Stoffen

Bei der Beförderung radioaktiver Stoffe müssen zur Sicherheit des Transportpersonals und der Bevölkerung die entsprechenden Vorschriften eingehalten werden.

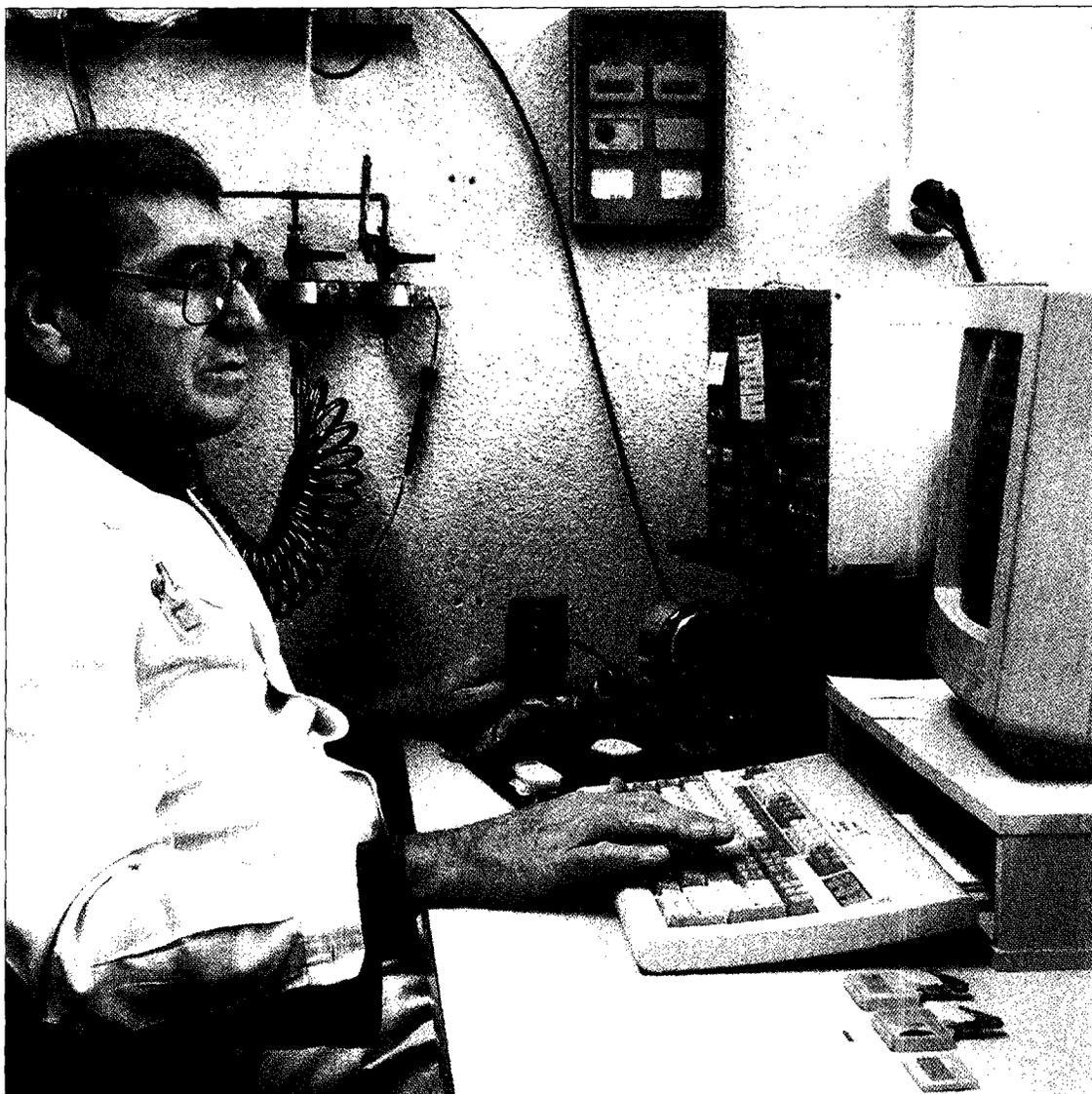
QS-Programme sollen die Einhaltung der Vorschriften gewährleisten. Die QS umfasst die Pläne und Massnahmen der Konstrukteure und Hersteller von Verpackungen, der Versender, der Beförderer und der zuständigen Behörden zur Einhaltung der Vorschriften.

Die gesetzlichen Transportqualitätssicherungs-Programme der schweizerischen Kernanlagen sind im Jahre 1994 in Kraft gesetzt worden. Inzwischen sind für KKB, KKL, KKM, KKG sowie für das PSI die QS-Programme für den Transport radioaktiver Stoffe aufgrund der durchgeführten Überprüfungen anerkannt worden. Somit sind nun alle schweizerischen Kernanlagen mit einem solchen QS-Programm ausgerüstet.

Bewilligung für den Transport radioaktiver Stoffe

Im Jahre 1995 wurde dem KKG aufgrund eines Gesuchs und gestützt auf die Erfüllung der Voraussetzungen die Bewilligung für den Transport radioaktiver Stoffe gemäss Artikel 2 des Strahlenschutzgesetzes (StSG) erteilt.

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



Messtation und Auswertung von Dosimetern
Station de mesure et de dépouillement des dosimètres
Measurement station and evaluation of dosimeters

ALLGEMEINE FRAGEN DER SICHERHEIT UND DES STRAHLENSCHUTZES

Richtlinien

Die Ende des Berichtsjahres gültigen schweizerischen Richtlinien und Empfehlungen sind in Tabelle 12 dieses Berichtes aufgeführt. Diese wurden durch die HSK, teilweise in Zusammenarbeit mit der KSA und andern Bundesinstanzen, verfasst. 1995 wurde die folgende Richtlinie an die neue Strahlenschutzverordnung angepasst und in Kraft gesetzt:

HSK-R-07d Richtlinie für den überwachten Bereich der Kernanlagen und des Paul Scherrer Institutes

Die HSK-Richtlinien legen dar, wie die Sicherheitsbehörden ihren gesetzlichen Auftrag in den festgelegten Bereichen konkretisieren wollen. Sie sollen Rechtssicherheit schaffen, indem sie aufzeigen, nach welchen Kriterien die zuständigen Behörden die Gesuche beurteilen und ihre Aufsicht durchführen.

Auslegungsrichtlinien, wie z.B. die HSK-R-101, gelten grundsätzlich für neu zu erstellende Kernkraftwerke mit Leichtwasserreaktoren. Bei der Beurteilung bestehender Anlagen werden diese Richtlinien ebenfalls beigezogen, um Abweichungen zu identifizieren. Die Befolgung von Richtlinien erleichtert den Sicherheitsnachweis, während Abweichungen davon fallweise bewertet werden müssen.

Massnahmen gegen schwere Unfälle

Die Sicherheitsvorkehrungen in den Schweizer Kernkraftwerken beruhen auf der Anwendung des Konzeptes der "Verteidigung in der Tiefe", wonach mehrere "tiefengestaffelte" Sicherheitsebenen zur Vermeidung, zur Beherrschung und zur Linderung von Störfällen vorgesehen sind.

Auf der ersten Sicherheitsebene sind Massnahmen gegen den Eintritt von Störungen getroffen. Dazu gehören u.a. die spezielle Auslegung und Ausführung von Systemen und Komponenten, die Sorgfalt beim Unterhalt, umfangreiche zerstörungsfreie Prüfungen und die auf Vermeidung von Störungen gerichtete Betriebsführung einschliesslich ausgedehnter Qualitätssicherungsmassnahmen.

Auf der zweiten Sicherheitsebene sind Vorkehrungen getroffen, um die Ausweitung technischer Störungen oder Bedienungsfehler, die nie völlig ausgeschlossen werden können, zu Störfällen zu verhindern. Zu diesen Vorkehrungen gehören u.a. Begrenzungseinrichtungen, z.B. zur Reduzierung oder Begrenzung der Reaktorleistung, wie auch das Vorhandensein redundanter Systeme und aktiver Komponenten, wodurch bei Ausfall eines Systems oder einer Komponente die Sicherheitsfunktion weiter erfüllt wird.

Auf der dritten Sicherheitsebene sind Vorkehrungen getroffen, um bei Eintritt eines Störfalles (Versagen der Vorkehrungen auf den ersten beiden Sicherheitsebenen) die Folgen für Personal und Umgebung innerhalb zulässiger Grenzwerte zu beherrschen. Diesem Zweck dienen spezielle Sicherheitssysteme, wie das Reaktorschutzsystem, die Kernnotkühl- und Nachwärmeabfuhrsysteme, die Notstands- und Containmentssysteme, die so ausgelegt sind, dass selbst sehr unwahrscheinliche Auslegungsstörfälle automatisch beherrscht werden können. Dies bedeutet, dass die Abschaltung der Kettenreaktion, die Kühlung des Brennstoffes und der Einschluss radioaktiver Stoffe sichergestellt ist.

Über dieses Schutzkonzept hinaus hat die HSK Ende 1986 einen Massnahmen-Katalog erstellt, der u.a. gezielte technische Massnahmen zur Reduzierung der Folgen postulierter auslegungsüberschreitender Störfälle vorsieht. Wichtige Bestandteile dieses Massnahmen-Katalogs sind die Installation eines Systems der gefilterten Containmentdruckentlastung und die Schaffung zumutbarer radiologischer Bedingungen für das Bedienungspersonal bei schweren Unfällen im Kommandoraum resp. in den Notsteuerstellen der Kernkraftwerke, um anlageninterne Notfallmassnahmen durchführen zu können. Durch die gefilterte Druckentlastung des Containments wird sichergestellt, dass der Druck vor einem möglichen Containmentversagen kontrolliert abgebaut werden kann. Dabei wird die Abgabe von Jod- und Aerosol-Radioaktivität in die Umgebung deutlich reduziert. Alle Schweizer Kernkraftwerke ver-

fügen jetzt über ein System der gefilterten Druckentlastung.

Zur Schaffung zumutbarer radiologischer Bedingungen für das Betriebspersonal bei schweren Störfällen soll ein spezielles Lüftungssystem mit Überdruckhaltung im Aufenthaltsbereich des Personals (Kommandoraum resp. Notsteuerstelle) vorhanden sein, welches über entsprechend qualifizierte Störfallfilter verfügt. Das KKW Leibstadt wird dieses System noch nachrüsten, die anderen KKW verfügen bereits über ein solches System.

Im Massnahmen-Katalog der HSK von 1986 wurden auch vertiefte Untersuchungen über den Ablauf schwerer Unfälle gefordert. Wichtiger Bestandteil dieser Untersuchungen ist die Ausarbeitung anlagespezifischer Risikostudien (Probabilistische Sicherheitsanalyse PSA), die die Stufen 1 (Ermittlung der Kernschmelzhäufigkeit), Stufe 2 (Quelltermbestimmung und Freisetzungshäufigkeit) und die Stillstandsphase umfassen. Die Risikostudien für alle Anlagen liegen vor, diejenigen von KKG und KKL sind noch bei der HSK in Überprüfung.

Messnetz zur automatischen Dosisleistungsüberwachung in der Umgebung der Kernkraftwerke (MADUK) und System zur Anlageparameterübertragung (ANPA)

Seit Anfang des Jahres werden die von den MADUK-Sonden gemessenen Dosisleistungen in monatlichen Bulletins den kantonalen und kommunalen Behörden sowie den Sondenstandortbesitzern und Kernkraftwerkbetreibern übermittelt und so der Öffentlichkeit bekanntgemacht. Ab 1996 werden die Tagesmittelwerte von je 4 Sonden pro Kernkraftwerkstandort zudem über Teletext veröffentlicht. Die Vorarbeiten dazu konnten am Ende des Berichtsjahres abgeschlossen werden.

Die Übertragung von Parametern aus den Kernkraftwerken (ANPA) zur HSK ist möglich, aber nicht ständig eingeschaltet. Eine Übertragung von Daten erfolgt zu Testzwecken und nach Anforderungen der HSK.

Seit der offiziellen Inbetriebnahme befindet sich das MADUK-ANPA-System in einem zweijährigen Garantiebetrieb, der anfangs 1996 ausläuft. Aus den bisherigen Betriebserfahrungen lassen sich die folgenden Aussagen ableiten:

- Die Verfügbarkeit der Dosisleistungsmessungen (MADUK-Messsonden) ist sehr hoch.
- Die Meteordaten von den Masten bei den Kernkraftwerken werden seit Jahresanfang zur HSK übermittelt.

- Die routinemässigen Tests bei ANPA-Zuschaltungen verliefen, wegen den dabei aufgetretenen Zeitsynchronisationsproblemen zwischen den verschiedenen Rechnern, zum Teil negativ. Eine kontinuierlichere Umschaltung der ANPA-Daten wird von der HSK angestrebt und würde die Verfügbarkeit wesentlich verbessern.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass das MADUK ein wertvolles Werkzeug zur Beurteilung und Überwachung der Radioaktivität in der Umgebung der Kernkraftwerke darstellt.

Das System zur Anlagenparameterübertragung (ANPA) wird weiter ausgebaut werden. Es ist vorgesehen, zu Übungszwecken simulierte Anlagezustände durch ANPA darstellen und an die HSK übermitteln zu lassen.

Zusammenarbeit mit anderen Staaten

Die Deutsch-Schweizerische Kommission für die Sicherheit kerntechnischer Anlagen (DSK) hielt ihre 13. Sitzung in Deutschland ab. Neben dem gegenseitigen Informationsaustausch wurden die Vorarbeiten zu beiden DSK-Berichten zum Zentralen Zwischenlager Würenlingen (ZZL) und zur Leistungserhöhung des Kernkraftwerks Leibstadt (KKL) besprochen. Es wurde vereinbart, dass diese Berichte bis Frühjahr 1996 abgeschlossen sein werden.

Die "Commission Franco-Suisse de Sûreté des Installations Nucléaires" tauschte an ihrem Jahrestreffen ebenfalls Informationen über neueste Entwicklungen, Erfahrungen sowie Ereignisse aus. Sie diskutierte insbesondere die Inspektionspraxis in beiden Ländern. Sie benutzte die Gelegenheit dieses Treffens, um einerseits das EDF-Simulator-Zentrum in Bugey und andererseits die Anlage Superphenix in Creys-Malville zu besichtigen.

Im Rahmen des regelmässigen Erfahrungsaustausches auf dem Gebiet der Leittechnik fand eine Fachbesprechung bei der USNRC statt. Dabei wurden die Freigabeverfahren für sicherheitsrelevante programmierbare Systeme, im besonderen das Freigabeverfahren für das sowohl in US-KKW als auch im KKM vorgesehene Neutronenfluss-Messsystem besprochen.

Der NRC-Commissioner Rogers besuchte die HSK, das PSI und das KKW Beznau und diskutierte mit der HSK über aktuelle Fragen wie Nachrüstungen, Leistungserhöhung, Alterung und Sicherheitsforschung.

Im Rahmen der Zusammenarbeit mit Sicherheitsbehörden mittel- und osteuropäischer Staaten besuchten Fachleute aus der Ukrai-

ne, aus Kroatien und der Slowakei die HSK zum Zwecke der Aus- und Weiterbildung. Diese Aufenthalte werden zum Teil von der IAEA angeregt und finanziert.

Das Ende 1994 gemeinsam zwischen der HSK und der russischen Sicherheitsbehörde GAN begonnene Projekt "SWISRUS" wurde im Berichtsjahr intensiv weitergeführt. Die bisher vorliegenden Ergebnisse sind vielversprechend. Mit diesem Projekt soll russischen Fachleuten anhand einer konkreten Analyse für die Anlage Novovoronezh 5 die Methodik der Probabilistischen Sicherheitsanalyse nähergebracht werden. Das Projekt wird vom Eidgenössischen Departement für auswärtige Angelegenheiten (EDA) im Rahmen der Zusammenarbeit mit Osteuropa finanziert.

Sicherheitsforschung

Die Aufsichtsbehörde HSK hat die Sicherheit der schweizerischen Kernanlagen nach dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik zu beurteilen und nötigenfalls Forderungen für Massnahmen zur Erhöhung der Sicherheit zu stellen. Zu diesem Zweck unterstützt die HSK gezielt verschiedene Vorhaben auf wichtigen Gebieten in Form einer regulatorischen Sicherheitsforschung und zwar in drei Bereichen:

- Forschungsvorhaben am Paul Scherrer Institut (PSI) und an den Hochschulen.
- Einzelprojekte bei in- und ausländischen Ingenieur-Unternehmungen.
- Beteiligung an internationalen Projekten.

Im folgenden werden die Vorhaben kurz kommentiert.

Simulationsmodelle zu Transientenanalysen in der Schweiz (STARS II); PSI, Villigen

Im Rahmen des STARS II Projekts werden Simulationsmodelle für alle schweizerischen Kernkraftwerke erstellt, um deren Verhalten bei Störfällen analytisch bestimmen zu können. Die Arbeiten sind im Berichtsjahr erfolgreich weitergeführt worden. Im Auftrag der HSK wurden spezielle Themen behandelt, u.a. das Brennstoffverhalten bei sogenannten RIA-Störfällen (Reactivity Initiated Accidents), das Verhalten der Anlage Leibstadt bei einem ATWS-Störfall (Anticipated Transient without Scram) zur Bestimmung des realistisch zur Verfügung stehenden Zeitfensters für Operateurhandlungen sowie spezielle LOCA-Analysen zur Bestimmung von Systemerfolgskriterien. Diese Informationen ergänzen die probabilistischen Sicherheitsanalysen (PSA). Die Aufgaben wurden vom STARS II Team effizient und erfolgreich in enger Zusammenarbeit mit der HSK gelöst.

