



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI
Inspection fédérale de la sécurité nucléaire IFSN
Ispettorato federale della sicurezza nucleare IFSN
Swiss Federal Nuclear Safety Inspectorate ENSI



Strahlenschutzbericht 2008

Strahlenschutzbericht 2008

Rapport sur la radioprotection 2008

Radiological Protection Report 2008

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	4
Préface	5
Preface	6
A: STRAHLENSCHUTZ IN DEN KERNANLAGEN	
1. Kernkraftwerke	7
1.1 Kernkraftwerk Beznau (KKB)	7
1.2 Kernkraftwerk Gösgen (KKG)	9
1.3 Kernkraftwerk Leibstadt (KKL)	10
1.4 Kernkraftwerk Mühleberg (KKM)	11
2. Weitere Kernanlagen	13
2.1 Paul Scherrer Institut (PSI)	13
2.2 Zentrales Zwischenlager Würenlingen (ZZL)	13
2.3 Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL)	14
2.4 Universität Basel	14
3. Grafische Darstellungen	15
4. Dosimetrie	18
4.1 Einleitung	18
4.2 Personendosimetrie	18
4.3 Jobdosimetrie	37
4.4 Bewertung der Strahlenexposition in den Kernanlagen	47
4.5 Erwartete Entwicklung der Exposition	47

B: UMWELTRADIOAKTIVITÄT BEI KERNANLAGEN, ÜBERWACHUNG

1. Überwachung der Kernanlagen: Emissionen und Immissionen	49
1.1 Emissionen aus den Kernanlagen	50
1.2 Ortsdosis und Ortsdosisleistung in der Umgebung der Kernanlagen	60
2. Messnetz zur automatischen Dosisleistungsüberwachung in der Umgebung der Kernkraftwerke (MADUK)	61
2.1 Übersicht	61
2.2 Systeminstandhaltung und -ergänzung	61
2.3 Systemverfügbarkeit und Störungen	64
2.4 Qualitätssicherung	65
2.5 Messergebnisse	65
3. Atmosphärische Ausbreitung	70
3.1 Modellberechnungen im Ereignisfall	70
3.2 Projekt CN-MET	70
3.3 Atmosphärisches Ausbreitungsmodell ADPIC/WINDBANK	71
4. Aeroradiometrische Messungen	77
4.1 Einleitung	77
4.2 Messungen und Messresultate 2008	77
4.3 Literatur	81



Die vier jährlich erscheinenden Berichte des ENSI.

Vorwort



Von Dr. rer. nat. Georges Piller, Chef der Abteilung Strahlenschutz, Notfallplanung und Organisation

2008 war für die Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK) ein ganz spezielles Jahr, nämlich das letzte. Am 1. Januar 2009 ging die HSK in das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI) über. Nähere Informationen zu diesem Übergang sind im Aufsichtsbericht 2008 des ENSI zu finden. Zur Vereinfachung der Lektüre wird im vorliegenden Strahlenschutzbericht durchgehend die neue Bezeichnung ENSI verwendet.

Das ENSI ist zuständig für den Personen- und Umgebungsschutz von Kernanlagen. Es überwacht die ionisierende Strahlung und die Radioaktivität in der Umgebung der Kernanlagen und des Paul Scherrer Instituts. Es sorgt für die Erstellung von Prognosen betreffend Entwicklung eines Störfalls, mögliche Ausbreitung der Radioaktivität in der Umgebung und deren Konsequenzen. Es beurteilt die Zweckmässigkeit der vom Betreiber der Kernanlage getroffenen Massnahmen. Der vorliegende Bericht ist der fünfte zusammenfassende Jahresbericht über den Strahlenschutz im Aufsichtsbericht des ENSI.

Teil A behandelt die Strahlendosen des Personals und die Jobdosen. Die Kollektivdosen und die mittleren Individualdosen konnten in den letzten Jahren um einen Faktor 2 gesenkt werden. Der Mittelwert der Individualdosen des Personals in den Kernanlagen liegt mit 0,62 milli-Sievert (mSv) weit unterhalb des Grenzwerts für beruflich strahlenexponierte Personen von 20 mSv pro Jahr und auch unterhalb der mittleren Strahlendosis der Bevölkerung in der Schweiz durch Radon (1,6 mSv/Jahr). Die höchste Individualdosis betrug 13,2 mSv. In den Kernkraftwerken Beznau und Leibstadt lag der Maximalwert jeweils unter 10 mSv. Erhöhte Strahlendosen erhielten einzelne Spezialisten, die bei ihren Arbeiten an Komponenten

mit relativ hoher Ortsdosisleistung nicht ohne Weiteres durch andere Personen ersetzt werden können.

Das ENSI kommt zum Schluss, dass in den schweizerischen Kernanlagen ein konsequenter und gesetzeskonformer Strahlenschutz betrieben wird. Optimierungsmassnahmen haben zu einer deutlichen Reduktion der Strahlendosen geführt. Dazu beigetragen hat auch, dass in den letzten Jahren die Wasserchemie in den Anlagen konsequent dem Stand von Wissenschaft und Technik angepasst wurde. Als Folge davon nehmen die Dosisleistungen an Komponenten und Systemen im Primärteil der Anlagen ab. Die akkumulierten Jobdosen für Arbeiten in diesen Bereichen der Anlagen konnten somit in den letzten Jahren sukzessiv gesenkt werden. Die Betreiber schweizerischer Kernanlagen stehen vor der Herausforderung, den hohen Stand des Strahlenschutzes zu wahren und die erhöhten Individualdosen einzelner Spezialisten zu reduzieren.

Für die Überwachung der Umweltradioaktivität in der Umgebung der Kernanlagen hat das ENSI ein Messnetz zur Automatischen Dosisleistungsüberwachung in der Umgebung der Kernkraftwerke (MADUK) aufgestellt und betreibt es seit Jahren routinemässig. Die ermittelten Dosisleistungswerte sind auf www.ensi.ch (Rubrik «Messnetz MADUK» > «Messwerte Radioaktivität») öffentlich zugänglich. Einzelheiten zu diesem System sind im Teil B dieses Berichtes zu finden. Dort gibt es auch Informationen zu den Emissionen und Immissionen der schweizerischen Kernanlagen.