Im weiteren werden im Rahmen des Projekts detaillierte Untersuchungen zum Stabilitätsverhalten von Siedewasserreaktoren durchgeführt (Teilnahme an Vergleichsuntersuchungen der OECD/NEA). Zu erwähnen ist auch die Berücksichtigung der 3-dimensionalen Reaktorkinetik bei Analysen von Transienten, ein Verfahren, das sich in jüngster Zeit als notwendig erwies, um aussagekräftigere und belastbarere Ergebnisse zu erhalten.

Spannungsrissskorrosion von Stählen für Reaktorkomponenten in Heisswasser; PSI, Villigen

Während der Berichtsperiode sind weitere keilbelastete und lastgesteuerte Versuche zur Spannungsrissskorrosion (SpRK) von ferritischen Reaktorbaustählen unter Siedewasserreaktor-Bedingungen in Autoklavenkreisläufen bei einer Temperatur von 288 °C und unter einem Druck von 11 MPa durchgeführt worden. Aufbauend auf früheren Versuchen wurde die Wasserchemie auf verschiedene Sauerstoff- und Leitfähigkeitswerte eingestellt. Sensitivitätstests mit erhöhtem Sauerstoff- und Sulfat-Gehalt und quasistagnierendem Wasserdurchfluss haben den Zweck, Grenzwerte für zulässige Konzentrationen unter definierten hydrodynamischen Bedingungen herauszufinden. Im Vergleich zu Normalbetriebsbedingungen wurden bei höheren Spannungsintensitätswerten (zwischen 39,6 und 124,8 MPa·m^{3/2}) an ermüdungsangewickelten ferritischen Reaktorstahlproben verschiedentlich Spannungsrissskorrosion festgestellt.

Es ist allerdings zu bemerken, dass die bislang durchgeführten Versuche unter konservativ gewählten Reaktorwasserbedingungen durchgeführt wurden. Bei den Versuchen weichen die vorgesehenen wasserchemischen Schlüsselparameter von den üblicherweise im Reaktorwasser vorkommenden Werten teilweise erheblich ab. Daher werden auch die Ergebnisse als konservativ beurteilt und können nicht ohne weiteres als reaktor-spezifisch eingestuft werden. In nächster Zeit werden diese Parameter sukzessive an heute übliche Reaktorbedingungen angenähert. Ein Teil dieses Programmes wird zu Vergleichszwecken als Ringversuch zusammen mit anderen Instituten durchgeführt, wie die Materialprüfanstalt (MPA) in Stuttgart, KWU-Siemens in Erlangen und Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus (VTT) in Finnland. Im Verlauf der weiteren Arbeiten ist das Modellieren des Phänomens über Spannungsrisse unter Siedewasserreaktor-Bedingungen vorgesehen. Im Zusammenhang mit dem derzeitigen

Alterungsüberwachungsprogramm der Kernkraftwerke und den Schäden durch Spannungsrissskorrosion am Kernmantel des KKM hat dieses Forschungsprojekt weiterhin hohe Relevanz.

LWR Kontaminationskontrolle; PSI, Villigen

Beim Betrieb der Reaktoren entstehen Erosions- und Korrosionsprodukte, wie Eisen und Kobalt, die im Neutronenfeld des Reaktorkerns aktiviert und so zu Radionukliden, wie Kobalt-60 werden. Kobalt-60 kann sich in Oxydschichten von Komponenten und Rohrleitungen absetzen und so hohe Dosisleistungen und eine Bestrahlung des Unterhaltspersonals bewirken.

Das Vorhaben, dem ein Versuchskreislauf zur Verfügung steht, untersucht für Siedewasserreaktor-Bedingungen, in welcher Form die aktivierten Korrosionsprodukte vorliegen (z.B. Partikelgrößen), wie ihr Einbau in die Oxydschichten erfolgt. Gestützt auf diese Kenntnisse sollen Massnahmen und Verfahren überprüft bzw. entwickelt werden, mit denen der Transport aktivierter Korrosionsprodukte in den Kreisläufen und ihr Einbau in die Oxydschichten der Komponenten und Rohrleitungen vermindert werden.

Neben Versuchen im Kreislauf wurden auch Messungen im KKM und KKL durchgeführt. Die Messtechniken konnten verfeinert werden, der Einbaumechanismus von Kobalt-60 in die Oxydschichten konnte besser verstanden werden.

Projekt REVENT: Bestimmung der Freisetzung von Spaltprodukten aus dem Sumpf nach einem Kernschmelzunfall bei Leckagen des Containments oder bei einer kontrollierten Druckentlastung des Containments; ETH-Zürich

Die Kenntnis der Quellterme bei kontrolliertem, gefiltertem Druckabbau im Containment nach schweren Kernschmelzunfällen ist für eine effiziente Notfallplanung von grossem Interesse. Unter realistischen Randbedingungen liefert das Projekt REVENT nützliche Informationen zum Radionuklidtransport bei einer Containment-Druckentlastung als Folge eines solchen gravierenden Ereignisses.

Die ersten Messreihen mit den nicht radioaktiven, wasserlöslichen Modellsubstanzen Na_2SO_4 und CsJ als Ersatz für die Verschmutzung im Sumpfwasser und die ersten Vorversuchen mit festen Aerosolen wurden im Berichtsjahr abgeschlossen. Die Ergebnisse der Versuchsreihe mit Natriumsulfat als Modellsubstanz zeigen, dass die Konzentration von Na_2SO_4 im Kondensat des Venting-

filters unter folgenden Bedingungen ansteigen:

- zunehmende Konzentration von Na_2SO_4 im Sumpf
- abnehmende Sumpfoberfläche (bei gleichem Energieeintrag)
- zunehmender Luftvolumenstrom, der dem Sumpf des Versuchsbehälters zugeleitet wird.

Mit Cäsiumjodid (CsJ) konnten die Ergebnisse der Natriumsulfat-Versuchsreihe ergänzt und bestätigt werden.

Die Versuche mit unlöslichen Verunreinigungen zeigen, dass Partikel mit einem Durchmesser grösser als $5 \mu\text{m}$ kaum mitgeschleppt werden. Dies muss jedoch noch durch weitere experimentelle Untersuchungen verifiziert werden.

Zusammenarbeit HSK-PSI in der Dosimetrie; PSI, Villigen

Die Personendosimetrie für äussere und innere Bestrahlung ist eine wichtige Aufgabe des Strahlenschutzes. Im PSI befasst sich die Sektion Messwesen der Abteilung Strahlenhygiene mit Fragen der Personendosimetrie. Im Jahr 1995 sind elf Kleinprojekte bearbeitet worden. Als Beispiele seien genannt: die Bestimmung der Transportverluste von Aerosolen in Messleitungen und Messköpfen, Prüfungen und Kalibrierungen (auch für Tritium) von Messinstrumenten, Evaluation von Geräten und Test eines neuen Systems für Neutronen-Personendosimetrie mit Plastikdetektoren.

Erdbebenfestigkeit von Tragwänden in Kernkraftwerken; Basler & Hofmann, Zürich

Die Evaluation eines analytischen Modells, die Wahl geeigneter Materialkennwerte, die Übernahme der von NUPEC (Seismic Ultimate Response Test in Japan) zur Verfügung gestellten Erdbebenanregung (Beschleunigung-Zeit-Verlauf) sowie Vergleiche und Interpretationen der Ergebnisse der einzelnen Berechnungsarten mit den Resultaten der dynamischen Versuche der NUPEC waren die geleisteten Arbeiten im Jahre 1995.

Beteiligung an der Forschung über schwere Unfälle; USNRC, Washington (USA)

Die Unfallforschung der amerikanischen Sicherheitsbehörde, an der die HSK beteiligt ist, hat den Zweck, identifizierte Probleme von schweren Unfällen zu lösen, Fachkenntnisse und Computer-Codes aufrechtzuerhalten sowie die Abklärungen für die Zulassung der fortgeschrittenen Leichtwasserreaktoren zu unterstützen.

Die wichtigen Programmelemente sind:

- Interaktion von geschmolzenem Brennstoff und Kühlmittel
- Integrität des Druckgefässes und Kühlbarkeit von Kernschmelze
- Direkte Aufheizung des Containments
- Transport und Verbrennung von Wasserstoff
- Bestimmung der Quellterme
- Computersimulation von schweren Unfällen

Schweizer Beitrag am NESC1-Projekt über "Pressurized Thermal Shock (PTS)"; Basler & Hofmann, Zürich

Der Temperaturschock durch kaltes Notkühlwasser bei gleichzeitig anstehendem Innendruck kann für einen Reaktor-druckbehälter unter Umständen die grösste Herausforderung hinsichtlich Integrität darstellen. Ziel des Schweizer Beitrags zu NESC1 ist es, die Eignung einfacher bruchmechanischer Modelle und gängiger ingenieurmässiger Rechenmethoden zur Lösung des Problems zu prüfen, da trotz des grossen numerischen Aufwandes mit dreidimensionalen Finite-Elemente-Methoden, das Verhalten eines repräsentativen Testzylinders nur näherungsweise beschrieben wird. Nachdem die erste Projektphase im Berichtsjahr mit einer durch die Materialauswahl bedingten Verzögerung von zwölf Monaten weitestgehend abgeschlossen werden konnte, wird demnächst mit dem Einstieg in die zweite Phase des internationalen Projektes gerechnet.

Vom Resultat des Vorhabens erwartet die HSK Beurteilungsgrundlagen für Modelle und Methoden zur Simulation von PTS-Beanspruchungen für die schweizerischen Kernkraftwerke.

OECD Halden Reactor Project; Institut for energiteknikk, Halden, Norwegen

Die Forschungsschwerpunkte liegen bei Brennstoffen und Werkstoffen (F+M) und Mensch-Maschine-Wechselwirkungen (MMI). Die F+M-Aktivitäten waren vielfältig. Ein bedeutender Fortschritt in der Erforschung der strahlungsinduzierten Spannungsrisskorrosion ist erreicht worden. Es zeigte sich, dass die Sauerstoff-Konzentration im Wasser einen massgebenden Einfluss hat.

Die Forschung von MMI befasst sich mit Prüfmethode für Rechenprogramme, Kommandoraumauslegung (Optimierung aller Aspekte inklusive der Verfügbarkeit) und Computersystemen zur Unterstützung der Operateure. Im Rahmen der Weiterbildung

arbeiten Schweizer Mitarbeiter auf beiden obengenannten Arbeitsgebieten.

Im vergangenen Forschungs-jahr wurde das neue 3-Jahres-Programm (1997-1999) über F+M und MMI zwischen der Halden-Projektleitung und der schweizerischen Begleitkommission besprochen.

Human Reliability Analysis (HRA); PSI, Villigen

Die Arbeitsschwerpunkte im vergangenen Forschungs-jahr lagen bei der Überprüfung von Methoden der Human-Reliability-Analysen in den PSA-Studien der KKW Beznau und Mühleberg, der Fertigstellung eines diesbezüglichen Statusberichtes als Vorstudie sowie der Mitarbeit bei internationalen Organisationen. Die HSK legt einen grossen Wert auf ein Forschungsprogramm, welches die Verhältnisse in schweizerischen KKW berücksichtigt. Die Aussagekraft von PSA-Studien wird verbessert, wenn belastbare Daten über die Zuverlässigkeit der Betriebsmannschaft vorliegen.

Zusammenarbeit in der Radioanalytik; PSI, Villigen

Die wesentlichen Ziele der Radioanalytik liegen bei der Entwicklung und Implementierung von radiochemischen Trennverfahren zur Isolation reiner β - und α -Strahler, welche sich mit konventionellen Methoden aufgrund ihrer starken Massenschwächung im Probenmaterial nicht direkt nachweisen lassen. Dies trifft insbesondere auf die umweltrelevanten

Spaltprodukte (z.B. $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$) und Radionuklide aus der Aktinidenreihe (U, Pu, Np) zu.

Die anvisierten Ziele des Forschungsjahres 1995 (radiochemische Trennung von ^{90}Sr neben anderen, kurzlebigeren β -Strahlern in frischen Spaltprodukten, Bestimmung von ^{90}Sr in Urin und Separation von U-Isotopen aus Grund- und Flusswasseraquiferen) konnte erfolgreich abgeschlossen werden.

Projekt CORVIS: Experimente zum RDB-Versagensmodus beim Kernschmelzen; PSI, Villigen

Im Rahmen des Projekts CORVIS wird das Durchschmelzen des Reaktor-Druckbehälters (RDB) von Leichtwasserreaktoren während eines angenommenen Kernschmelzunfalls untersucht.

Im Jahre 1995 wurden Experimente an einem RDB-Boden mit eingeschweisster Entwässerungsleitung (Simulation eines typischen Siedewasserreaktors) durchgeführt. Die gemessenen Temperaturverläufe, die Erosionseffekte und das Versagen des

Rohrstutzens konnte mit theoretischen Modellen verglichen werden; die Übereinstimmung zwischen Berechnungen und Experiment ist befriedigend. Das Projekt läuft 1996 aus.

*Verhalten von Radionukliden aus Kernkraftwerken in Aare und Rhein;
EAWAG, Dübendorf*

Die Studie dient dem besseren Verständnis der Transport-, Adsorptions-, Sedimentations- und Resuspensionsphänomene in den aquatischen Systemen (Flussläufe von Aare und Rhein, Bielersee, Klingnauer Stausee) unterhalb der Kernkraftwerke. Untersucht wurden die in den Abwässern der Kernkraftwerke teilweise enthaltenen Radionuklide ^{54}Mn , ^{58}Co , ^{60}Co , ^{65}Zn und ^{137}Cs . Diese Arbeiten liefern einen wichtigen Beitrag zum Verständnis des Verhalten verschiedener Nuklide in Oberflächengewässern und zur Optimierung der Überwachungstätigkeit.

Radioökologie; PSI, Villigen

Die Abschätzung der aus radioaktiven Freisetzungen resultierenden Dosen für die Bevölkerung ist ein zentrales Anliegen des Strahlenschutzes sowohl im Normalbetrieb eines Werkes wie auch bei Störfällen. Für diese Dosisabschätzungen sind einerseits genaue Kenntnisse der lokalen Gegebenheiten (Böden, Bewuchs etc.), andererseits des Verhaltens der Radionuklide in der Biosphäre nötig. Die Radioökologievereinbarung mit dem PSI zielt sowohl auf das Studium des Verhaltens von Radionukliden in Böden und Pflanzen wie auch auf die Validierung von radioökologischen Rechenmodellen ab.

Im Berichtsjahr wurden die folgenden Aspekte vom PSI schwerpunktmässig behandelt:

- Teilnahme am internationalen Radioökologieprogramm BIOMOVs II und insbesondere an Vergleichsrechnungen im Rahmen dieses Programms.
- Weiterführung der Kontaminationsversuche von Winterweizen zur Bestimmung der Abhängigkeit der Radioaktivitätskonzentration in Pflanzenteilen vom Depositionszeitpunkt.
- Untersuchung des Einflusses verschiedener Bodenparameter auf die Resultate des radioökologischen Rechenmodells CHECOSYS. Es konnte gezeigt werden, dass die Abhängigkeit der Ingestionsdosis vom Depositionszeitpunkt die Einflüsse verschiedener Bodentypen im allgemeinen bei weitem überwiegt.
- Erarbeitung eines Projektvorschlages für das vierte Rahmenprogramm der EU zum

Thema "Long Term Dynamics of Radionuclides in Semi-Natural Environments: Derivation of Parameters and Modelling"

PSI-Schulen

Das Paul Scherrer Institut beherbergt auf seinem Areal Ost zwei Schulen; die Reaktorschule und die Schule für Strahlenschutz.

Reaktorschule

Die Reaktorschule dient der theoretischen Grundausbildung und der Fortbildung des Personals schweizerischer Kernanlagen. Insbesondere führt die Reaktorschule eine eidg. anerkannte Technikerschule TS der Fachrichtung Kernkraftwerkstechnik. Die Schule steht unter Aufsicht von VSE, BIGA und HSK und umfasst acht Mitarbeiter und zehn Lehrbeauftragte.

Im April 1995 schlossen 6 Kandidaten ihre Grundausbildung, den 59 Wochen dauernden Technikerlehrgang, erfolgreich ab und konnten ein Diplom als Kernkraftwerkstechniker TS entgegennehmen. Sie werden anschliessend in den Anlagen weiter ausgebildet, bevor sie zur Lizenzprüfung als Reaktoroperateur antreten. Ebenfalls im April 1995 wurde der Ingenieurkurs beendet, den vier Picketingenieurwärter aus dem Kernkraftwerk Leibstadt mit Erfolg besuchten. An den elf Repetitionskursen nahmen insgesamt 91 Reaktoroperateure aus den schweizerischen Kernkraftwerken teil.

Im Januar 1995 begann der sechste Kurs für Kernkraftwerkstechniker an der Reaktorschule. Dieser Kurs dauert noch bis April 1996. Er wird von acht Teilnehmern aus Schweizer Kernkraftwerken besucht.

Schule für Strahlenschutz

Diese vorwiegend von Deutschschweizern besuchte Ausbildungsstätte des Fachbereichs Strahlenschutz bietet seit vielen Jahren behördlich anerkannte Kurse aller Stufen an. Im Berichtsjahr wurden rund 3500 Kursteilnehmer im Fach Strahlenschutz unterrichtet. Neben Kursteilnehmern aus medizinischen Berufen, Mitarbeitern von Notfallorganisationen und dem Strahlenschutzpersonal aus Industrie und Gewerbe kamen etwa 650 (1994: 300) aus den Kernanlagen. Die letztgenannte Gruppe umfasste Monteure, Betriebswächter, Besucherführer, Kaderpersonal, Schichtpersonal sowie Strahlenschutzfachleute und grosse Teile des beruflich strahlenexponierten Personals einzelner Kernkraftwerke. Die signifikante Erhöhung der Anzahl Kursteilnehmer aus diesen Anlagen im Vergleich zum Vorjahr ergab sich aus den zusätzlich durchgeführten Kursen für die

Einführung in die neue Strahlenschutzgesetzgebung.