Im Bereich der atmosphärischen Ausbreitung radioaktiver Partikel verfolgt das ENSI den Stand von Wissenschaft und Technik und führt die jeweils erforderlichen Erneuerungen ein.

Erwartungsgemäss hat die neue Empfehlung der internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP-103) im Aufsichtsbericht des ENSI keine nennenswerten Änderungen bewirkt. Seit 1990 gilt es die Strahlenexposition von Tätigkeiten mit ionisierender Strahlung zu rechtfertigen, zu optimieren und zu begrenzen.

Préface

Dr. rer. nat. Georges Piller, chef de la division Radioprotection, plans d'urgence et organisation

2008 a été une année très spéciale pour la Division principale de la sécurité des installations nucléaires (DSN); c'était en fait la dernière. Le 1^{er} janvier 2009, la DSN est devenue l'Inspection fédérale de la sécurité nucléaire IFSN. Des informations plus détaillées à ce sujet figurent dans le rapport de surveillance 2008 de l'IFSN. Le présent rapport de radioprotection ne parlera plus que d'IFSN pour en simplifier la lecture et la compréhension.

L'IFSN est responsable de la protection des personnes et de l'environnement en relation avec les installations nucléaires. Elle surveille le rayonnement ionisant et la radioactivité au voisinage des installations nucléaires et de l'Institut Paul Scherrer. Elle dresse des pronostics sur l'évolution d'un dysfonctionnement, la propagation potentielle de la radioactivité dans l'environnement et ses conséquences. Elle évalue l'opportunité des mesures prises par l'exploitant des installations nucléaires. Le présent rapport est le cinquième rapport annuel relatif à la protection contre les radiations dans le domaine de surveillance de l'IFSN.

La partie A traite des doses de rayonnement du personnel et des doses au travail. Les doses collectives et les doses individuelles moyennes ont été baissées ces dernières années d'un facteur 2. Avec 0,62 millisievert (mSv), la valeur moyenne des doses individuelles accumulées par le personnel dans les installations nucléaires de rayonnement se situe nettement au-dessous de la valeur limite de 20 mSv par an pour les personnes exposées aux radiations dans l'exercice de leur profession, ainsi qu'au-dessous aussi de la dose de rayonnement moyenne de la population de la Suisse par le radon (1,6 mSv/an). La dose individuelle maximum s'est élevée à 13,2 mSv. Dans les centrales nucléaires de Beznau et de Leibstadt, la valeur maximale est restée inférieure à 10 mSv. Certains spécialistes qui, dans leurs travaux sur des composants à débit de dose relativement élevé, ne peuvent pas être facilement remplacés par

d'autres personnes, ont reçu des doses de rayonnement accrues.

L'IFSN en conclut que les installations nucléaires suisses assurent une radioprotection conséquente et conforme à la loi. Des mesures d'optimisation ont conduit à une réduction sensible des doses de rayonnement, due aussi à l'adaptation systématique ces dernières années de la chimie de l'eau dans les installations au niveau de la science et de la technique. En conséquence, les débits de dose aux composants et aux systèmes baissent dans la partie primaire des installations. Ainsi a-t-on pu progressivement réduire ces dernières années les doses au travail accumulées pour des activités dans ces zones. Les exploitants des installations nucléaires suisses sont confrontés au défi de garder le niveau élevé de la radioprotection tout en réduisant les doses individuelles élevées de certains spécialistes.

Concernant la surveillance de la radioactivité de l'environnement au voisinage des installations nucléaires, l'IFSN a mis en place et exploite régulièrement le réseau «MADUK», réseau automatique de mesure et de surveillance du débit de dose au voisinage des centrales nucléaires. Les valeurs de débit de dose ainsi fournies peuvent être consultées sur le site Internet de l'IFSN www.ensi.ch (rubrique «Réseau de mesure MADUK» > «Valeurs de mesure de la radioactivité»). Des détails sur ce système se trouvent dans la partie B de ce rapport. On y trouve aussi des informations sur les émissions et les immissions des installations nucléaires suisses.

Dans le domaine de la propagation atmosphérique de particules radioactives, l'IFSN suit le niveau de la science et de la technique et apporte chaque fois les nouveautés requises.

Comme on s'y attendait, la nouvelle recommandation de la Commission Internationale de Protection Radiologique (CIPR-103) n'a pas occasionné de modifications notables dans le domaine de surveillance de l'IFSN. Depuis 1990, il s'agit de justifier, optimiser et limiter l'exposition au rayonnement ionisant.

Preface

Dr. rer. nat. Georges Piller, Head of Radiation Protection, Emergency Preparedness and Organisation

2008 was a very special year for HSK – in fact it was its last. On 1 January 2009, HSK became ENSI, the Swiss Federal Nuclear Safety Inspectorate. Further information on the change can be found in the Surveillance Report of ENSI for 2008. To simplify matters for the reader, the new designation of ENSI is used throughout this Radiological Protection Report.

ENSI is responsible for the protection of people and the environment with regard to nuclear facilities. It monitors ionising radiation and radioactivity in the vicinity of nuclear facilities and the Paul Scherrer Institute. It prepares forecasts on the potential course of any nuclear incident, including the spread of radioactivity into the environment and its consequences. It judges whether measures adopted by the operators of nuclear facilities are appropriate. This is the fifth annual summary report on the radiological protection issues regulated by ENSI.

Section A deals with exposure rates for personnel and individual jobs. In recent years, both collective doses and average individual doses have declined by a factor of 2. The average individual dose accumulated by the employees in the nuclear installations is now 0,62 millisievert (mSv). This is significantly lower than the maximum annual limit of 20 mSv for persons exposed to radiation in the course of their work and also below the average annual radon exposure rate of 1,6 mSv for the population in Switzerland as a whole. The highest individual dose was 13,2 mSv. Maximum doses in the nuclear power plants of Beznau and Leibstadt were less than 10 mSv. Exposure to higher doses of radiation was restricted to individual specialists working on components with relatively high local dose rates and for whom replacement by other personnel would not be easy.

ENSI considers that radiological protection in Swiss nuclear facilities is carried out consistently and in accordance with current legislation. Measures to optimise radiological protection have produced a significant reduction in exposure rates. This has been helped by the fact that in recent years operators have consistently incorporated new scientific and technological measures in the field of waterchemistry, which has reduced the dose rates occurring at primary-section components and systems. This in turn has successively reduced the accumulated job rates resulting from work on these components. The challenge facing the operators of nuclear facilities in Switzerland is to maintain the high levels of radiological protection and reduce the higher individual exposure rates of certain specialists.

In order to monitor environmental radioactivity close to nuclear facilities, ENSI has established and routinely operates a network that automatically monitors dose rates in the vicinity of nuclear power plants (MADUK). The results of the environmental monitoring by MADUK are publicly available on the ENSI website at www.ensi.ch (click on «MADUK measuring network» and then «Dose rates»). Part B of this Report includes further information on both MADUK and emissions from nuclear facilities.

ENSI monitors scientific and technological developments in the atmospheric dispersion of radioactive particles and introduces changes as appropriate.

As expected, the new recommendations published by the International Commission on Radiological Protection (ICRP 103) did not necessitate any significant changes in the surveillance activities of ENSI. The basic principles introduced in 1990 relating to exposure to radiation from activities involving ionising radiation remain the same, i.e. justify, optimize and limit.

A: STRAHLENSCHUTZ IN DEN KERNANLAGEN

Bei der Auswertung der Daten richtet sich das ENSI nach der «Empfehlung zur Rundung der Dosiswerte der anerkannten Personendosimetriestellen für die Meldung an die Kunden und an das Zentrale Dosisregister», die von der Eidgenössischen Kommission für Strahlenschutz und Überwachung der Radioaktivität (KSR) im Jahr 2004 veröffentlicht wurde. Die Messwerte werden gemäss den international üblichen Rundungsregeln in 0,1 mSv-Schritten gerundet. Ferner werden im untersten Dosisbereich (kleiner als 0,1 mSv) Messwerte unterhalb von 0,0075 mSv auf 0 gerundet. Messwerte zwischen 0,0075 und 0,1 mSv werden auf 0,1 mSv gerundet. Fallweise können einzelne nicht dosisrelevante Abweichungen zwischen den Auswertungen der Personendosimetriestellen und dem ENSI entstehen. Die von der Dosimetriestelle des PSI ermittelten Neutronendosen werden bei der Bestimmung der Ganzkörperdosen berücksichtigt.

In den nachstehenden Kapiteln werden die Resultate der Auswertungen des ENSI dargestellt.

1. Kernkraftwerke

1.1 Kernkraftwerk Beznau (KKB)

Schutz des Personals

In den beiden Blöcken werden jeweils alternierend ein Brennelementwechsel oder ein Revisionsstillstand durchgeführt. Aus diesem Grunde sind nachfolgend die Kollektivdosen für das Kalenderjahr 2008 und die der beiden vorigen Jahre aufgeführt.

KKB 1			
Aktionen	Kollektivdosis in Pers.-mSv		
	2008	2007	2006
Revisionsstillstand	439		355
Brennelementwechsel		100	
Leistungsbetrieb	53	56	47
Gesamte Jahreskollektivdosis	492	156	402

KKB 2			
Aktionen	Kollektivdosis in Pers.-mSv		
	2008	2007	2006
Revisionsstillstand		357	
Brennelementwechsel	63		75
Leistungsbetrieb	55	52	47
Gesamte Jahreskollektivdosis	118	409	122

KKB 1 und 2			
Aktionen	Kollektivdosis in Pers.-mSv		
	2008	2007	2006
Revisionsstillstand und BE-Wechsel	501	457	430
Leistungsbetrieb	108	108	94
Gesamte Jahreskollektivdosis	609	565	524

Im Berichtsjahr wurde in den beiden Blöcken des KKB eine Kollektivdosis von 609 Pers.-mSv verzeichnet. Die höchste im KKB registrierte Individualdosis betrug 8,9 mSv (2007: 8,2 mSv) und lag somit auch im Berichtsjahr wieder unterhalb des Dosisgrenzwerts der

Strahlenschutzverordnung für beruflich strahlenexponierte Personen von 20 mSv pro Jahr. Es traten weder Personenkontamination, die nicht mit einfachen Mitteln entfernt werden konnten, noch Inkorporationen auf.

Im Block 1 wurde zwischen dem 6. Juni und 2. Juli 2008 die 36. Revisionsabstellung durchgeführt. Das Abfahren der Anlage verlief ohne Hinweise auf Brennelementschäden. Während des Betriebs der Anlage gab das für die Reinigung der Primärkühlkreise eingesetzte Filtersystem Antimon an das Kühlmittel ab. Das freigesetzte Antimon lagerte sich an den Oberflächen des Primärkühlkreislaufes ab und wurde beim Abfahren der Anlage wieder freigesetzt. Dies führte zu erhöhten Dosisleistungen im Primärsystem, und damit auch zu erhöhten Ortsdosisleistungen im Sicherheitsgebäude. Das KKB hat das Problem erkannt und eingehend analysiert, um geeignete Gegenmassnahmen zu ergreifen. Strahlenschutztechnisch relevante Arbeiten während des Stillstands waren unter anderem der Brennelementwechsel, der Austausch der Incore-Thermoelemente und umfangreiche Wiederholungsprüfungen im Sicherheitsgebäude. Als Ergänzung zum bewährten Zonenkonzept II-S im Sicherheitsgebäude wurden für Arbeiten, die zwar sekundärseitig, aber in der kontrollierten Zone durchgeführt wurden, spezielle temporäre kontaminationsfreie Zonen 0-S eingerichtet. Damit verbunden waren konsequente Kontaminationsmessungen an Werkzeugen, Material und Personal, um einen eventuellen Eintrag von Aktivität in das Sekundärsystem zu verhindern. Diese erfolgreiche Massnahme soll in das bestehende Zonenkonzept II-S integriert werden. Um die Strahlenexposition des Personals im Sicherheitsgebäude zu reduzieren, wurde einerseits das übliche Abschirmkonzept mit arbeitsbedingten Anpassungen angewendet, andererseits wurden Bereiche mit erhöhten Ortsdosisleistungen abgesperrt. Trotz dieser Massnahmen wurden für einige Arbeiten deutlich höhere Kollektivdosen akkumuliert als in der Strahlenschutzplanung geschätzt worden war. Die Analyse von Seiten KKB zeigte, dass unter anderem die schon erwähnten erhöhten Ortsdosisleistungen für die höheren Dosen verantwortlich waren. Zudem mussten für einige Arbeiten mehr Stunden aufgewendet werden als geplant. Die Planungs-dosis von 332 Pers.-mSv wurde davon um etwa 30% überschritten und betrug 439 Pers.-mSv.