Ereignisse in ausländischen Kernanlagen mit Bedeutung für die schweizerischen Anlagen

Im Jahre 1995 hatte von den gemeldeten Ereignissen in ausländischen Kernanlagen praktisch keines eine solche Bedeutung für die schweizerischen Anlagen, dass unmittelbare Massnahmen erforderlich gewesen wären. Trotzdem werden im folgenden einige Ereignisse erwähnt, da sie zu Erkenntnissen führen, die längerfristig auch einen Einfluss auf schweizerische Anlagen haben können.

Die in den vorangegangenen Jahren erwähnten Ereignisse werden hier nicht mehr aufgeführt. Das Ereignis mit einer Verstopfung der Sumpf-Saugsiebe in Barsebäck ist nach den erfolgten Modifikationen praktisch abgeschlossen. Die übrigen Ereignisse (Risse in Durchführungen, austenitischen Rohrleitungen und im Kernmantel) führten zu einer Anpassung des periodischen Prüfumfanges und sind damit im Überwachungsprogramm der jeweiligen Anlagen beschrieben, so dass sie hier nicht mehr erwähnt werden.

Zwei Ereignisse seien hier speziell erwähnt:

Starke Beeinträchtigung der Nachwärmeabfuhr während des Abfahrens der Anlage in einem Druckwasserreaktor

In der amerikanischen Druckwasseranlage Wolf Creek erfolgte während des Abfahrens der Anlage eine Operateur-Fehlbedienung im Nachwärmeabfuhrsystem. Sie hatte zur Folge, dass heisses Wasser vom Reaktor über eine spezielle Borierleitung rückwärts in den Borwasservorrattank (BOTA) strömte. Da alle Sicherheitssysteme ihr Notkühlwasser vom BOTA ansaugen, wäre bei längerem Betrieb die Gefahr gross, dass alle Notkühl-systeme ihre Ansaugfähigkeit wegen Kavitation der Pumpen verlieren. Das Schichtpersonal in Verbindung mit den Anlageoperateuren entdeckte aber sehr rasch den Fehler und schloss die Armatur rechtzeitig, so dass keine negativen Folgen entstanden sind. Dieses Ereignis zeigt aber, dass beim Abfahren der Anlagen das Risiko nicht zu vernachlässigen ist. Dies drückt sich auch darin aus, dass heute probabilistische Sicherheitsanalysen auch für den Stillstand erstellt werden.

In der Schweiz ist eine Anlage vom gleichen Reaktorlieferanten erstellt, so dass gewisse Ähnlichkeiten in der Systemkonfiguration vorliegen. Da aber im KKB die erwähnte

Borierleitung fehlt und ausserdem das unabhängige NANO-System vorhanden ist, wäre ein ähnlicher Ablauf sehr unwahrscheinlich. Wegen des NANO-Systems wären auch nicht die gleichen Konsequenzen möglich. Trotzdem wurde der Betreiber informiert und er hat mit einfachen administrativen Massnahmen eine zusätzliche Sicherung eingeführt, so dass ein ähnliches Ereignis praktisch auszuschliessen ist. Quantitativ wird dazu die probabilistische Sicherheitsanalyse, die in der Berichtsperiode in Arbeit ist, eine genauere Bewertung liefern.

Unerwarteter Verstopfungsbeginn eines Pumpensiebes im Nachwärmeabfuhrsystem beim Betrieb über die Kondensationsbecken

In der amerikanischen Siedwasseranlage Limerick 1 bemerkte man während des Abfahrens bei der Nachwärmeabfuhr aus dem Kondensationsbecken, dass an einer Pumpe Durchsatz- und Stromschwankungen auftraten. Man vermutete Kavitationserscheinungen, worauf die Pumpe abgestellt und eine Überprüfung durchgeführt wurde. Da keine Mängel entdeckt wurden, ist man vorerst mit vermindertem und später mit normalem Durchsatz weitergefahren. Später wurden die Saugsiebe der Pumpen inspiziert und man fand sie teilweise mit Fasern und Schlamm belegt. Als Ursache wurde eine Verschmutzung des Wassers angenommen. Fasern wurden am Sieb abgeschieden, welche nun ihrerseits als "Feinsieb" wirkten und auch feine Partikel auf dem Sieb zurückhielten, so dass dieses teilweise verstopfte. Im Becken wurden auch noch andere Verunreinigungen gefunden. Die Betreiber amerikanischer Siedwasseranlagen wurden von ihrer Behörde aufgefordert, die Sauberkeit der Becken und anderer Anlagenteile sicherzustellen, damit sowohl im Normalbetrieb wie im Störfall die Nachwärmeabfuhr gewährleistet ist. Die Schweizer Betreiber von Siedwasseranlagen wurden über dieses Ereignis informiert, obwohl kein unmittelbarer Handlungsbedarf besteht. Speziell die Sauberkeit wurde bei der OSART-Prüfung der IAEA in der Siedwasseranlage KKL als herausragende "good practice" gelobt. Trotzdem wurden die Betreiber benachrichtigt, da der Prozess der hier aufgetretenen Siebverstopfung unter Umständen zur Überprüfung der Reinigungssysteme führen kann.

Bewertung von Ereignissen in Kernanlagen

Die Betreiber der schweizerischen Kernanlagen sind verpflichtet, eingetretene Ereignisse

der HSK entsprechend der folgenden Klassierung zu melden (siehe auch Tabelle 3):

Klasse B

Ereignisse von geringfügiger sicherheitstechnischer Bedeutung. Sie werden erfasst und ausgewertet, damit eine frühzeitige Erkennung von eventuellen Schwachstellen ermöglicht wird.

Klasse A

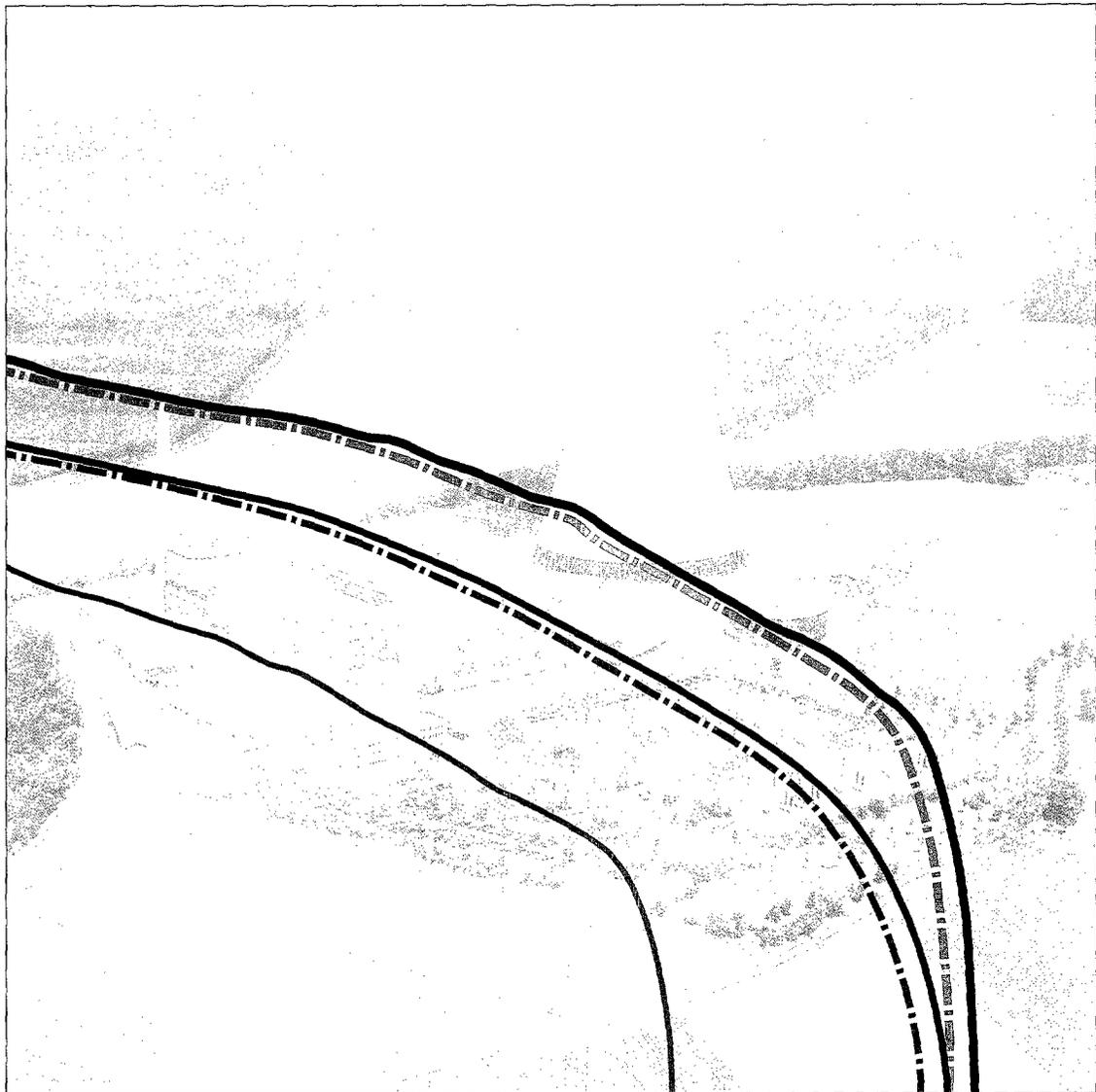
Ereignisse von sicherheitstechnischer Bedeutung, aber mit keiner oder nur geringer radiologischer Auswirkung auf die Umgebung.

Klasse S

Ereignisse, welche eine Gefahr für die Anlage, das Personal oder die Umgebung darstellen.

Anweisungen und Beispiele für meldepflichtige Ereignisse sind in den Richtlinien HSK-R-15 und HSK-R-25 enthalten. Die Meldeschwellen sind sehr tief gelegt, damit die Aufsichtsbehörde detailliert über die Vorgänge in den Anlagen informiert wird. Die HSK behält sich vor, Ereignisse höher oder tiefer zu klassieren, als ursprünglich vom Betreiber vorgeschlagen wurde.

Nicht nur in der Schweiz, sondern auch im Ausland werden Meldungen über Ereignisse in Kernanlagen von der Öffentlichkeit mit zunehmendem Interesse zur Kenntnis genommen. Eine Bewertung dieser Ereignisse ist aber für Aussenstehende nur schwer möglich. Aufgrund dieser Problematik hat die internationale Atomenergieagentur (IAEA) für die Bewertung die "International Nuclear Event Scale" (INES) für Störfälle in Kernkraftwerken eingeführt, welche die Sicherheitsbedeutung der Ereignisse in Zahlen ausdrückt, ähnlich wie z.B. Magnitude oder Intensität von Erdbeben. Diese Skala ersetzt nicht die Meldepflicht, sondern ergänzt sie. Die Schweiz hat die INES übernommen (Tabelle 13). Ein Vergleich mit dieser Skala zeigt, dass die unterste Meldeklasse B in der Regel der INES-Stufe 0 entspricht, d.h. dort als nicht sicherheitsrelevant eingestuft wird. Es wird als nicht geeignet betrachtet, die Anzahl der nach INES klassierten Ereignisse oder die Anzahl der nach R-15 klassierten Ereignisse als Sicherheitsvergleich zwischen verschiedenen Anlagen oder Ländern zu verwenden.



Grafische Darstellung über Wirkung und Schadenausmass

Représentation graphique illustrant l'effet et la gravité des dommages dus aux rayonnements

Graphical presentation showing effect and extent of damage

ANHANG

Tabellen, Diagramme und Listen

Tabelle 1a	Die Hauptdaten der schweizerischen Kernkraftwerke
Tabelle 1b	Betriebsdaten der schweizerischen Kernkraftwerke
Tabelle 2	Bestand an lizenziertem Personal
Tabelle 3	Meldungen über besondere Vorkommnisse
Tabelle 4	Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umgebung und daraus resultierende Dosen für Einzelpersonen der Bevölkerung
Tabelle 5a/b	Ganzkörperdosen durch äussere Bestrahlung, Anzahl Personen und mittlere Jahresdosis
Tabelle 6a/b	Ganzkörperdosen durch äussere Bestrahlung, Jahreskollektivdosen
Tabelle 7	Ganzkörperdosen durch äussere Bestrahlung Anzahl Personen nach Alter und Geschlecht
Tabelle 8	Haut- oder Extremitätendosen, Anzahl Personen
Tabelle 9	Inkorporation: Anzahl Personen
Tabelle 10a/b	Akkumulierte Gesamtdosen infolge beruflicher Tätigkeit: Anzahl Personen
Tabelle 11	Radioaktive Abfälle in den Kernkraftwerken
Tabelle 12	Liste der HSK-Richtlinien und -Empfehlungen
Tabelle 13	Internationale Störfall-Bewertungsskala für Kernanlagen (INES)
Figur 1a	Funktionsschema eines Druckwasserreaktors
Figur 1b	Funktionsschema eines Siedewasserreaktors
Figur 2	Zeitverfügbarkeit und Arbeitsausnutzung 1986 - 1995
Figur 3	Meldepflichtige, klassierte Ereignisse 1986-1995
Figur 4	Ungeplante Reaktorschnellabschaltungen (Scrams) 1986-1995
Figur 5	Brennstabschäden 1985-1995
Figur 6	Jahreskollektivdosen der Kernkraftwerke 1980-1995
Figur 7	Jahreskollektivdosen der Kernanlagen in der Schweiz 1969-1995
Figur 8	Personen mit Jahreganzkörperdosis über 20 mSv in den Kernkraftwerken
Figur 9	Mittlere Jahresindividualdosis des Eigen- und Fremdpersonals der Kernkraftwerke
Figur 10	Lebensaltersdosen des Eigenpersonals der Kernkraftwerke
Figur 11	Errechnete Dosis für die meistbetroffene Person in der Umgebung der KKW

Verzeichnis der Abkürzungen

Tabelle 1a: Die Hauptdaten der schweizerischen Kernkraftwerke

	KKB I+II Beznau	KKM Mühleberg	KKG Gösgen	KKL Leibstadt
Therm. Nennleistung	2x1130 MW	1097 MW	3002 MW	3138 MW
Elektr. Nennleistung	2x 364 MW	372 MW	1015 MW	1085 MW
Elektr. Nettoleistung	2x 350 MW	355 MW	965 MW	1030 MW
Reaktortyp	Druckwasser	Siedewasser	Druckwasser	Siedewasser
Reaktorlieferant	Westinghouse	GE	KWU	GE
Turbinenlieferant	BBC	BBC	KWU	BBC
Generatordaten	4x228 MVA	2x214 MVA	1140 MVA	1318 MVA
Kühlung	Flusswasser	Flusswasser	Kühlturm	Kühlturm
Kommerzielle Inbetriebnahme	1969/1971	1972	1979	1984

Tabelle 1b: Betriebsdaten der schweizerischen Kernkraftwerke 1995

	KKB III	KKM	KKG	KKL
Thermisch erzeugte Energie (GWh)	8927/8155	8'188	24'332	23'450,5
Abgegebene elektrische Nettoenergie (GWh)	2849/2560	2'668,9	7'764	7'674
Abgegebene thermische Energie (GWh)	132,6/4,7	3,35	149,5	0
Zeitverfügbarkeit ¹ (in %)	91,3/83,1	90,11	92,6	90,03
Nichtverfügbarkeit (in %) durch Jahresrevision	8,2/16,7	9,08	7,4	8,8
Arbeitsausnutzung ² (in %)	93,2/83,8	85,4	93,1	85,3
Anzahl ungeplanter Scrams	1/1	1	0	0
Andere ungeplante Abschaltungen	0/0	0	0	1
Störungsbedingte Leistungsreduktionen (>10%P _N)	2/1	3	0	1

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

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

Bem.: Aus der Definition von Zeitverfügbarkeit und Arbeitsausnutzung geht hervor, dass der Wert der Arbeitsausnutzung normalerweise kleiner ist als derjenige der Zeitverfügbarkeit. Wegen der Erhöhung der elektrischen Nettoleistung bei unveränderter Nennleistung durch den Austausch von Komponenten (z.B. Dampferzeuger, Hoch- und Niederdruckturbinen) wird die Arbeitsausnutzung grösser als 100 %. Eine Anpassung der Nennleistung wird vom Betreiber vorgenommen, wenn er sicher ist, dass die jährlichen Schwankungen der elektrischen Nettoleistung immer über der Nennleistung bleiben. Kleinere Abweichungen werden jedoch toleriert, da die elektrische Nennleistung ein unveränderliches Merkmal eines Kraftwerkes ist und möglichst wenig geändert wird.

Tabelle 2: Bestand an lizenziertem Personal in den Kernkraftwerken Ende 1995.
In Klammern Werte für 1994.

Funktion	KKB I+II	KKM	KKG	KKL
B-Operateur	20 (23)	14 (10)	9 (9)	16 (12)
A-Operateur	17 (17)	7 (7)	20 (18)	7 (8)
Schichtchef und -Stv.	21 (22)	10 (10)	17 (17)	16 (17)
Pikett- und Betriebsingenieur	9 (9)	7 (8)	12 (12)	10 (10)
Strahlenschutzkontrolleur	5 (6)	8 (8)	5 (5)	10 (10)
Strahlenschutz-Chefkontrolleur	6 (6)	3 (3)	4 (4)	5 (5)

Tabelle 3: Meldungen der Anlagenbetreiber über besondere Vorkommnisse 1995 gemäss HSK-Richtlinie R-15¹⁾ und R-25. In Klammern Werte von 1994.