Im Block 2 wurde zwischen 12. und 23. August 2008 ein geplanter Brennelementwechsel durchgeführt. Das Abfahren der Anlage verlief ebenfalls ohne Hinweise auf Brennelementschäden.

Die akkumulierte Kollektivdosis betrug 63 Pers.-mSv. Hauptsächlich dank der reibungslosen Reparatur der Canopy Seal wurde der Planwert von 89 Pers.-mSv unterschritten. Der radiologische Zustand in den aktiven Systemen, und damit auch in der kontrollierten Zone, war wegen des schadensfreien Brennstoffes sehr gut. Wie üblich wurde während dem Brennelementwechsel ein Grossteil der im Sicherheitsgebäude allgemein zugänglichen Orte abgesperrt. Die Standardabschirmungen wurden lediglich für die Arbeiten am Reaktordeckel aufgebaut. Vorsorglich, und erstmalig während eines Brennelementwechsels, wurde der wassergefüllte Abschirmstopfen in der Ventilationsdurchführung zum RDB-Kalottenraum auf dem Sumpfboden installiert. Im Vergleich mit der geringen Kollektivdosis für den Auf- und Abbau dieser Abschirmung konnte ein radiologischer Sicherheitsgewinn erzielt werden.

Der Personalbestand des Ressorts Strahlenschutz war im Kalenderjahr 2008 immer ausreichend, um die administrativen und technischen Schutz- und Überwachungsaufgaben korrekt auszuüben und sicherzustellen.

Das ENSI stellte bei mehreren Inspektionen fest, dass im KKB ein konsequenter und gesetzeskonformer operativer Strahlenschutz wahrgenommen wird.

Strahlenschutzinstrumentierung

Die Strahlenschutzinstrumentierung des KKB wurde im Rahmen verschiedener Inspektionen und Fachgespräche vom ENSI stichprobenweise überprüft. Des Weiteren hat sich das ENSI anhand der vom Betreiber eingereichten Prüfprotokolle und Dokumente sowie durch Vor-Ort-Kontrollen davon überzeugt, dass die regelmässigen Überprüfungen der Messgeräte durch das Kraftwerkspersonal vorschriftsgemäss durchgeführt wurden und dass die Messgeräte einwandfrei funktionierten.

Das KKB hat die Ertüchtigung des Probenahme und Messsystems zur Überwachung der Primärcontainmentluft abgeschlossen. Die Durchdringungen und die Gebäudeabschlussarmaturen erfüllen nun sowohl das Einzelfehlerkriterium als auch die Anforderungen an die Probenahme.

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

- Die vierteljährlichen Kontrollmessungen des ENSI und die halbjährlich gemeinsam mit dem Bundesamt für Gesundheit (BAG) durchgeführten Vergleichs-

messungen von Aerosol- und Jodfiltern sowie von Abwasserproben zeigten Übereinstimmung mit den Werten des KKB.

- Das KKB beteiligte sich im Berichtsjahr mit dem DIS-System (Direct Ion Storage-System) an der von BAG und ENSI gemeinsam organisierten und in der Anerkennungsverfügung geforderten Vergleichsmessung für Personendosimeter. Dabei erreichte das Messsystem am Referenzpunkt die erforderliche Messgenauigkeit von $\pm 10\%$.

1.2 Kernkraftwerk Gösgen (KKG)

Schutz des Personals

Im Kalenderjahr 2008 wurden im KKG folgende Kollektivdosen ermittelt (als Vergleich dazu die Zahlen aus dem Jahr 2007):

KKG		
Aktionen	Kollektivdosis in Pers.-mSv	
	2008	2007
Revisionsstillstand	686	452
Leistungsbetrieb	88	97
Gesamte Jahreskollektivdosis	774	549

Im Berichtsjahr belief sich die Kollektivdosis im KKG auf 774 Pers.-mSv (2007: 549 Pers.-mSv). Die höchste im KKG registrierte Individualdosis betrug 13,2 mSv (2007: 11,3 mSv). Der Dosisgrenzwert der Strahlenschutzverordnung für beruflich strahlenexponierte Personen von 20 mSv pro Jahr wurde somit unterschritten. Es wurden keine Personenkontaminationen festgestellt, die sich nicht mit einfachen Mitteln entfernen liessen.

Zwischen dem 31. Mai und dem 26. Juni 2008 war die Anlage für den Revisionsstillstand abgestellt. Bei den Arbeiten wurden 686 Pers.-mSv akkumuliert, geplant waren 830 Pers.-mSv. Beim Einschleifen einer Armatur kam es zu einer leichten Inkorporation bei einer Person. Es wurde eine Aktivität von ca. 200 Bq ^{60}Co mit einem geringen Anteil an ^{58}Co ermittelt. Dem betroffenen Mitarbeiter wurde für einige Tage der Zugang zur kontrollierten Zone verwehrt.

Beim Abfahren der Anlage stieg die Aktivitätskonzentration im Primärwasser deutlich an. Ursache war die bekannte Leckage des Brennstoffs. Nach dem Abheben des Reaktordeckels waren die Edelgas- und Jod-Aktivitätskonzentrationen in der Luft der grossen Anlage-

räume leicht erhöht. Insgesamt wurden vier defekte Brennstäbe gefunden.

Aus den Überwachungen der Luft und der Oberflächen in der Anlage ergaben sich keine Hinweise auf unzulässige Kontaminationen. An einigen allgemein zugänglichen Komponenten wurden im Vergleich zu den Vorjahren geringere Gamma-Ortsdosisleistungen gemessen. Beispielsweise wurden auf der Innenseite des RDB-Deckels im Vergleich zu den Jahren vor 2006 nur noch ca. 50 % der Ortsdosisleistung gemessen. Für die Abschirmungen in der Anlage wurden insgesamt 32 Tonnen Blei verwendet.

Bis zum Beginn der Arbeiten an geöffneten Primärkomponenten konnte die Anlage als Zone II begangen werden, da sie sich nach dem Abfahren als radiologisch sehr sauber erwies. Nach dem Öffnen von Primärkomponenten wurden Zonen III oder in besonderen Fällen Zonen IV eingerichtet. Im Beckenbereich stieg die Alpha-Kontamination nicht über die Nachweisgrenze von $0,1 \text{ Bq/m}^3$.

Das KKG plante im Berichtsjahr sechs Arbeiten mit Kollektivdosen über 50 Pers.-mSv, deren Planungen im Vorfeld mit dem ENSI besprochen wurden. Durchgeführt wurden die Wechsel der Dichtungen der drei Hauptkühlmittelpumpen und die Prüfungen der Heizrohre der drei Dampferzeuger. Die Planungswerte und die tatsächlich ermittelten Kollektivdosen stimmten beim Wechseln der Dichtungen der Pumpen sehr gut überein. Zur Optimierung der Personendosen wurde vorgängig eine chemische Dekontamination des Dichtungsgehäuses durchgeführt. Die Prüfungen der Heizrohre konnten mit einer deutlich geringeren Kollektivdosis durchgeführt werden. Gründe dafür sind die stark gesunkenen Dosisleistungen in den Primärkammern, die sorgfältige Vorbereitung und Durchführung der Arbeiten durch das Prüfteam sowie das vorgängige «Mock-up»-Training. Kurz nach dem Wiederanfahren liessen die Analyse-daten des Primärwassers auf einen erneuten Brennelementschaden schliessen. Im weiteren Zyklusverlauf deutete das Verhalten der Spaltprodukt-Konzentrationen im Reaktorwasser auf einen oder mehrere Sekundärschäden an den Hüllrohren hin. Bis Ende 2008 ergaben sich daraus aber keine gravierenden radiologischen Konsequenzen.

Die Inbetriebnahme des Brennelement-Nasslagers erfolgte aus Sicht des Strahlenschutzes problemlos. Die erste Einlagerungskampagne wurde erfolgreich durchgeführt.

Das ENSI stellte bei mehreren Inspektionen fest, dass im KKG ein konsequenter und gesetzeskonformer Strahlenschutz betrieben wird.

Strahlenschutzinstrumentierung

Die Strahlenschutzinstrumentierung des KKG wurde im Rahmen verschiedener Inspektionen und Fachgespräche vom ENSI stichprobenweise überprüft. Des Weiteren hat sich das ENSI anhand der vom Betreiber eingereichten Prüfprotokolle und Dokumente sowie durch Vor-Ort-Kontrollen davon überzeugt, dass die regelmässigen Kontrollen der Messgeräte durch das Kraftwerkspersonal vorschriftsgemäss durchgeführt wurden, und dass die Messgeräte einwandfrei funktionierten.

Das KKG sanierte die Probenahmeleitungen zu den Aerosolmessstellen der Raumluftüberwachung und begann die ortsfesten, mit Geiger-Müller-Zählern bestückten Messgeräte zu ersetzen, um die Ersatzteilhaltung weiterhin zu gewährleisten.

Neben den ENSI-Inspektionen wurden bestimmte Messsysteme im Rahmen von Vergleichsmessungen, an denen verschiedene nationale Labors bzw. Messstellen teilnehmen, überprüft:

- Die vierteljährlichen Kontrollmessungen des ENSI und die halbjährlich gemeinsam mit dem BAG durchgeführten Vergleichsmessungen von Aerosol- und Jodfiltern sowie von Abwasserproben zeigten Übereinstimmung mit den Werten des KKG.
- An der vom BAG und ENSI gemeinsam organisierten, jährlich stattfindenden Vergleichsmessung für Personendosimetriestellen hat die Dosimetriestelle des KKG teilgenommen und den Nachweis der erforderlichen Messgenauigkeit von $\pm 10\%$ am Referenzpunkt erbracht.

1.3 Kernkraftwerk Leibstadt (KKL)

Schutz des Personals

Im Kalenderjahr 2008 wurden im KKL folgende Kollektivdosen ermittelt (als Vergleich dazu die Zahlen aus dem Jahr 2007):

Aktionen	Kollektivdosis in Pers.-mSv	
	2008	2007
Revisionsstillstand	924	420
Leistungsbetrieb	157	192
Gesamte Jahreskollektivdosis	1081	612

Im Berichtsjahr belief sich die im KKL verzeichnete Kollektivdosis auf 1081 Pers.-mSv (2007: 612 Pers.-mSv).

Die höchste im KKL akkumulierte Individualdosis betrug 8,8 mSv (2007: 7,5 mSv) und liegt damit unter dem Dosisgrenzwert für beruflich strahlenexponierte Personen von 20 mSv pro Jahr. Es wurden keine Personenkontaminationen festgestellt, die sich nicht mit einfachen Mitteln entfernen liessen.

Während der Jahreshauptrevision wurden bei vier Personen Inkorporationen oberhalb der Triageschwelle festgestellt. Bei Schleifarbeiten an einer Komponente der Umwälzleitung A im Drywell breiteten sich trotz einer Luftabsaugung am Arbeitsplatz Aerosole im Raum aus. Die Aerosole wurden vor Ort von einer Raumluftüberwachungsanlage erkannt und es wurde ein Alarm ausgelöst. Die Mitarbeiter, die die Schleifarbeiten ausführten, waren vorschriftsmässig mit Schutzmasken geschützt. Personen, die in der Nähe andere Arbeiten ohne Schutzmasken verrichteten, inkorporierten geringe Aktivitäten. Die akkumulierten Dosen als Folge der Inkorporationen lagen bei allen Betroffenen unter 1 mSv (0,1, 0,3, 0,3 und 0,6 mSv). Der Strahlenschutz im KKL hat auf diesen Vorfall unmittelbar reagiert. Bei ähnlichen Arbeiten, bei denen mit Aerosolfreisetzung zu rechnen war, wurde der Arbeitsbereich eingehaust. Der Dosisgrenzwert der Strahlenschutzverordnung für beruflich strahlenexponierte Personen von 20 mSv pro Jahr wurde bei allen Personen unterschritten. Es wurden keine Personenkontaminationen festgestellt, die sich nicht mit einfachen Mitteln entfernen liessen.