Anzahl der Ereignismeldungen in der Schweiz im Jahre 1995							
	technische Ereignisse			radiologische Ereignisse			Internationale Bewertungsskala (INES)
Anlage	Klasse S ²⁾	Klasse A ³⁾	Klasse B ⁴⁾	Klasse S ²⁾	Klasse A ³⁾	Klasse B ⁴⁾	INES ⁵⁾ Stufe
KKB I	0 (0)	0 (0)	1 (2)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0
KKB II	0 (0)	0 (0)	2 (3)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0
KKM	0 (0)	0 (0)	1 (2)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0
KKG	0 (0)	0 (0)	2 (1)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0
KKL	0 (0)	0 (0)	4 (5)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0
PSI	0 (0)	0 (0)	2 (2)	0 (0)	1 (1)	0 (0)	0
EPFL	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	-
UNI BS	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	-
Lucens	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	-

- 1) Nicht inbegriffen sind die anlässlich der ordentlichen Stillstände entdeckten und behobenen Mängel an Anlageteilen (vgl. Text).
- 2) Ereignisse, welche eine Gefahr für die Anlage, das Personal oder die Umgebung darstellen.
- 3) Ereignisse von sicherheitstechnischer Bedeutung, aber mit keiner oder nur geringer radiologischer Auswirkung auf die Umgebung.
- 4) Ereignisse von geringfügiger sicherheitstechnischer Bedeutung. Sie werden erfasst und ausgewertet, damit eine frühzeitige Erkennung von eventuellen Schwachstellen ermöglicht wird.
- 5) Angabe der vorgekommenen INES-Stufe 0 bis 7

Tabelle 4: Zusammenstellung der Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umgebung für das Jahr 1995 und die daraus resultierenden Dosen für Einzelpersonen der Bevölkerung. (Fussnoten am Ende der Tabelle).

Anlage	Medium	Art der Abgaben	Abgabelimiten (AL) (gem. Reglement) ¹⁾	Tatsächliche Abgaben ²⁾ ; ($\pm 50\%$)	Berechnete Jahresdosis ³⁾	
			Bq/Jahr	Bq/Jahr	Erwachsener Sv/Jahr	Kleinkind Sv/Jahr
KKB 1+ KKB 2	Abwasser (30000 m ³)	Nuklidgemisch (ohne Tritium) ⁴⁾	4·10 ⁺¹¹	2,1·10 ⁺⁰⁹	<1·10 ⁻⁰⁷	<1·10 ⁻⁰⁷
		Tritium	7·10 ⁺¹³	1,2·10 ⁺¹³	<1·10 ⁻⁰⁷	<1·10 ⁻⁰⁷
	Abluft	Edelgase ⁴⁾	1·10 ⁺¹⁵	2,6·10 ⁺¹²	<1·10 ⁻⁰⁷	<1·10 ⁻⁰⁷
		Aerosole ⁵⁾ (ohne I-131, Halbwertszeit>8 Tage) Jod-131 ⁴⁾	6·10 ⁺⁰⁹ 4·10 ⁺⁰⁹ (nur I-131)	<0,1% AL 1,8·10 ⁺⁰⁷	<1·10 ⁻⁰⁷ <1·10 ⁻⁰⁷	<1·10 ⁻⁰⁷ <1·10 ⁻⁰⁷
		Kohlenstoff-14 ⁶⁾	--	4,0·10 ⁺¹⁰	9,7·10 ⁻⁰⁷	1,8·10 ⁻⁰⁶
KKM	Abwasser (7486 m ³)	Nuklidgemisch (ohne Tritium) ⁴⁾	4·10 ⁺¹¹	1,7·10 ⁺⁰⁹	<1·10 ⁻⁰⁷	<1·10 ⁻⁰⁷
		Tritium	2·10 ⁺¹³	3,4·10 ⁺¹¹	<1·10 ⁻⁰⁷	<1·10 ⁻⁰⁷
	Abluft	Edelgase ⁴⁾	2·10 ⁺¹⁵	<0,1% AL	<1·10 ⁻⁰⁷	<1·10 ⁻⁰⁷
		Aerosole ⁵⁾ (ohne I-131, Halbwertszeit>8 Tage) Jod-131	2·10 ⁺¹⁰ 2·10 ⁺¹⁰	<0,1% AL <0,1% AL	9,3·10 ⁻⁰⁶ <1·10 ⁻⁰⁷	7,3·10 ⁻⁰⁶ <1·10 ⁻⁰⁷
		Kohlenstoff-14 ⁶⁾	--	2,0·10 ⁺¹¹	5,8·10 ⁻⁰⁷	1,1·10 ⁻⁰⁶
KKG	Abwasser (8344 m ³)	Nuklidgemisch (ohne Tritium) ⁴⁾	2·10 ⁺¹¹	<0,1% AL	<1·10 ⁻⁰⁷	<1·10 ⁻⁰⁷
		Tritium	7·10 ⁺¹³	1,4·10 ⁺¹³	<1·10 ⁻⁰⁷	<1·10 ⁻⁰⁷
	Abluft	Edelgase ⁴⁾ - β -total-Messung	1·10 ⁺¹⁵	(<)1,9·10 ⁺¹³ (<)1,7·10 ⁺¹³)	(<)1,1·10 ⁻⁰⁷	(<)1,1·10 ⁻⁰⁷
		Aerosole ⁵⁾ (ohne I-131, Halbwertszeit>8 Tage) Jod-131	1·10 ⁺¹⁰ 7·10 ⁺⁰⁹	<0,1% AL 4,0·10 ⁺⁰⁷	<1·10 ⁻⁰⁷ <1·10 ⁻⁰⁷	<1·10 ⁻⁰⁷ <1·10 ⁻⁰⁷
		Kohlenstoff-14 ⁶⁾	--	1,0·10 ⁺¹¹	5,8·10 ⁻⁰⁷	1,1·10 ⁻⁰⁶
KKL	Abwasser (17134 m ³)	Nuklidgemisch (ohne Tritium) ⁴⁾	4·10 ⁺¹¹	<0,1% AL	<1·10 ⁻⁰⁷	<1·10 ⁻⁰⁷
		Tritium	2·10 ⁺¹³	4,7·10 ⁺¹¹	<1·10 ⁻⁰⁷	<1·10 ⁻⁰⁷
	Abluft	Edelgase ⁴⁾	2·10 ⁺¹⁵	1,7·10 ⁺¹³	<1·10 ⁻⁰⁷	<1·10 ⁻⁰⁷
		Aerosole ⁵⁾ (ohne I-131, Halbwertszeit>8 Tage) Jod-131	2·10 ⁺¹⁰ 2·10 ⁺¹⁰	2,0·10 ⁺⁰⁷ 8,7·10 ⁺⁰⁸	<1·10 ⁻⁰⁷ 1,5·10 ⁻⁰⁷	<1·10 ⁻⁰⁷ 7,1·10 ⁻⁰⁷
		Kohlenstoff-14 ⁶⁾	--	3,0·10 ⁺¹¹	1,3·10 ⁻⁰⁶	2,5·10 ⁻⁰⁶

Tabelle 4: Fortsetzung (1995)

Anlage	Medium	Art der Abgaben	Abgabelimiten (AL) ¹⁾			Tatsächliche Abgaben ²⁾ , (±50%)			Berechnete Jahresdosis ³⁾					
			Bq/Jahr			Bq/Jahr			Erwachsener Sv/Jahr			Kleinkind Sv/Jahr		
PSI-OST	Abwasser (18415m ³)	Nuklidgemisch (ohne Tritium) ⁴⁾	2·10 ⁺¹¹ (für gesamtes PSI)			<0,1% AL			<1·10 ⁻⁰⁷			<1·10 ⁻⁰⁷		
		Tritium	2·10 ⁺¹³ (für gesamtes PSI)			1,5·10 ⁺¹¹			<1·10 ⁻⁰⁷			<1·10 ⁻⁰⁷		
	Abluft	Edelgase/Gase (Ar-41-aeq.) ⁴⁾	Hochka-min-Ost	Verbren-nungsanl.	Uebrige-Ost ⁷⁾	Hochka-min-Ost	Verbren-nungsanl.	Uebrige-Ost ⁷⁾	Hochka-min-Ost	Verbren-nungsanl.	Uebrige-Ost	Hochka-min-Ost	Verbren-nungsanl.	Uebrige-Ost
			--	4·10 ⁺¹²	5·10 ⁺¹¹	4,2·10 ⁺⁰⁸	--	--	<1·10 ⁻⁰⁷	--	--	<1·10 ⁻⁰⁷	--	--
		β/γ-Aerosole ⁵⁾ (ohne Jod, Halbwertszeit>8 Tage)	1·10 ⁺¹⁰	1·10 ⁺⁰⁹	1·10 ⁺⁰⁸	<0,1% AL	6,6·10 ⁺⁰⁷	<0,1% AL	}<1·10 ⁻⁰⁷	}<1·10 ⁻⁰⁷	}<1·10 ⁻⁰⁷	}<1·10 ⁻⁰⁷	}<1·10 ⁻⁰⁷	}<1·10 ⁻⁰⁷
		β/γ-Aerosole ⁵⁾ (8 Std.<Halbwertszeit<8 Tage)	--	--	--	1,1·10 ⁺⁰⁹	--	--						
		α-Aerosole	3·10 ⁺⁰⁸	5·10 ⁺⁰⁷	2·10 ⁺⁰⁶	--	5,1·10 ⁺⁰⁵	--	}<1·10 ⁻⁰⁷	}<1·10 ⁻⁰⁷	}<1·10 ⁻⁰⁷	}<1·10 ⁻⁰⁷	}<1·10 ⁻⁰⁷	}<1·10 ⁻⁰⁷
		Jod (I-131-aeq.) ⁴⁾	3·10 ⁺¹⁰	2·10 ⁺⁰⁹	2·10 ⁺⁰⁸	8,8·10 ⁺⁰⁸	3,4·10 ⁺⁰⁷	--						
	Tritium (tritiertes Wasser)	--	4·10 ⁺¹²	2·10 ⁺¹²	--	1,7·10 ⁺¹¹	8,1·10 ⁺¹⁰	<1·10 ⁻⁰⁷	<1·10 ⁻⁰⁷	<1·10 ⁻⁰⁷	<1·10 ⁻⁰⁷	<1·10 ⁻⁰⁷	<1·10 ⁻⁰⁷	<1·10 ⁻⁰⁷
	PSI-WEST	Abwasser (92 m ³)	Nuklidgemisch (ohne Tritium) ⁴⁾	vgl. PSI-Ost			<0,1% AL			<1·10 ⁻⁰⁷			<1·10 ⁻⁰⁷	
Tritium			vgl. PSI-Ost			<0,1% AL			<1·10 ⁻⁰⁷			<1·10 ⁻⁰⁷		
Abluft		Edelgase/Gase (Ar-41-aeq.) ⁴⁾	Zentr. Ab-luft-West	Doppel-kamin	Uebrige-West ⁷⁾	Zentr. Ab-luft-West	Doppel-kamin	Uebrige-West ⁷⁾	Zentr. Ab-luft-West	Doppel-kamin	Uebrige-West	Zentr. Ab-luft-West	Doppel-kamin	Uebrige-West
			2·10 ⁺¹⁴	5·10 ⁺¹²	2·10 ⁺¹²	6,4·10 ⁺¹³	2,3·10 ⁺¹⁰	3,8·10 ⁺¹⁰	2,9·10 ⁻⁰⁶	<1·10 ⁻⁰⁷	<1·10 ⁻⁰⁷	2,9·10 ⁻⁰⁶	<1·10 ⁻⁰⁷	<1·10 ⁻⁰⁷
		β/γ-Aerosole ⁵⁾ (ohne Jod und Be-7, T _{1/2} >8 Tage)	2·10 ⁺⁰⁸	5·10 ⁺⁰⁷	2·10 ⁺⁰⁸	2,1·10 ⁺⁰⁷	<0,1% AL	<0,1% AL	}<1E-07	}<1·10 ⁻⁰⁷				
		β/γ-Aerosole ⁵⁾ (8 Std.<Halbwertszeit<8 Tage)	1·10 ⁺¹¹	--	--	1,8·10 ⁺⁰⁹	--	7,6·10 ⁺⁰⁶						
		α-Aerosole	--	--	--	--	--	--	}<1·10 ⁻⁰⁷	}<1·10 ⁻⁰⁷	}<1·10 ⁻⁰⁷	}<1·10 ⁻⁰⁷	}<1·10 ⁻⁰⁷	}<1·10 ⁻⁰⁷
Jod (I-131-aeq.) ⁴⁾	5·10 ⁺⁰⁹	--	1·10 ⁺⁰⁸	1,1·10 ⁺⁰⁸	--	--	<1·10 ⁻⁰⁷	--						
Tritium (tritiertes Wasser)	6·10 ⁺¹³	--	2·10 ⁺¹²	3,7·10 ⁺¹¹	--	4,4·10 ⁺¹⁰	<1·10 ⁻⁰⁷	--	<1·10 ⁻⁰⁷	<1·10 ⁻⁰⁷	<1·10 ⁻⁰⁷	--	<1·10 ⁻⁰⁷	

Fussnoten zu Tabelle 4

- 1) **Abgabelimiten** gemäss Bewilligung der jeweiligen Kernanlage. Die **Abgabelimiten** wurden so festgelegt, dass die radiologische Belastung der kritischen Bevölkerungsgruppe in der Umgebung unter 0.2 mSv/Jahr bleibt. Bei einigen Stoffgruppen und Abgabestellen des PSI wurde auf die Festlegung von Jahresabgabelimiten verzichtet, da auch bei dauernder Ausschöpfung der Kurzzeitabgabelimiten die resultierende Dosis unbedeutend klein ist.
- 2) Die **Messung der Abgaben** erfolgt nach den Erfordernissen der Reglemente "für die Abgaben radioaktiver Stoffe und die Überwachung von Radioaktivität und Direktstrahlung in der Umgebung des Kernkraftwerks ..." resp. des Reglementes "für die Abgabe radioaktiver Stoffe und deren Überwachung in der Umgebung des Paul Scherrer Instituts (PSI)". Die Messgenauigkeit beträgt ca. $\pm 50\%$. Abgaben unterhalb 0,1% der Jahresabgabelimite werden von der HSK als nicht-relevant betrachtet und mit „<0,1% AL“ angegeben. Sofern für ein Nuklidgemisch keine nuklidspezifische Messungen vorliegen, wird für die Dosisberechnung und allfällige Äquivalentumrechnungen von einem Standardnuklidgemisch ausgegangen. Für Aerosole wird beim KKB ein Gemisch von 50% Co-60 und 50% Cs-137 angenommen. Beim KKG wird für die Edelgase eine β -total-Messung durchgeführt (siehe den Wert in Klammern); für die Berechnungen (Abgabe-Äquivalent und Dosis) wurde in diesem Fall ein Gemisch von 80% Xe-133, 10% Xe-135 und 10% Kr-88 angesetzt.
- 3) **Berechnete Jahresdosis** (effektive Äquivalenzdosis) für Personen, die sich dauernd am kritischen Ort aufhalten, ihre gesamte Nahrung von diesem Ort beziehen und ihren gesamten Trinkwasserbedarf aus dem Fluss unterhalb des Werkes resp. des PSI decken (Wasserführung der Aare in Mühleberg $3,8 \cdot 10^9$ m³/Jahr, in Gösgen $9,0 \cdot 10^9$ m³/Jahr, in Würenlingen (PSI) und in Beznau $1,8 \cdot 10^{10}$ m³/Jahr und des Rheines in Leibstadt $3,3 \cdot 10^{10}$ m³/Jahr). Dosiswerte kleiner als $1,0 \cdot 10^{-07}$ Sv - entsprechend einer Dosis, die durch natürliche externe Strahlung in ca. einer Stunde akkumuliert wird - werden nicht angegeben. Die Berechnungen erfolgten nach den im Entwurf zur HSK-Richtlinie R-41 (September 1995) angegebenen Modellen und mit den ebenfalls dort festgelegten Parametern.
- 4) **Angabe in Abgabe-Äquivalenten:**
Abwasser: Abgaben in Bq/Jahr normiert auf einen Referenz-LE-Wert von 200 Bq/kg. Die LE-Werte für die einzelnen Nuklide sind dem Anhang 3 der Strahlenschutzverordnung (StSV) entnommen. Ein LE-Wert von 200 Bq/kg entspricht einem Referenz-Nuklid mit einem Ingestions-Dosisfaktor von $5 \cdot 10^{-08}$ Sv/Bq.
Edelgase: Abgaben in Bq/Jahr normiert auf einen Referenz-CA-Wert von $2 \cdot 10^{+05}$ Bq/m³ (für KKW) resp. $5 \cdot 10^{+04}$ Bq/m³ (PSI, Argon-41-Äquivalent). Die CA-Werte für die Edelgasnuklide sind dem Anhang 3 der Strahlenschutzverordnung (StSV) entnommen. Ein CA-Wert von $2 \cdot 10^{+05}$ Bq/m³ entspricht einem Referenz-Nuklid mit einem Immersions-Dosisfaktor von $4,4 \cdot 10^{-07}$ (Sv/Jahr)/(Bq/m³).
Jod (Für das PSI): Jod-131-Äquivalente berechnet durch gewichtete Summation der Abgaben sämtlicher Iod-Nuklide, wobei sich der Gewichtungsfaktor aus dem Verhältnis des Ingestionsdosisfaktors des jeweiligen Nuklides zum Ingestionsdosisfaktor von I-131 ergibt. Die Ingestionsdosisfaktoren sind der StSV entnommen.
- 5) Der Dosisbeitrag von Aerosolen mit Halbwertszeiten kleiner 8 Tagen ist bei den Kernkraftwerken vernachlässigbar. Beim PSI-West spielen allenfalls die extrem kurzlebigen Aerosole für die Inhalations- und Immersionsdosis sowie für die Dosis aus der Bodenstrahlung eine Rolle. Unter sehr konservativen Annahmen errechnet sich ein Beitrag von ca. 50% zur gesamten Aerosoldosis. Beim KKM ergibt sich der Hauptbeitrag zur Dosis durch die Bodenstrahlung von Aerosolen, die im Jahre 1986 durch eine unkontrollierte Abgabe in die Umgebung gelangten. Der Dosisbeitrag, der durch Aerosolabgaben im Berichtsjahr verursacht wurde, ist demgegenüber vernachlässigbar und liegt in der Grössenordnung der anderen schweizerischen Kernkraftwerke.
- 6) Die angegebenen Abgaben von C-14 basieren mit Ausnahme des KKL (gemessene Werte) auf Abschätzungen der HSK basierend auf temporären Messungen in den Anlagen in früheren Jahren.
- 7) **Ausbreitungsäquivalente:** Um die Zahl der Abgabelimiten für das PSI zu begrenzen, werden verschiedene Abgabestellen unter "Übrige Ost" respektive "Übrige West" zusammengefasst. Dies ist nur möglich, wenn die tatsächlich gemessenen Abgaben in ausbreitungsäquivalente Werte umgerechnet, d.h. mit Hilfe der Ausbreitungsfaktoren auf die Eigenschaften (Abgabehöhe, Ausstosseschwindigkeit) einer Referenz-Abgabestelle normiert werden. Für das PSI-Ost wird als Referenzabgabestelle für Tritium der Saphir, für die übrigen Nuklidgruppen das radioaktive Abfalllabor angenommen. Beim PSI-West sind die Referenzabgabestellen die Tritiumhütte (für Tritium und Edelgase) resp. das ATEC (für Aerosole und Jod). Sowohl für die Abgabelimiten wie für die Abgaben sind in der Tabelle für die "Übrigen Ost" resp. "Übrigen West" ausbreitungsäquivalente Werte angegeben.