Die Anlage wurde vom 2. bis 30. August 2008 für den Revisionsstillstand abgestellt, die Revisionsdauer betrug 27,7 Tage. Die radiologische Situation war dank des schadenfreien Brennstoffs günstig. Die Konzentration der Iod-Isotope im Reaktorwasser sank nach dem Abfahren der Anlage unter den Wert der Vorjahre. Die Messwerte der Oberflächendosisleistung an den Komponenten des Primärkreislaufs entsprachen ungefähr denjenigen des Vorjahrs. Die an jeweils 8 Messpunkten gemessene mittlere Dosisleistung an Umwälzschleifen betrug zu Beginn der Revision 1,5 mSv/h (2007: 1,5 mSv/h). In der Sekundäranlage wurden ebenfalls günstige radiologische Verhältnisse festgestellt. Hingegen wurden im Dampftunnel nach Öffnung bestimmter Armaturen erhöhte Aktivitätswerte gemessen. Diese waren deutlich höher als in den Vorjahren. Der Grund dafür ist noch nicht bekannt, entsprechende Abklärungen wurden eingeleitet.

Das KKL hatte für die Revision 2008 ausreichend Strahlenschutz-Fachkräfte akquirieren können. Somit konnte ein durchgehender Strahlenschutz-Schichtbetrieb aufrecht erhalten werden.

Das KKL war sich über den grossen Arbeitsumfang und Personalbedarf bereits vor der Revision bewusst und hat darum ein neues Zutrittskonzept ausgearbeitet. Ziel war, Zutrittsspitzen wie in den Vorjahren üblich, zu brechen, um unter anderem auch die radiologische Überwachung zu verbessern. Es wurde eine detaillierte 24-Stunden-Planung der Arbeiten im Drywell erstellt. Im Vergleich mit den Vorjahren wurden eine deutlich bessere zeitliche Arbeitsverteilung und eine markante Arbeitsverlagerung in die Nachtstunden erreicht. Dies trug massgeblich zu einem ruhigen, effizienten Arbeiten und schliesslich zur Dosisoptimierung bei.

Für die Arbeiten während des Revisionsstillstands wurde eine Kollektivdosis von 1026 Pers.-mSv akkumuliert, geplant waren 1220 Pers.-mSv (EPD). Für die Unterschreitung der geplanten Dosis waren zum einen konservative Annahmen bezüglich der Arbeitszeit verantwortlich, und zum anderen wurde für die mechanisierten Ultraschallprüfungen an den Umwälzschleifen und an den RDB-Stützen weniger Dosis akkumuliert. Für die Prüfung der Schweissnähte an den Umwälzschleifen wurden auf Grund umfassender Optimierungsmassnahmen rund 80 Pers.-mSv eingespart. Die Prüfungen an den RDB-Stützen konnten wegen technischer Probleme nur zu 60 % durchgeführt werden, wobei aber 78 % der geplanten Dosis akkumuliert wurden.

Im Rahmen des Projekts KKLVIP (Vessel and Internals Project) zum Schutz des Primärkreislaufs vor Spannungsrisskorrosion wird seit September 2008 Wasserstoff ins Reaktorwasser zudosiert. Vom 24. November bis 6. Dezember 2008 wurden zudem insgesamt 700 g Platin in Form einer wasserlöslichen Verbindung ins Reaktorwasser eingespeist. Die Ortsdosisleistung (ODL) am Zaun des KKL-Areals blieb während der gesamten Phase deutlich unter dem gesetzlichen Grenzwert von 0,57 μ Sv/h.

Das ENSI stellte bei mehreren Inspektionen fest, dass im KKL ein konsequenter und gesetzeskonformer Strahlenschutz praktiziert wird.

Strahlenschutzinstrumentierung

Die Strahlenschutzinstrumentierung des KKL wurde im Rahmen mehrerer Inspektionen und Fachgespräche vom ENSI stichprobenweise überprüft. Des Weiteren hat sich das ENSI anhand der vom Betreiber eingereichten Prüfprotokolle und Dokumente sowie durch Vor-Ort-Kontrollen davon überzeugt, dass die regelmässigen Überprüfungen der Messgeräte durch das Kraftwerks-

personal vorschriftsgemäss durchgeführt wurden, und dass die Messgeräte einwandfrei funktionierten.

Die Personendosimetriestelle des KKL beantragte, die für fünf Jahre gültige Anerkennung zu erneuern. Anlässlich einer Inspektion wurden in Zusammenarbeit mit dem Experten des ENSI die technischen und organisatorischen Voraussetzungen gemäss der Strahlenschutzverordnung und der Dosimetrieverordnung geprüft und die Anerkennungsverfügung im Oktober 2008 ausgestellt.

Zusätzlich zu den ENSI-Inspektionen wurden bestimmte Messsysteme im Rahmen von Vergleichsmessungen, an denen nationale Labors bzw. Messstellen teilnehmen, überprüft:

- Die vierteljährlichen Kontrollmessungen des ENSI und die halbjährlich gemeinsam mit dem BAG durchgeführten Vergleichsmessungen von Aerosol- und Jodfiltern sowie von Abwasserproben zeigten Übereinstimmung mit den Werten des KKL.
- An der vom BAG und ENSI gemeinsam organisierten, jährlich stattfindenden Vergleichsmessung für Personendosimetriestellen hat die Dosimetriestelle des KKL den Nachweis der erforderlichen Messgenauigkeit von $\pm 10\%$ am Referenzpunkt erbracht.

1.4 Kernkraftwerk Mühleberg (KKM)

Schutz des Personals

Im Kalenderjahr 2008 wurden im KKM folgende Kollektivdosen ermittelt (als Vergleich dazu die Zahlen aus dem Jahr 2007:

Aktionen	Kollektivdosis in Pers.-mSv	
	2008	2007
Revisionsstillstand	881	901
Leistungsbetrieb	249	401
Gesamte Jahreskollektivdosis	1130	1302

Im Berichtsjahr belief sich die Kollektivdosis im KKM auf 1130 Pers.-mSv (2007: 1302 Pers.-mSv). Die höchste im KKM ermittelte Individualdosis betrug 10,3 mSv (2007: 11,6 mSv). Die in der Strahlenschutzverordnung festgelegte Limite von 20 mSv für beruflich strahlenexponierte Personen wurde unterschritten. Im Berichtszeitraum traten keine Personenkontaminationen auf, die nicht mit einfachen Mitteln entfernt werden konnten. Es wurden keine Inkorporationen festgestellt.

Vom 10. August bis 6. September war die Anlage für die Jahresrevision abgestellt. Die Kollektivdosis aller Mitarbeiter während des Revisionsstillstands 2008 lag bei 881 Pers.-mSv, der von KKM anlässlich der Planung geschätzte Wert lag bei 1030 Pers.-mSv. Die geplante Dosis wurde unter anderem unterschritten, weil eine geplante Arbeit mit einer Jobdosis von mehr als 50 mSv abgesagt wurde. Der Anteil der Arbeiten im Drywell betrug ca. 460 mSv (ca. 44 %).

Beim Öffnen und Schliessen des Reaktordruckbehälters wurden keine ungewöhnlichen Dosisleistungs- und Kontaminationswerte gemessen. Die Iod-Messwerte beim Öffnen lagen unterhalb der Nachweisgrenze. Dank der schadenfreien Brennelemente war die Ausgangslage für die Revisionsarbeiten radiologisch gesehen günstig. Der Mittelwert der an 30 Messpunkten erfassten Dosisleistung an den Umwälzschleifen lag bei 1,87 mSv/h und war im Vergleich zum Vorjahr um etwa 10 % niedriger. Trotzdem konnten die Kollektivdosen nicht entsprechend reduziert werden. So fanden einige Arbeiten in Strahlenfeldern mit erhöhter Dosisleistung statt, wo unter anderem aus topografischen Gründen keine Abschirmmassnahmen getroffen werden konnten. Zudem mussten bei einigen mechanisierten Prüfungen Manipulationen von Hand im Strahlenfeld vorgenommen werden. Für die Abschirmungen im Drywell wurden insgesamt rund 75 Tonnen Blei verwendet.

Im Maschinenhaus wurden an der Turbinengruppe A beide Niederdruckturbinenläufer und sämtliche Schaufelträger ersetzt. Die ausgebauten Komponenten wurden vorschriftsgemäss in Plastikfolie eingeschweisst, beschriftet und ausserhalb des Gebäudes in einem Zelt gelagert. In den Reko-Räumen auf Ebene -3 Meter wurden die Dekont-Bodenanstriche saniert. Dazu mussten die in den beiden Räumen vorhandenen Abschirmsteine abgetragen werden. Sie wurden im Maschinenhaus gestapelt, bevor sie zur Bestimmung ihrer Aktivität und sachgerechten Entsorgung ins ZZL transportiert wurden.

Der Betrieb der zusätzlichen Garderobe mit Verbindungskorridor für den direkten Zutritt in die kontrollierte Zone im Maschinenhaus hat sich während der arbeitsintensiven Phasen des Revisionsstillstandes wie-

derum bewährt. Diese temporäre Zutrittsmöglichkeit weist moderne Infrastruktur auf und erfüllt alle Bedingungen des operationellen Strahlenschutzes. Das Strahlenschutzpersonal war während der gesamten Revisionsdauer zahlenmässig den Aufgaben entsprechend gut vertreten, die Zonenübertritte und die Arbeiten in der Kontrollierten Zone wurden strikt überwacht.

Das ENSI stellte bei mehreren Inspektionen fest, dass im KKM ein konsequenter und gesetzeskonformer operationeller Strahlenschutz praktiziert wird.

Strahlenschutzinstrumentierung

Die Strahlenschutzinstrumentierung des KKM wurde im Rahmen verschiedener Inspektionen und Fachgespräche vom ENSI stichprobenweise überprüft. Des Weiteren hat sich das ENSI anhand der vom Betreiber eingereichten Prüfprotokolle und Dokumente sowie durch Vor-Ort-Kontrollen davon überzeugt, dass die regelmässigen Überprüfungen der Messgeräte durch das Kraftwerkspersonal vorschriftsgemäss durchgeführt wurden und dass die Messgeräte einwandfrei funktionierten.

Das KKM hat die administrativen und technischen Massnahmen zur Verbesserung des Post Accident Sampling Systems (PASS) umgesetzt und anlässlich einer Inspektion die Funktionstüchtigkeit einwandfrei nachgewiesen. Zusätzlich zu den ENSI-Inspektionen wurden bestimmte Messsysteme im Rahmen von Vergleichsmessungen, an denen nationale Labors bzw. Messstellen teilnehmen, überprüft:

- Die vierteljährlichen Kontrollmessungen des ENSI und die halbjährlich gemeinsam mit dem BAG durchgeführten Vergleichsmessungen von Abwasserproben und Aerosol- und Jodfiltern sowie teilweise von Abgasproben zeigten Übereinstimmung mit den Messwerten des Kernkraftwerks Mühleberg.
- An der vom BAG und ENSI gemeinsam organisierten, jährlich stattfindenden Vergleichsmessung für Personendosimetriestellen hat die Dosimetriestelle des KKM den Nachweis der erforderlichen Messgenauigkeit von $\pm 10\%$ am Referenzpunkt erbracht.

2. Weitere Kernanlagen

2.1 Paul Scherrer Institut (PSI)

Das PSI ist das grösste Forschungsinstitut für Natur- und Ingenieurwissenschaften der Schweiz. Zusammen mit in- und ausländischen Hochschulen, Instituten, Kliniken und Industriebetrieben arbeitet das PSI in den Bereichen Materialwissenschaften, Elementarteilchen-Physik, Umwelt- und Energieforschung sowie Biowissenschaften. Der Forschungsreaktor PROTEUS, das zur Untersuchung von Kernbrennstoffen und radioaktiven Werkstoffen spezialisierte Hotlabor, die Anlagen für die Behandlung und Lagerung radioaktiver Abfälle sowie die im Rückbau befindlichen Forschungsreaktoren SA-PHIR und DIORIT sind Kernanlagen und werden deshalb durch das ENSI beaufsichtigt.

Im Jahr 2008 akkumulierten die 1454 beruflich strahlenexponierten Personen (Aufsichtsbereiche BAG und ENSI) eine Kollektivdosis von 136,3 Pers.-mSv (2007: 154,4 Pers.-mSv). Die Kollektivdosis im Aufsichtsbereich des ENSI betrug 25,4 Pers.-mSv (2007: 20,6 Pers.-mSv). Die höchste Individualdosis im Aufsichtsbereich des ENSI betrug 2,7 mSv (2007: 3,2 mSv).