Tabelle 5a: Ganzkörperdosen durch äussere Bestrahlung 1995, Anzahl Personen und mittlere Jahresdosis (E = Eigen-, F = Fremdpersonal; in allen Anlagen werden TL-Dosimeter benützt)

Dosis- verteilung [mSv]	KKB I+II			KKG			KKL			KKM			Total KKW		
	E	F	E+F	E	F	E+F	E	F	E+F	E	F	E+F	E	F	E+F
0.00 - 1.00	199	463	662	201	351	552	217	862	1079	139	663	802	756	2339	3095
1.01 - 2.00	53	62	115	35	56	91	47	160	207	30	99	129	165	377	542
2.01 - 5.00	69	65	134	27	46	73	69	121	190	68	112	180	233	344	577
5.01 - 10.00	47	35	82	27	33	60	15	40	55	25	36	61	114	144	258
10.01 - 15.00	3	1	4	7	8	15	6	3	9	9	4	13	25	16	41
15.01 - 20.00															
20.01 - 25.00															
25.01 - 30.00															
30.01 - 35.00															
35.01 - 40.00															
40.01 - 45.00															
45.01 - 50.00															
über 50.00															
Total Personen	371	626	997	297	494	791	354	1186	1540	271	914	1185	1293	3220	4513
Mittel pro Person [mSv]	2.0	1.0	1.4	1.6	1.3	1.4	1.5	0.9	1.0	2.1	1.0	1.3	1.8	1.0	1.2

Durch den Aufenthalt einer Person in verschiedenen Anlagen ergeben sich in dieser Aufarbeitung der Rohdaten insignifikante Abweichungen bei Quervergleichen und Aufsummierungen.

Tabelle 5b: Ganzkörperdosen durch äussere Bestrahlung 1995, Anzahl Personen und mittlere Jahresdosis
(E = Eigen-, F = Fremdpersonal;
in allen Anlagen werden TL-Dosimeter benützt)

Dosis- verteilung [mSv]	PSI	EPFL	LUCENS	UNI Basel	Total Forschung	Total KKW E+F	Total KKW und Forschung
0.00 - 1.00	1047	10		5	1062	3095	4157
1.01 - 2.00	48				48	542	590
2.01 - 5.00	44				44	577	621
5.01 - 10.00	14				14	258	272
10.01 - 15.00	3				3	41	44
15.01 - 20.00							
20.01 - 25.00							
25.01 - 30.00							
30.01 - 35.00							
35.01 - 40.00							
40.01 - 45.00							
45.01 - 50.00							
über 50.00							
Total Personen	1156	10		5	1171	4513	5684
Mittel pro Person [mSv]	0.5	0.1		0.3	0.5	1.2	1.1

Durch den Aufenthalt einer Person in verschiedenen Anlagen ergeben sich in dieser Aufarbeitung der Rohdaten insignifikante Abweichungen bei Quervergleichen und Aufsummierungen.

Tabelle 6a: Ganzkörperdosen durch äussere Bestrahlung 1995,
 Jahreskollektivdosen in Personen-mSv
 (E = Eigen-, F = Fremdpersonal)

Dosis- verteilung [mSv]	KKB I + II			KKG			KKL			KKM			Total KKW		
	E	F	E+F	E	F	E+F	E	F	E+F	E	F	E+F	E	F	E+F
0.00 - 1.00	47.5	88.6	136.1	47.6	48.6	96.2	43.9	161.7	205.6	31.1	102.8	133.9	170.0	401.7	571.8
1.01 - 2.00	69.5	96.1	165.6	49.8	81.5	131.3	68.8	234.4	303.2	44.6	142.9	187.5	232.7	554.9	787.5
2.01 - 5.00	241.3	212.2	453.5	92.9	159.0	251.9	243.2	367.3	610.5	238.5	364.3	602.8	815.9	1102.8	1918.7
5.01 - 10.00	332.9	228.1	561.0	198.7	238.4	437.1	105.1	274.3	379.4	161.4	244.6	406.1	798.1	985.4	1783.6
10.01 - 15.00	41.9	10.8	52.7	82.5	92.6	175.1	74.4	33.8	108.2	106.3	44.6	151.0	305.1	181.8	487.0
15.01 - 20.00															
20.01 - 25.00															
25.01 - 30.00															
30.01 - 35.00															
35.01 - 40.00															
40.01 - 45.00															
45.01 - 50.00															
über 50.00															
Tot. [Pers.-mSv]	733.1	635.8	1368.9	471.5	620.1	1091.6	535.3	1071.5	1606.8	582.0	899.3	1481.3	2321.8	3226.7	5548.6
Höchste Einzeldosis [mSv]	14.7	10.8	14.7	14.7	10.8	14.7	14.6	12.2	14.6	13.5	12.2	13.5	14.7	12.2	14.7

Durch den Aufenthalt einer Person in verschiedenen Anlagen ergeben sich in dieser Aufarbeitung der Rohdaten insignifikante Abweichungen bei Quervergleichen und Aufsummierungen.

Tabelle 6b: Ganzkörperdosen durch äussere Bestrahlung 1995,
 Jahreskollektivdosen in Personen-mSv
 (E = Eigen-, F = Fremdpersonal)

Dosis- verteilung [mSv]	PSI	EPFL	LUCENS	UNI Basel	Total Forschung	Total KKW E+F	Total KKW & Forschung
0.00 - 1.00	201.0	0.5	0.9	1.7	203.2	571.8	775.0
1.01 - 2.00	68.9				68.9	787.5	856.4
2.01 - 5.00	150.4				150.4	1918.7	2069.1
5.01 - 10.00	85.9				85.9	1783.6	1869.5
10.01 - 15.00	32.1				32.1	487.0	519.1
15.01 - 20.00							
20.01 - 25.00							
25.01 - 30.00							
30.01 - 35.00							
35.01 - 40.00							
40.01 - 45.00							
45.01 - 50.00							
über 50.00							
Tot. [Pers.-mSv]	538.3	0.5	0.9	1.0	540.5	5548.6	6089.1
Höchste Einzeldosis [mSv]	11.1	0.3	0.9	1.0	11.1	14.7	14.7

Durch den Aufenthalt einer Person in verschiedenen Anlagen ergeben sich in dieser Aufarbeitung der Rohdaten insignifikante Abweichungen bei Quervergleichen und Aufsummierungen.

Tabelle 7: Ganzkörperdosen durch äussere Bestrahlung 1995, Anzahl Personen nach Alter und Geschlecht
 KKW-TOTAL UND FORSCHUNG, EIGEN- UND FREMDPERSONAL
 (M = Männer, F = Frauen)

Dosis- verteilung [mSv]	16-18 Jahre		19-20 Jahre		21-30 Jahre		31-40 Jahre		41-50 Jahre		51-60 Jahre		61-70 Jahre		Total
	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	
0.00 - 1.00	14		34	1	874	42	1085	42	1029	36	807	33	158	2	4157
1.01 - 2.00			2		142	4	197	1	146	1	88		9		590
2.01 - 5.00			6		146	1	196	1	184	2	73	2	10		621
5.01 - 10.00					64		97		70		37		4		272
10.01 - 15.00					4		15		14		11				44
15.01 - 20.00															
20.01 - 25.00															
25.01 - 30.00															
30.01 - 35.00															
35.01 - 40.00															
40.01 - 45.00															
45.01 - 50.00															
über 50.00															
Total Personen	14	0	42	1	1230	47	1590	44	1443	39	1016	35	181	2	5684
Mittel pro Person [mSv]	0.2	0.0	0.7	0.1	1.1	0.3	1.2	0.2	1.2	0.3	0.9	0.4	0.6	0.0	1.1
Kollektivdosis [Pers.-mSv]	2.5	0.0	28.5	0.1	1335.	15.9	1978.	9.2	1690.	12.7	902.7	12.9	100.6	0.0	6089.
					2		1		8						1

Durch den Aufenthalt in verschiedenen Anlagen ergeben sich in dieser Aufarbeitung der Rohdaten insignifikante Abweichungen bei Quervergleichen und Aufsummierungen.

Tabelle 8: Anzahl Personen des beruflich strahlenexponierten EIGEN- und FREMDPERSONALS, deren Haut- oder Extremitätendosen im Kalenderjahr 1995 in den aufgeführten Dosisverteilungen liegen

Dosis- verteilung [mSv]	KKB I+II			KKG			KKL			KKM			Total KKW			PSI	Summe
	E	F	E+F	E	F	E+F	E	F	E+F	E	F	E+F	E	F	E+F	E	KKW+PSI E+F
0 - 15	22	22	44	3	9	12	1	11	12	7	13	20	33	55	88	144	232
>15 - 30		1	1	1	3	4	1	5	6		2	2	2	11	13	6	19
> 30 - 75					2	2		1	1	1		1	1	3	4	5	9
> 75 - 100																1	1
> 100 - 150																	
> 150 - 200																	
> 200 - 250																	
> 250 - 300																	
> 300 - 350																	
> 350 - 400																	
> 400 - 450																	
> 450 - 500																	
> 500 - 550																	
> 550 - 600																	
> 600 - 650																	
> 650 - 700																	
über 700																	
Summe der Personen	22	23	45	4	14	18	2	17	19	8	15	23	36	69	105	156	261

Tabelle 9: Inkorporation, bzw. Folgedosis E_{50} des beruflich strahlenexponierten EIGEN- und FREMDPERSONALS im Kalenderjahr 1995

Folgedosis E_{50} Dosisverteilung [mSv]	KKB I+II			KKG			KKL			KKM			Total KKW			PSI	Summe KKW+PSI E+F
	E	F	E+F	E	F	E+F	E	F	E+F	E	F	E+F	E	F	E+F		
0.0 - 1.0	148	203	351	297	494	791	358	1147	1505	271	914	1185	1074	2758	3832	447	4279
>1.0 - 2.0							1		1				1		1		1
>2.0 - 5.0																	
>5.0 - 10.0																	
>10.0 - 15.0																	
>15.0 - 20.0																	
>20.0 - 25.0																	
>25.0 - 30.0																	
>30.0 - 35.0																	
>35.0 - 40.0																	
>40.0 - 45.0																	
>45.0 - 50.0																	
über 50.0																	
Summe der Personen	148	203	351	297	494	791	359	1147	1506	271	914	1185	1075	2758	3833	447	4280

Personen, bei welchen bei der Triagemessung die Triageschwelle nicht überschritten worden ist, werden in dieser Tabelle in der E_{50} Dosisverteilung zwischen 0 - 1.0 mSv aufgeführt.

Tabelle 10a: Anzahl Personen (Eigenpersonal) *, deren akkumulierte Gesamtdosen (Lebensalterdosen) infolge beruflicher Tätigkeit Ende 1995 in den folgenden Dosisbereichen liegen: KKW und PSI, Dosen über 200 mSv

Dosisverteilung [mSv]	KKB I + II	KKG	KKL	KKM	KKW Total	PSI	KKW + PSI
200.01 - 250.00	31	5		15	51	5	56
250.01 - 300.00	20		1	8	29	1	30
300.01 - 350.00	16	1		3	20	1	21
350.01 - 400.00	7			4	11		11
400.01 - 450.00	8			3	11		11
450.01 - 500.00	4			7	11		11
500.01 - 550.00	3				3		3
550.01 - 600.00	1				1		1
über 600.00	1				1		1
Total Personen	91	6	1	30	138	7	145

*) Inklusive Personen, die während des Kalenderjahres ausgetreten sind.

Tabelle 10b: Anzahl Personen (Eigenpersonal)*, deren akkumulierte Gesamtdosen (Lebensalterdosen) infolge beruflicher Tätigkeit Ende 1995 in den folgenden Dosis- und Altersbereichen liegen.
KKW und PSI ; Dosen über 200 mSv .

Dosisverteilung [mSv]	21 - 30 Jahre	31 - 40 Jahre	41 - 50 Jahre	51 - 60 Jahre	61 - 70 Jahre	>70 Jahre	Total
200.01 - 250.00		2	14	32	8		56
250.01 - 300.00			13	13	4		30
300.01 - 350.00		1	6	13	1		21
350.01 - 400.00				9	2		11
400.01 - 450.00			4	4	3		11
450.01 - 500.00			5	6			11
500.01 - 550.00			2	1			3
550.01 - 600.00				1			1
über 600.00				1			1
Total Personen		3	44	44	18		145

*) Inklusive Personen, die während des Kalenderjahres ausgetreten sind.

Tabelle 11: Radioaktive Abfälle in den Kernkraftwerken und aus PSI (hier inklusive Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung)
(Volumen in m³)

	unkonditioniert		konditioniert ¹	
	Anfall ²	Bestand ³	Produktion ²	Bestand ³
PSI	125	190	33	700
KKB	170	140	34	867
KKM	130	665	36	202
KKG	61	105	26	194
KKL	240	350	89	1005
Total	726	1450	218	2968

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

² Volumen im Berichtsjahr 1995

³ Volumen in den Lagern der Kernanlagen Ende 1995

Tabelle 12: Liste der schweizerischen Richtlinien und Empfehlungen

Richtlinie	Titel der Richtlinie	Datum der gültigen Ausgabe
HSK-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	Richtlinien für den überwachten Bereich der Kernanlagen und des Paul Scherrer Institutes	Juni 1995
R-08/d	Sicherheit der Bauwerke für Kernanlagen, Prüfverfahren des Bundes für die Bauausführung	Mai 1976
R-11/d	Ziele für den Schutz von Personen vor ionisierender Strahlung im Bereich von Kernkraftwerken	Mai 1980
R-12/d	Erfassung der Dosen des beruflich strahlenexponierten Personals von Kernanlagen	Dezember 1979
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	Richtlinie zur Berichterstattung über den Betrieb von Kernkraftwerken	März 1994
R-16/d	Seismische Anlageninstrumentierung	Februar 1980
R-17/d	Organisation und Personal von Kernkraftwerken	August 1986
R-19/d	Planung und Ausführung der Sirennetze in der Zone 2 für das Alarmsystem in der Umgebung der Kernkraftwerke	Oktober 1979
R-19/f	La planification et la réalisation du réseau des sirènes dans la zone 2 pour le système d'alarme aux environs des centrales nucléaires	Oktober 1979
R-20/d	Technische Richtlinien für die Alarmsirenen des Alarmsystems in der Umgebung der Kernkraftwerke	Oktober 1979
R-21/d	Schutzziele für die Endlagerung radioaktiver Abfälle	November 1993
R-21/e	Protection Objectives for the Disposal of Radioactive Waste	November 1993
R-21/f	Objectifs de protection pour le stockage final des déchets radioactifs	November 1993
R-23/d	Revisionen, Prüfungen, Ersatz, Reparaturen und Änderungen an elektrischen Ausrüstungen in Kernanlagen	Dezember 1993

Richtlinie	Titel der Richtlinie	Datum der gültigen Ausgabe
HSK-R-25/d	Berichterstattung der Kernanlagen des Bundes, der Kantone, des PSI sowie des stillgelegten Versuchsatomkraftwerks Lucens	Mai 1990
R-25/f	Notification relative aux installations nucléaires de la Confédération et des Cantons, à l'Institut Paul Scherrer ainsi qu'à la centrale nucléaire expérimentale désaffectée de Lucens.	April 1989
R-27/d	Auswahl, Ausbildung und Prüfung des lizenzpflichtigen Betriebspersonals von Kernkraftwerken	Mai 1992
R-30/d	Aufsichtsverfahren beim Bau und Betrieb von Kernanlagen	Juli 1992
R-31/d	Aufsichtsverfahren beim Bau von Kernkraftwerken, E1 klassierte elektrische Ausrüstungen	Januar 1994
R-32/d	Richtlinie für die meteorologischen Messungen an Standorten von Kernanlagen	September 1993
R-35/d	Aufsichtsverfahren beim Bau von Kernkraftwerken, Systemtechnik	Dezember 1993
R-37/d	Anerkennung von Kursen für Strahlenschutz-Kontrolleure und -Chefkontrolleure; Prüfungsordnung	Mai 1990
R-38/d	Interpretation des Begriffs "abgeleiteter Richtwert für Oberflächenkontamination"	Juli 1987
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-42/d	Zuständigkeiten für die Entscheide über besondere Massnahmen bei einem schweren Unfall in einer Kernanlage	Februar 1993
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
R-100/d	Anlagezustände eines Kernkraftwerks	Juni 1987
R-101/d	Auslegungskriterien für Sicherheitssysteme von Kernkraftwerken mit Leichtwasser-Reaktoren	Mai 1987
R-101/e	Design Criteria for Safety Systems of Nuclear Power Plants with Light Water Reactors	Mai 1987
R-102/d	Auslegungskriterien für den Schutz von sicherheitsrelevanten Ausrüstungen in Kernkraftwerken gegen die Folgen von Flugzeugabsturz	Dezember 1986
R-102/e	Design Criteria for the Protection of Safety Equipment in NPP against the Consequences of Airplane Crash	Dezember 1986
R-103/d	Anlageinterne Massnahmen gegen die Folgen schwerer Unfälle	November 1989

Empfehlung	Titel der Empfehlung	Datum der gültigen Ausgabe
HSK-E-03/d	Empfehlungen für die Planung und Durchführung von Notfallübungen in den schweizerischen Kernkraftwerken	Mai 1990
E-03/e	Recommendations for the Planning and Execution of Emergency Exercises in Swiss Nuclear Power Plants	Oktober 1991
E-04/d	Steuerstellen und Notfallräume von Kernkraftwerken: Anforderungen betreffend Ausführung und Ausrüstung für Accident Management	Dezember 1989

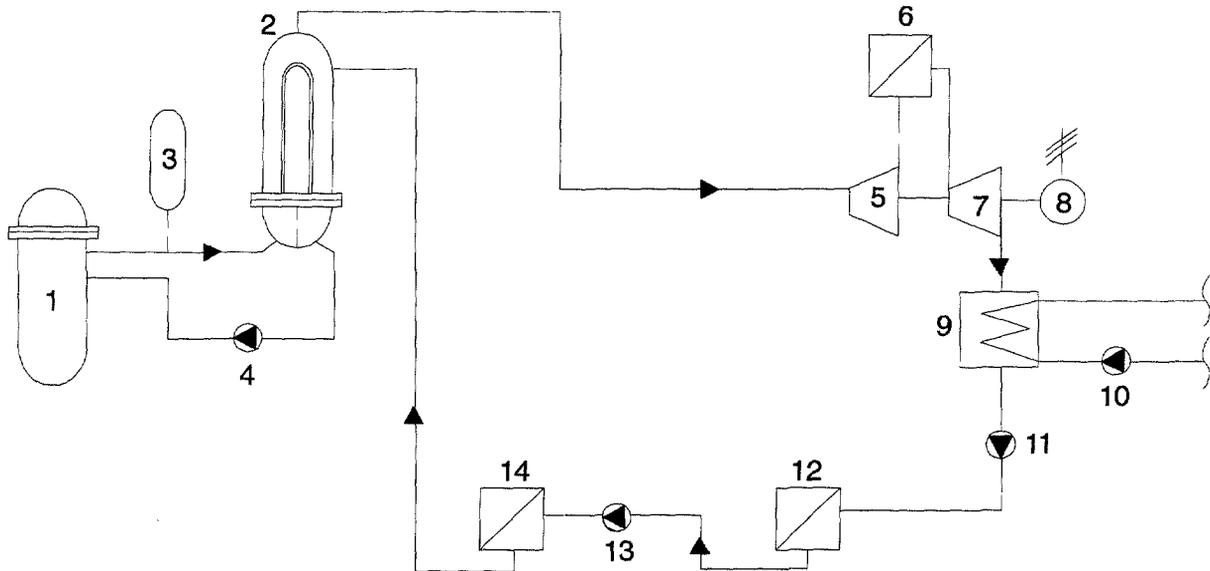
Tabelle 13: Internationale Störfall-Bewertungsskala für Kernanlagen (INES)

Eine neu entwickelte internationale Skala für den Schweregrad von Störfällen in Kernanlagen, die seit Anfang 1990 auf internationaler Ebene in Probeanwendung ist, unterscheidet die folgenden sieben Stufen von Ereignissen nach ihrer Sicherheitsbedeutung:

Stufe	Bezeichnung	Kriterien	Beispiele
7	Schwerwiegender Unfall	<p>Freisetzung eines grossen Teiles des Kerninventars in die Umgebung in Form einer Mischung kurz- und langlebiger Aktivstoffe (mehr als 10'000 TBq Jod-131-Äquivalent)</p> <p>Akute Gesundheitsschäden möglich.</p> <p>Späte Gesundheitsschäden über grosse Gebiete, wahrscheinlich über die Landesgrenze hinaus.</p> <p>Langfristige Beeinträchtigung der Umwelt.</p>	Tschernobyl UdSSR, 1986
6	Ernsthafter Unfall	<p>Freisetzung von Spaltprodukten in die Umgebung (1'000 bis 10'000 TBq Jod-131-Äquivalent).</p> <p>Voller Einsatz lokaler Notfallschutzmassnahmen höchstwahrscheinlich notwendig, um Gesundheitsschäden in der Bevölkerung zu begrenzen.</p>	
5	Unfall mit Gefährdung der Umgebung	<p>Freisetzung von Spaltprodukten in die Umgebung (100 bis 1'000 TBq Jod-131-Äquivalent).</p> <p>Teilweiser Einsatz von Notfallschutzmassnahmen in einigen Fällen notwendig, um die Wahrscheinlichkeit von Gesundheitsschäden zu verringern.</p> <p>Schwere Kernschäden mit Freisetzung einer grossen Menge Radioaktivität innerhalb der Anlage.</p>	<p>Windscale, England, 1957</p> <p>Three Mile Island, USA, 1979</p>
4	Unfall ohne signifikante Gefährdung der Umgebung	<p>Freisetzung von radioaktiven Stoffen, die für die meist-exponierte Person ausserhalb der Anlage eine Dosis von wenigen Millisievert ergibt. Notfallschutzmassnahmen im allgemeinen nicht notwendig, ausser möglicherweise lokale Lebensmittelkontrollen.</p> <p>Teilweise Beschädigung des Reaktorkerns wegen mechanischer Einwirkungen und/oder Schmelzen.</p> <p>Bestrahlung von Personal derart, dass ein akuter Todesfall wahrscheinlich ist.</p>	Saint Laurent, Frankreich, 1980

Stufe	Bezeichnung	Kriterien	Beispiele
3	Ernsthafter Zwischenfall	<p>Freisetzung radioaktiver Stoffe über bewilligten Grenzwerten, die zu einer Dosis in der Grössenordnung von einigen Zehntel Millisievert für die meist-exponierte Person führen kann.</p> <p>Bestrahlung von Personal derart, dass eine akute Strahlenerkrankung zu erwarten ist. Schwerwiegende Kontamination in der Anlage.</p> <p>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 Ereignisse eintreten würden.</p>	Vandellos, Spanien 1989
2	Zwischenfall	<p>Ereignisse mit wesentlichem Versagen von Sicherheitseinrichtungen, aber mit ausreichender Sicherheitsvorsorge, um auch mit zusätzlichen Fehlern fertig zu werden.</p> <p>Ereignis mit Bestrahlung von Personal höher als die jährliche Dosislimite.</p> <p>Signifikante Verbreitung von Radioaktivität innerhalb der Anlage, welche auslegungsgemäss nicht zu erwarten war.</p>	Sosnowy Bor (Russland) 1992
1	Anomalie	Anomalie ausserhalb der vorgeschriebenen Betriebsbedingungen. Sie kann auf Versagen von Ausrüstungen, menschliche Fehlhandlungen oder Verfahrensmängel zurückzuführen sein.	
0	Nicht sicherheits-signifikante Ereignisse	<p>Hierher gehören Ereignisse ohne Überschreitung von betrieblichen Grenzwerten und Bedingungen, welche mit geeigneten Verfahren beherrscht werden. Beispiele:</p> <p>Einzelfehler in einem redundanten System. Einzeler Bedienungsfehler mit Konsequenzen wie ein Einzelfehler. Bei periodischen Inspektionen oder Prüfungen festgestellte Funktionsstörung (kein Mehrfachversagen). Automatische Reaktorabschaltung mit normalem Anlageverhalten.</p> <p>Erreichen von limitierenden Betriebsbedingungen, mit Befolgung der zutreffenden Vorschriften.</p>	

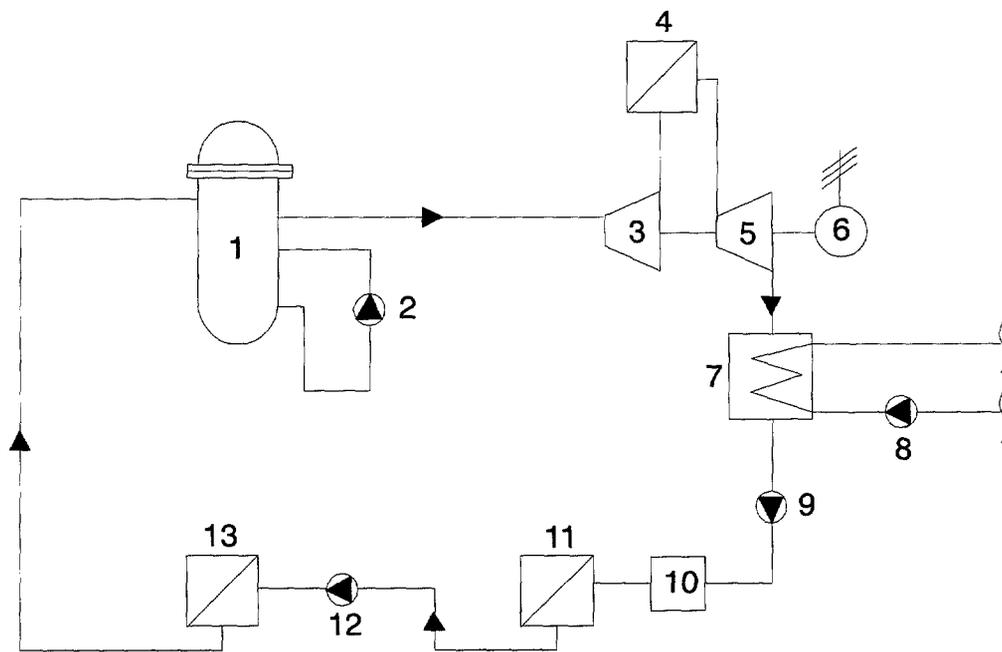
Figur 1a: Funktionsschema eines Druckwasserreaktors



Legende

- | | | | |
|---|--------------------------------------------|----|--------------------------------------------|
| 1 | Reaktor | 8 | Generator |
| 2 | Dampferzeuger | 9 | Kondensator |
| 3 | Druckhalter | 10 | Kühlwasserpumpe von Fluss
oder Kühlturm |
| 4 | Hauptkühlmittelpumpe | 11 | Kondensatpumpe |
| 5 | Hochdruckturbine | 12 | Niederdruck-Vorwärmer |
| 6 | Wasserabscheider und
Zwischenüberhitzer | 13 | Speisewasserpumpe |
| 7 | Niederdruckturbine | 14 | Hochdruckvorwärmer |

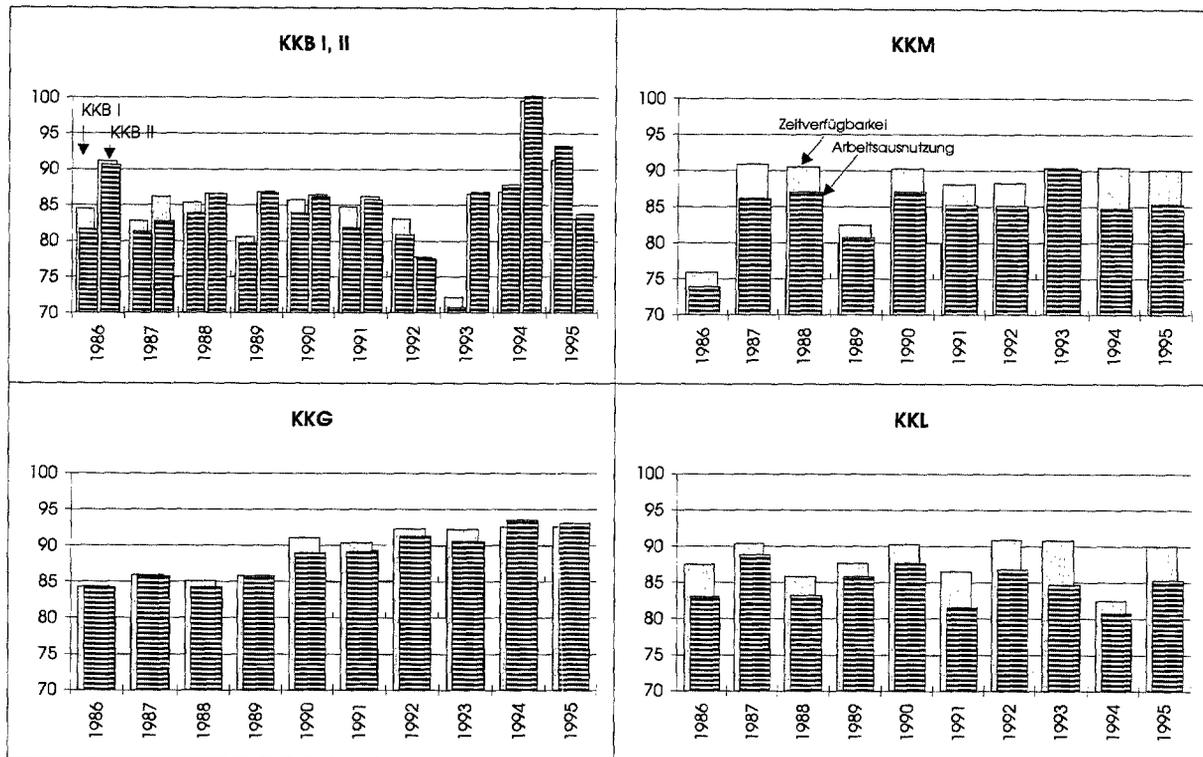
Figur1b: Funktionsschema eines Siedewasserreaktors



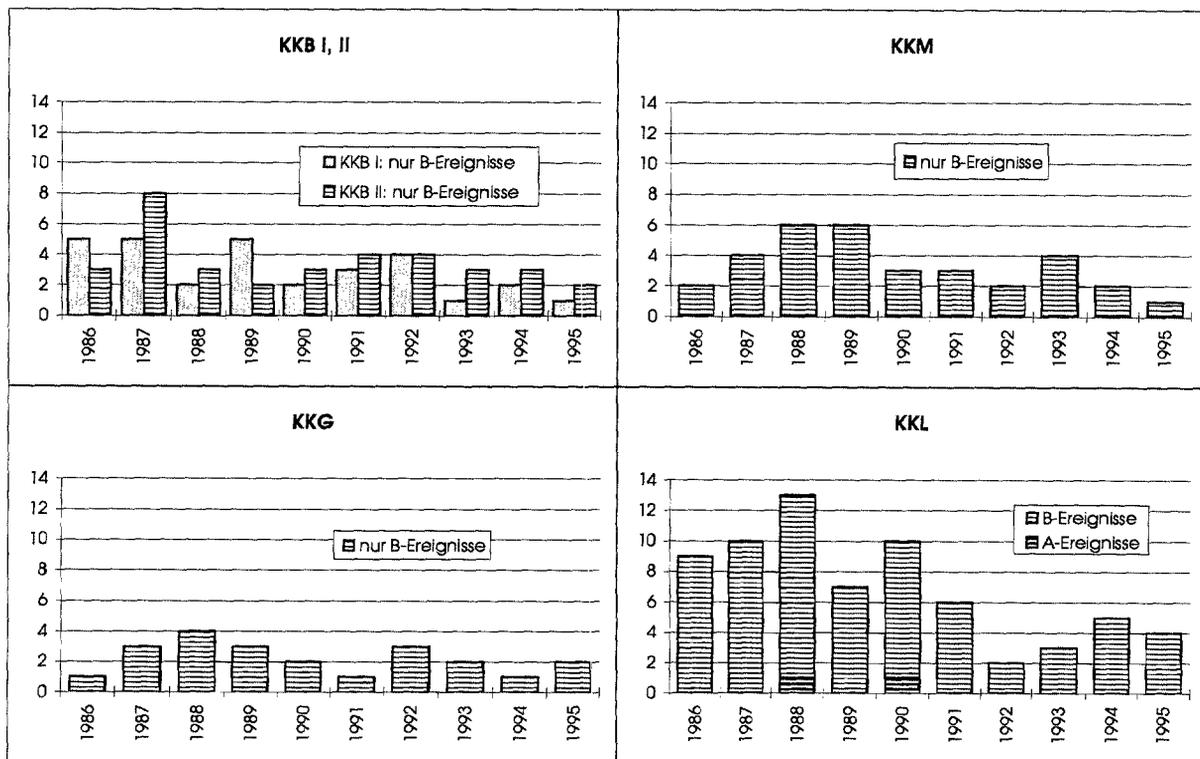
Legende

- | | | | |
|---|--------------------------------------------|----|--------------------------------------------|
| 1 | Reaktor | 8 | Kühlwasserpumpe von Fluss
oder Kühlturm |
| 2 | Umwälzpumpe | 9 | Kondensatpumpe |
| 3 | Hochdruckturbine | 10 | Kondensat-Reinigung |
| 4 | Wasserabscheider und
Zwischenüberhitzer | 11 | Niederdruck-Vorwärmer |
| 5 | Niederdruckturbine | 12 | Speisewasserpumpe |
| 6 | Generator | 13 | Hochdruck-Vorwärmer |
| 7 | Kondensator | | |

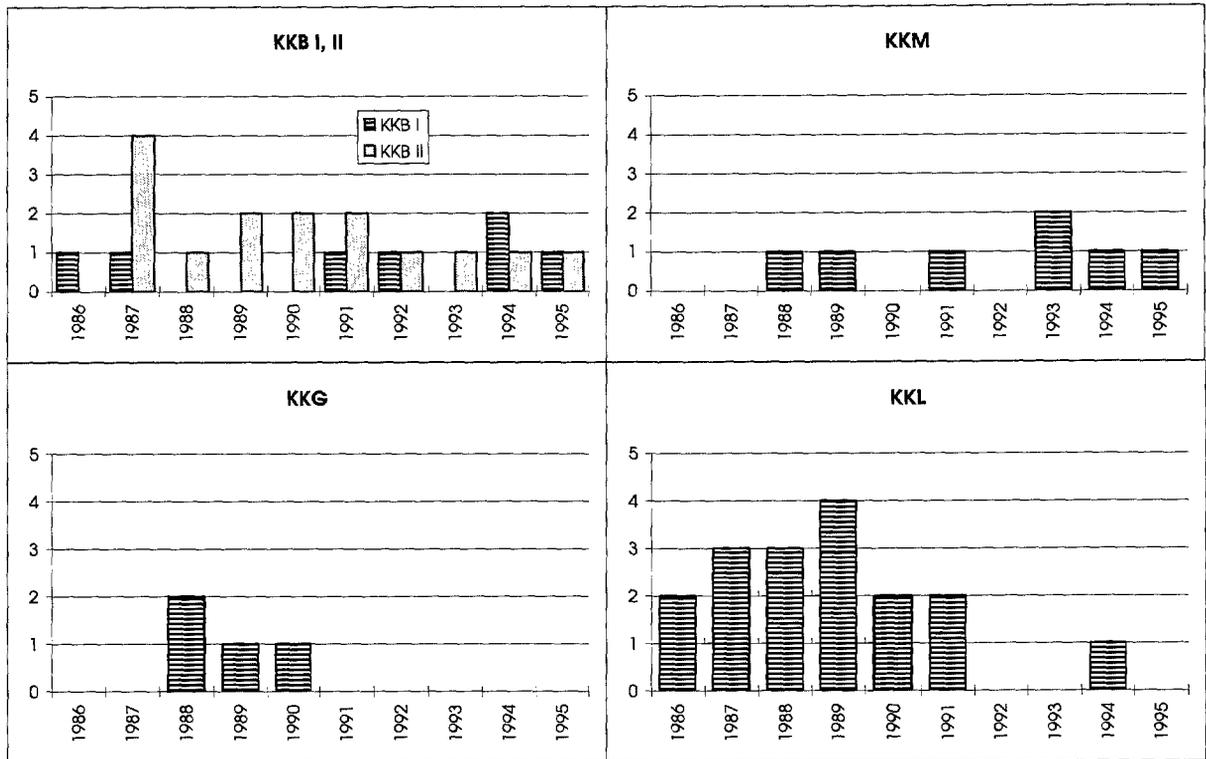
Figur 2: Zeitverfügbarkeit und Arbeitsausnutzung 1986 - 1995 (Angaben in %)



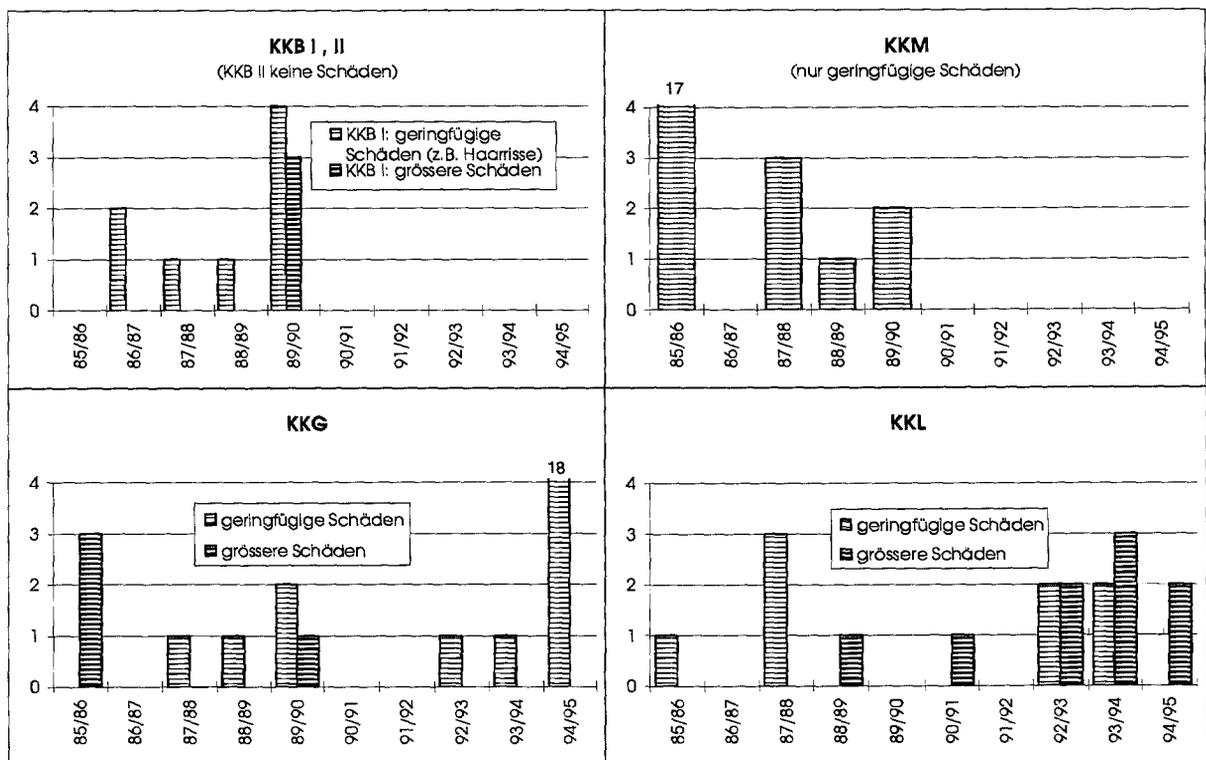
Figur 3: Meldepflichtige, klassierte Ereignisse 1986 - 1995



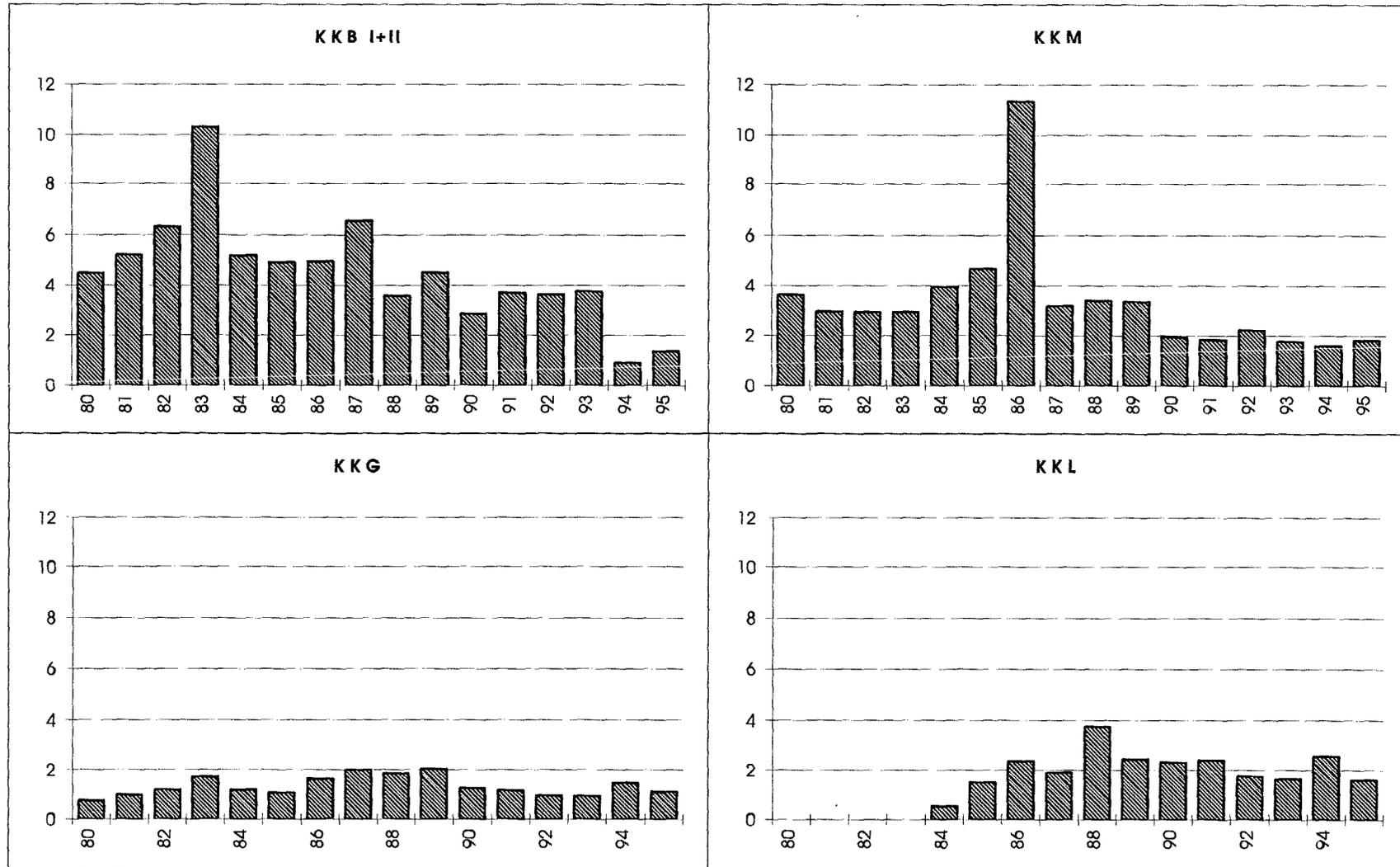
Figur 4: Ungeplante Reaktorschnellabschaltungen (Scrams) 1986 - 1995



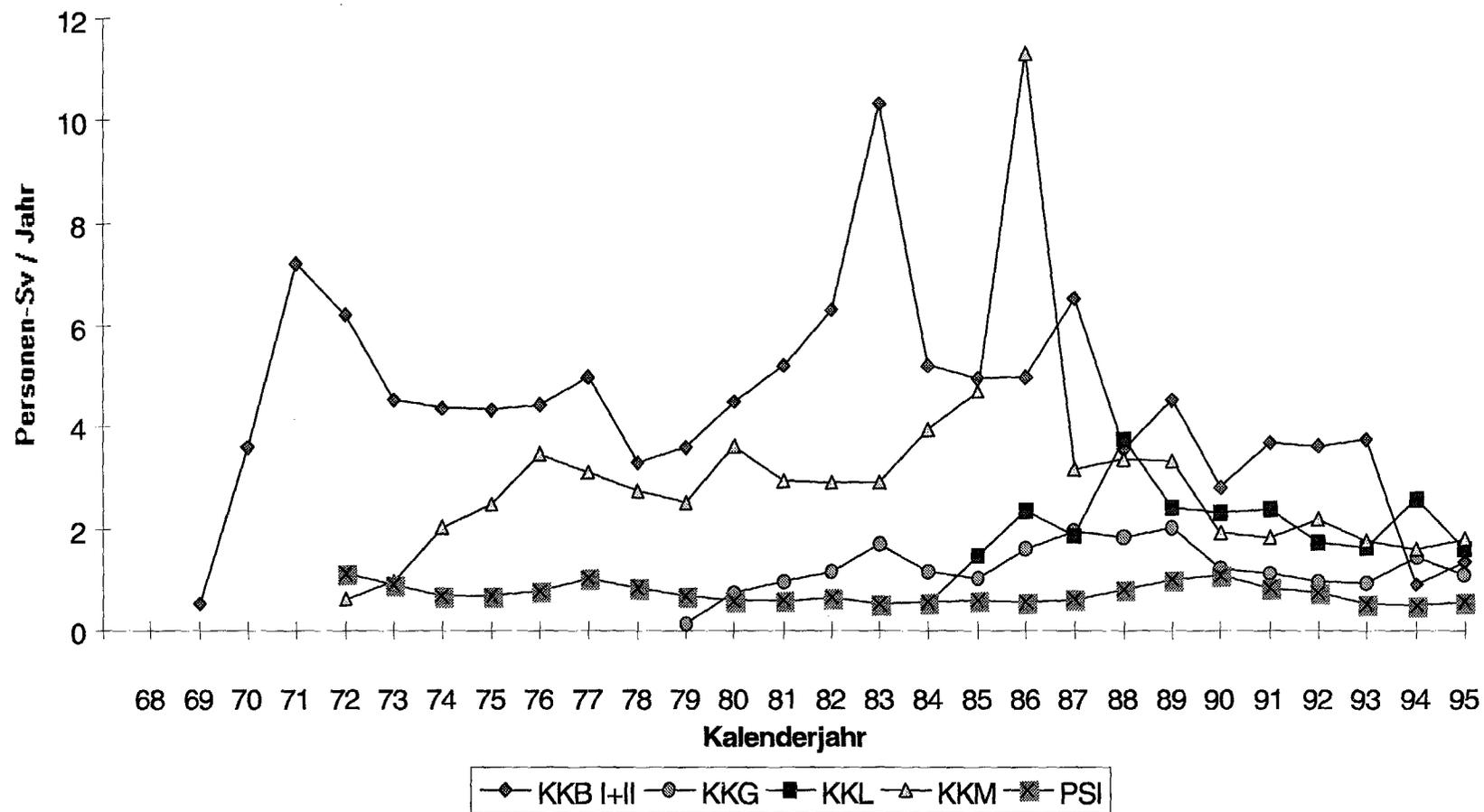
Figur 5: Brennstabschäden (Anzahl Stäbe) 1985 - 1995



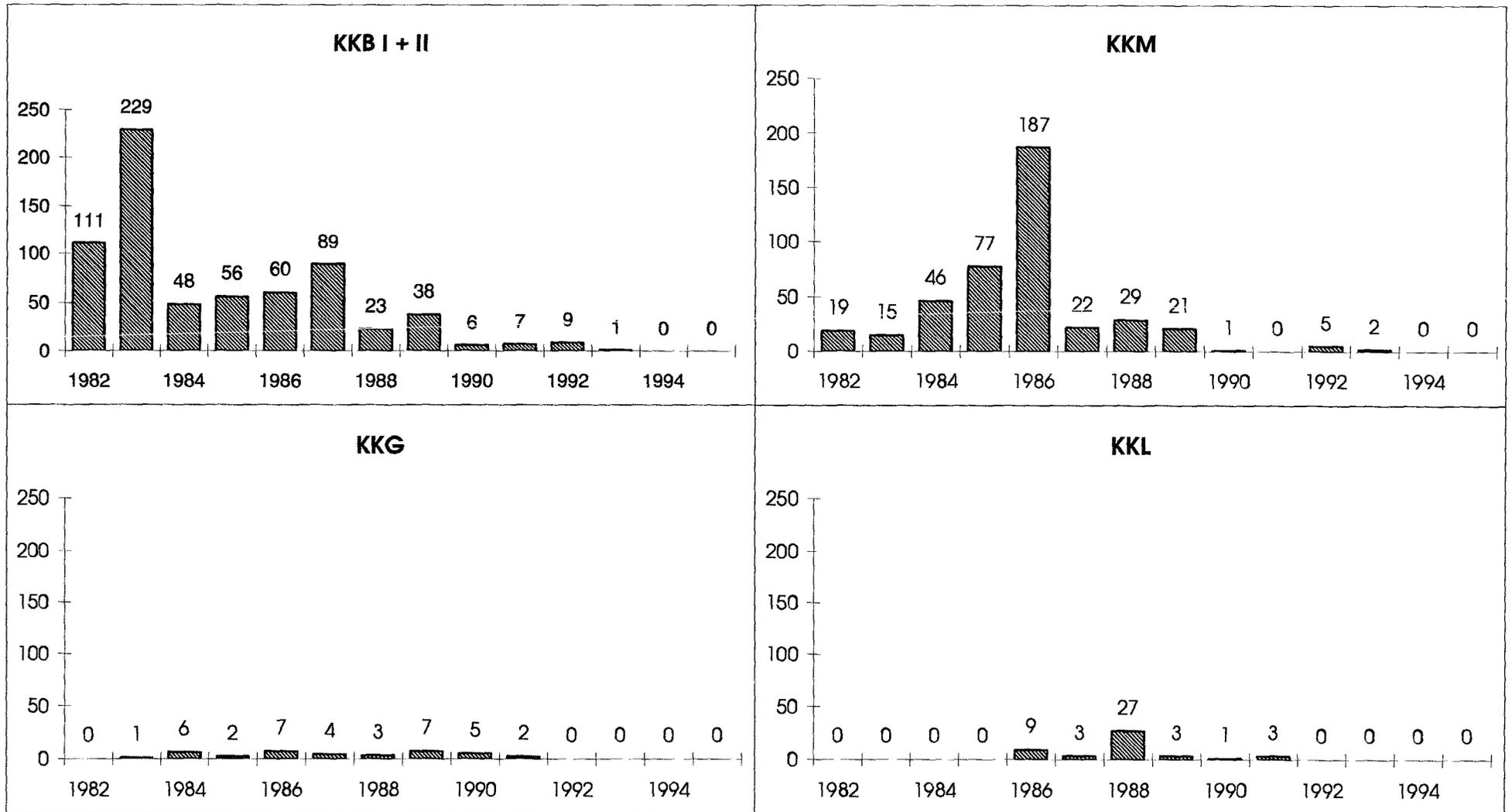
Figur 6: Jahreskollektivdosen (Personen-Sv/Jahr) der Kernkraftwerke 1980 bis 1995



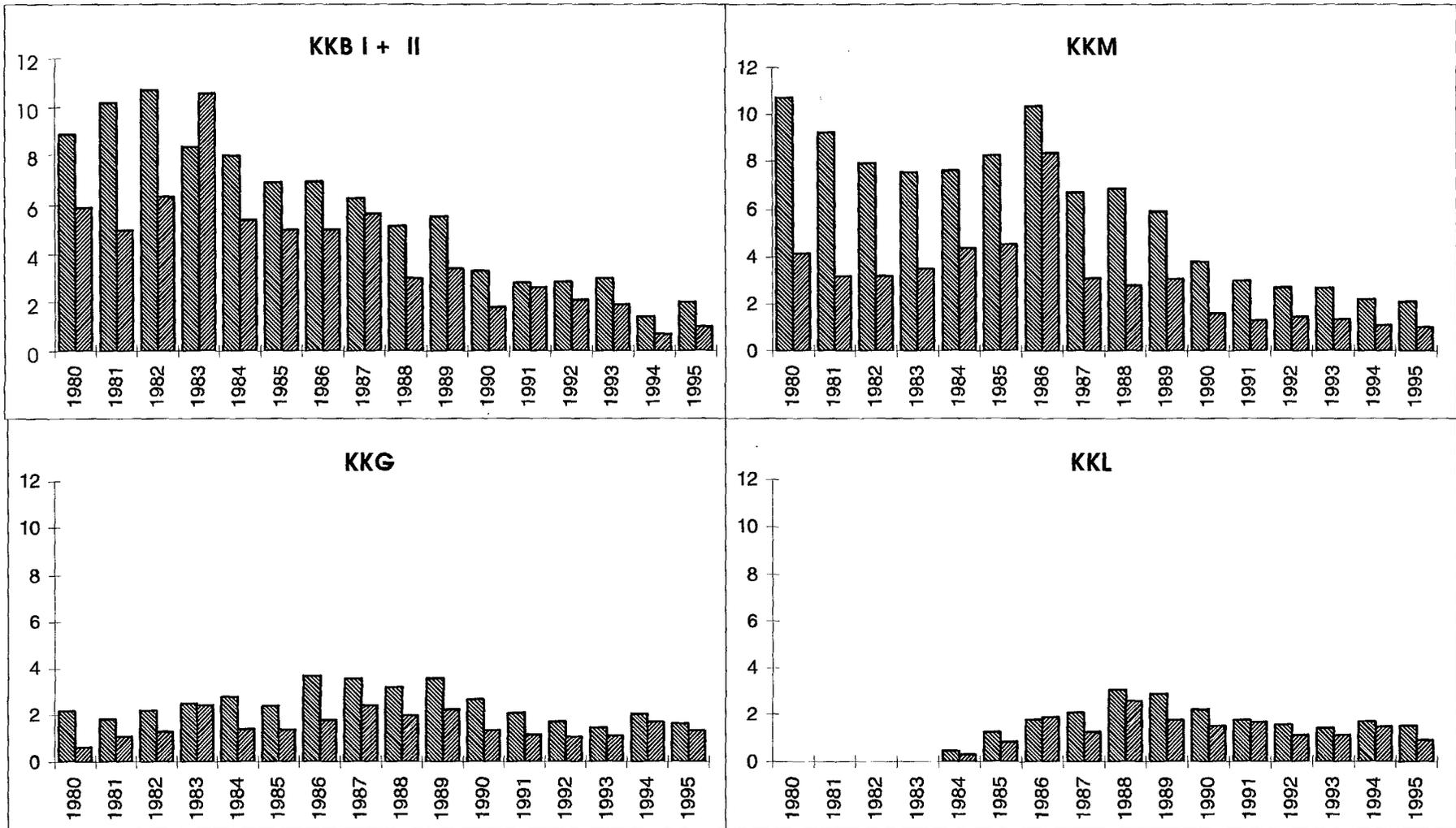
**Figur 7: Jahreskollektivdosen der Kernanlagen in der Schweiz
1969 bis 1995 in Personen-Sv/Jahr (Eigen- und Fremdpersonal)**



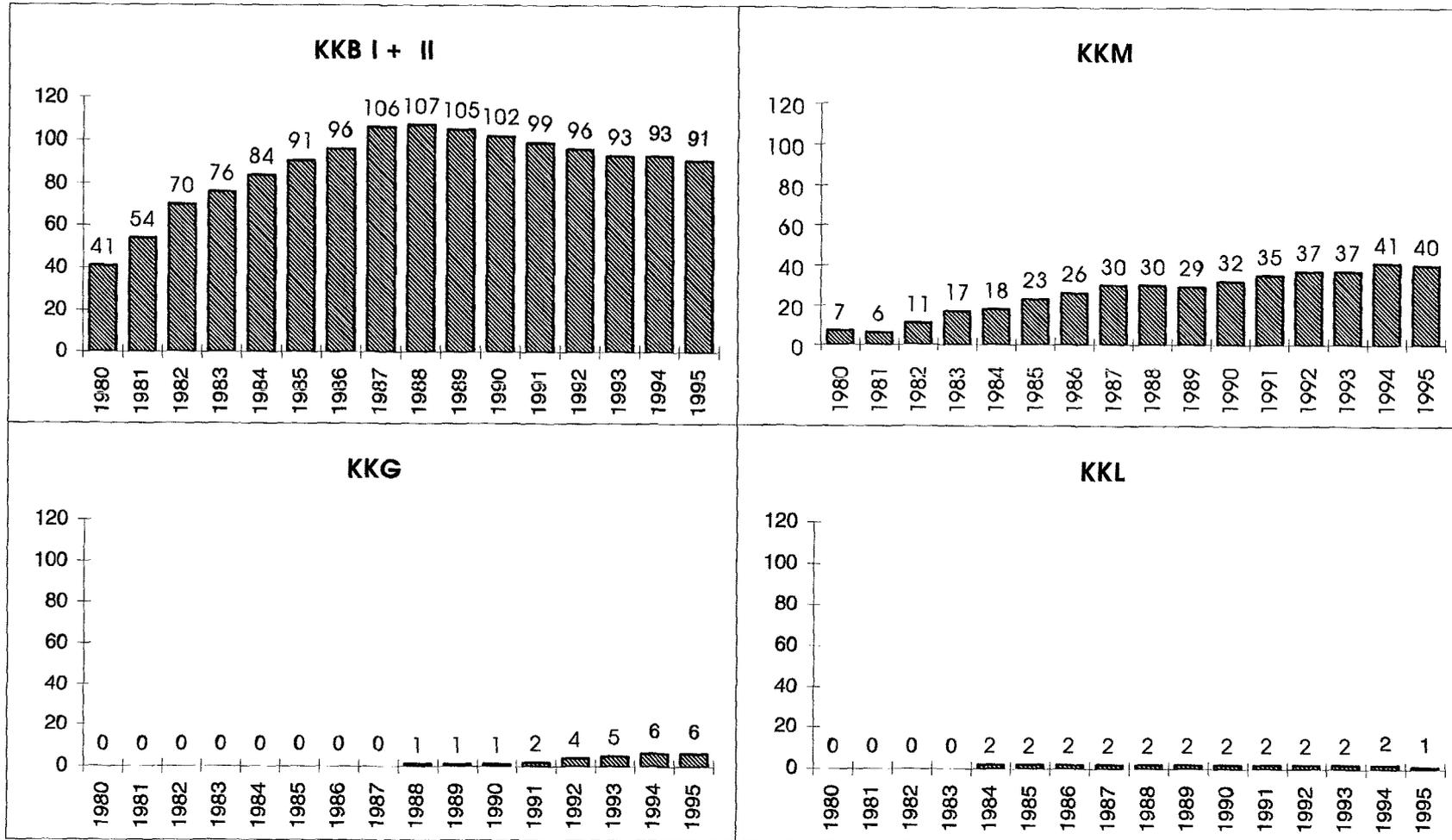
Figur 8: Anzahl Personen mit einer individuellen Jahresganzkörperdosis über 20 mSv in den Kernkraftwerken 1982 bis 1995



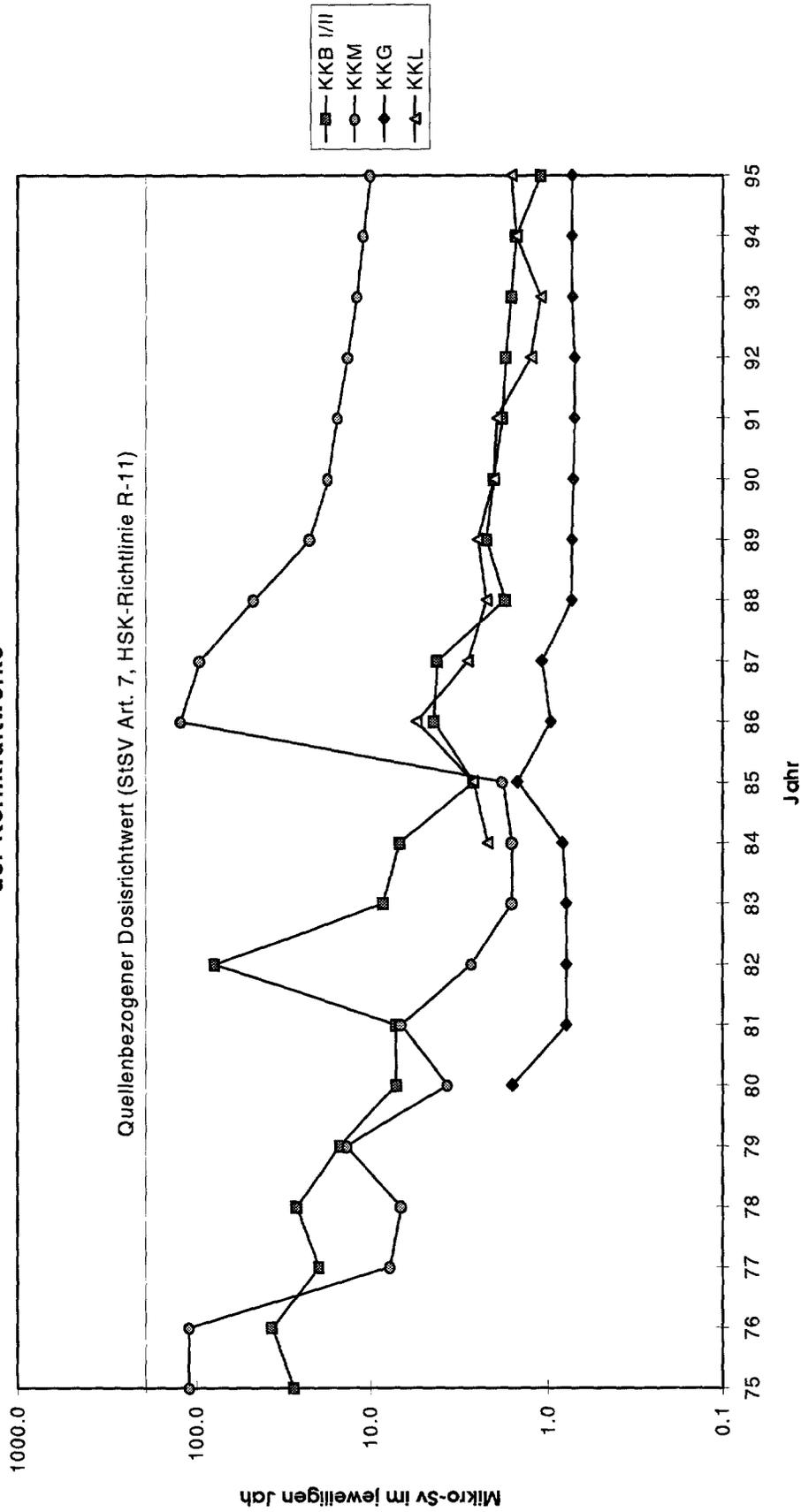
Figur 9: Mittlere Jahresindividualdosis (mSv) des Eigen- und Fremdpersonals der Kernkraftwerke 1980 bis 1995
 Linke Spalte - Eigenpersonal Rechte Spalte - Fremdpersonal



Figur 10: Anzahl Personen des Eigenpersonals der Kernkraftwerke, die am Ende des Kalenderjahres Gesamtdosen (Lebensaltdosen) über 200 mSv akkumuliert haben; 1980 bis 1995



Figur 11: Errechnete Dosis für die meistbetroffene Person¹⁾ (Erwachsener) in der Umgebung der Kernkraftwerke



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

Verzeichnis der Abkürzungen

ANPA	System zur automatischen Übertragung der Anlageparameter der KKW zur HSK
ATWS	Anticipated Transient Without Scram
BAG	Bundesamt für Gesundheitswesen
BEW	Bundesamt für Energiewirtschaft
BIGA	Bundesamt für Industrie, Gewerbe und Arbeit
BIOMOVs	Biospheric Model Validation Study
BKW	BKW Energie AG
BNFL	British Nuclear Fuels Ltd
Bq	Bequerel = Strahlenaktivität ($1 \text{ Bq} = 2,7 \cdot 10^{-11} \text{ Ci}$)
BWR	Boiling Water Reactor
BZL	Bundeszwischenlager
BZS	Bundesamt für Zivilschutz
COGEMA	Compagnie Générale des Matières Nucléaires, La Hague
CVRS	Cement Volume Reduction Solidification
DE	Dampferzeuger
DSK	Deutsch-Schweizerische Kommission für die Sicherheit kerntechnischer Anlagen
DWR	Druckwasserreaktor
EAWAG	Eidg. Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (Dübendorf)
ELFB	Endlagerfähigkeitsbescheinigung
ENRESA	Empresor Nacional de Residuos Restirectivos (Spanien)
EPFL	Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne
ETHZ	Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
EU	Europäische Union
GE	General Electric
GNW	Genossenschaft für Nukleare Entsorgung Wellenberg
GWh	Gigawattstunden = 10^9 Wattstunden
HAA	Hochaktive Abfälle
HRA	Human Reliability Analysis
HSK	Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen, Würenlingen
IAEA	International Atomic Energy Agency (Internat. Atomenergieagentur)
INES	International Nuclear Event Scale
IRA	Institut de radiophysique appliquée, Lausanne
JAL	Jahresabgabelimite
KAKO	Kaltkondensatbehälter
KAL	Kurzzeit-Abgabelimite
KKB	Kernkraftwerk Beznau
KKG	Kernkraftwerk Gösgen
KKL	Kernkraftwerk Leibstadt
KKM	Kernkraftwerk Mühleberg
KKW	Kernkraftwerk
KNE	Kommission Nukleare Entsorgung
KOMAC	Eidg. Kommission für AC-Schutz
Kr	Krypton
KSA	Eidg. Kommission für die Sicherheit von Kernanlagen
KUeR	Eidg. Kommission zur Überwachung der Radioaktivität
LMA	Langlebige mittelaktive Abfälle
LWR	Leichtwasserreaktor
MAA	Mittelaktive Abfälle
MADUK	Messnetz zur autom. Dosisleistungsüberwachung in der Umgebung der KKW
MGy	Mega-Gray = 10^6 Gray ($1 \text{ Gray} = 100 \text{ rad}$)
MMI	Man Machine Interaction
MOX	Mischoxid (Uran-Plutonium)
mSv	Milli-Sievert = 10^{-3} Sievert
MW	Megawatt = 10^6 Watt, Leistungseinheit
MWe	Megawatt elektrische Leistung
MWth	Megawatt thermische Leistung
μSv	Mikro-Sievert = 10^{-6} Sievert
NADAM	Netz für automatischen Dosis-Alarm und Messung
Nagra	Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle

NANO	Notstandsystem und verbesserte Stromversorgung, KKB
NAZ	Nationale Alarmzentrale
NFO	Notfallorganisation
NOK	Nordostschweizerische Kraftwerke AG
NRC	Nuclear Regulatory Commission (USA)
OECD	Organisation of Economic Cooperation and Development
OSART	Operational Safety Review Team (IAEA)
Personen-Sv	Personen-Sievert = Kollektivstrahlendosis (1 Personen-Sv = 100 Personen-rem)
Personen-mSv	Personen-Millisievert = 10^{-3} Personen-Sievert
PSA	Probabilistische Sicherheitsanalyse
PSI	Paul Scherrer Institut, Würenlingen und Villigen
PTS	Pressurized Thermal Shock
PWR	Pressurized Water Reactor
QS	Qualitätssicherung
REFUNA	Regionale Fernwärmeversorgung unteres Aaretal
RDB	Reaktordruckbehälter
RIA	Reactivity Initiated Accident
SAA	Schwachaktive Abfälle
SMA	Schwach- und mittelaktive Abfälle
SRM	Source Range Monitor
StSG	Strahlenschutzgesetz
StSV	Strahlenschutzverordnung
SUSAN	Spezielles unabhängiges System zur Abfuhr der Nachzerfallswärme (KKM)
Sv	Sievert = Strahlendosisäquivalent (1 Sv = 100 rem)
SVP	Strömungsverteilplatte (im Dampferzeuger)
SWR	Siedewasserreaktor
TBq	Terabequerel ($1\text{TBq} = 10^{+12}\text{ Bq}$)
TLD	Thermolumineszenz-Dosimeter
THORP	Thermal Oxyde Reprocessing Plant
VAKL	Versuchsatomkraftwerk Lucens
VVA	Versuchsverbrennungsanlage (PSI)
Xe	Xenon
ZWIBEZ	Zwischenlager für radioaktive Abfälle im KKB
ZWILAG	Zwischenlager Würenlingen AG
ZZL	Zentrales Zwischenlager Würenlingen