Das ENSI hat bei verschiedenen Inspektionen festgestellt, dass in den PSI-Anlagen in seinem Aufsichtsbereich ein konsequenter und gesetzeskonformer Strahlenschutz praktiziert wird.

Strahlenschutzinstrumentierung

Die Strahlenschutzinstrumentierung des PSI wurde im Rahmen verschiedener Inspektionen und Fachgespräche vom ENSI stichprobenweise überprüft. Des Weiteren hat sich das ENSI anhand der vom Betreiber eingereichten Prüfprotokolle und Dokumente sowie durch Vor-Ort-Kontrollen davon überzeugt, dass die regelmässigen Überprüfungen der Messgeräte durch das Personal vorschriftsgemäss durchgeführt wurden, und dass die Messgeräte einwandfrei funktionierten.

Das PSI hat die radiologische Überwachung der Abluft aus dem Abfalllabor erneuert und die Dokumentation der Funktionsprüfungen für die ortsfesten Dosisleistungsmessgeräte in das QM-System aufgenommen. Verbesserungsmassnahmen zeigten sich infolge umfangreicher Untersuchungen der Aerosolprobenah-

me am Hochkamin. Diese Ergebnisse lassen sich auch auf andere Abluftüberwachungssysteme am PSI übertragen.

Zusätzlich zu den ENSI-Inspektionen wurden bestimmte Messsysteme im Rahmen von Vergleichsmessungen, an denen nationale Labors bzw. Messstellen teilnehmen, überprüft:

- Die vierteljährlichen Kontrollmessungen des ENSI und die halbjährlich gemeinsam mit dem BAG durchgeführten Vergleichsmessungen von Abwasserproben und Aerosolfiltern zeigten Übereinstimmung mit den Messwerten des PSI.
- An der vom BAG und ENSI gemeinsam organisierten, jährlich stattfindenden Vergleichsmessung für Personendosimetriestellen hat die Dosimetriestelle des PSI den Nachweis der erforderlichen Messgenauigkeit von $\pm 10\%$ am Referenzpunkt erbracht.

2.2 Zentrales Zwischenlager Würenlingen (ZZL)

In der Berichtsperiode wurde im ZZL eine Kollektivdosis von 27,1 Pers.-mSv akkumuliert. Der geschätzte Wert von 31,4 Pers.-mSv wurde unterschritten.

Die höchste registrierte Einzeldosis betrug 3,5 mSv. Im Berichtsjahr wurden weder Personenkontaminationen, die nicht mit einfachen Mitteln entfernt werden konnten, noch Inkorporationen festgestellt. Die regelmässig durchgeführten Probenahmen zeigten weder auf den Oberflächen noch in der Atemluft Hinweise auf unzulässige Kontaminationen.

Zu den im Berichtsjahr ausgeführten und strahlenschutzrelevanten Tätigkeiten des Betriebs des ZZL zählen unter anderem das Behälterhandling mit Transport- und Lagerbehältern für abgebrannte Brennelemente, die Anlieferung von radioaktiven Stoffen zur weiteren Verarbeitung im ZZL, die Konditionierung von radioaktiven Abfällen sowie die Verbrennungs- und Schmelzkampagnen in der Plasma-Anlage. Bei den Konditionierungsarbeiten konnte nach Dekontamination ein Teil des angelieferten Materials frei gemessen und als konventioneller Abfall entsorgt werden. Dank Optimierungen im Betrieb der Plasma-Anlage konnten im Berichtsjahr insgesamt deutlich mehr Abfallfässer als

geplant verarbeitet und entsprechend mehr Kokillen verfüllt werden.

Sämtliche Tätigkeiten wurden unter Einhaltung der gesetzlichen und internen Strahlenschutzvorgaben durchgeführt. Die Ergebnisse mehrerer Inspektionen bestätigen, dass im ZZL ein konsequenter und gesetzeskonformer Strahlenschutz angewendet wird.

2.3 Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL)

Die Kernanlagen der EPFL umfassen den Forschungsreaktor CROCUS, das Neutronenexperiment CARROUSEL, die Neutronenquelle LOTUS und die angegliederten Labors. Diese Anlagen sind dem «Laboratoire de physique des réacteurs et de comportement des systèmes» (LRS) zugeteilt, das dem «Institut de physique de l'énergie et des particules» (IPEP) angehört. Im Jahr 2008 stand der CROCUS-Reaktor Ingenieur- und Physikstudenten der EPFL, Kursteilnehmern der Reaktorschule des PSI sowie Studenten der Ingenieurschule Genf, Studenten des Departements für Maschinenbau und Verfahrenstechnik der ETHZ und Studenten des neuen «Master in Nuclear Engineering» der ETHZ/EPFL während 169 Stunden bei kleiner Leistung (unter 100 W) für Ausbildungszwecke zur Verfügung. Dabei wurden 233 Wh thermische Energie erzeugt. Das Experiment CARROUSEL wurden 2008 modernisiert und wird für Praktika zur Wirkung von Wasser als Moderator auf den Neutronenfluss verwendet.

Die Neutronenquelle LOTUS war nicht in Betrieb.

Im Berichtjahr, wie schon im Jahr 2007, lagen die Dosen des Personals unterhalb der Nachweisgrenze. Die Abgabe radioaktiver Stoffe über den Luft- und Abwasserpfad war unbedeutend. Anlässlich einer Inspektion im November 2008 stellte das ENSI fest, dass sich die Anlagen in einem ordentlichen, sauberen sowie sicherheitstechnisch einwandfreien Zustand befinden und die Vorschriften betreffend Strahlenschutz für das Personal und die Umwelt eingehalten werden.

2.4 Universität Basel

Der Forschungsreaktor der Universität Basel dient vorwiegend der Ausbildung von Operateuranwärtern, Schülern und Studenten. Die Nutzung des AGN-211-P-Reaktors hat sich gegenüber den Vorjahren verdoppelt. Die produzierte Energie ging von 36,9 kWh im Jahr 2007 auf 23,8 kWh im Jahr 2008 zurück.

Im Reaktorwasser und in der Reaktorhalle wurden keine Kontaminationen nachgewiesen. Die Individualdosen sowie die Kollektivdosen lagen unterhalb der Nachweisgrenze der eingesetzten Dosimeter. Die Abgabe radioaktiver Stoffe über den Luft- und Abwasserpfad war unbedeutend.

Das ENSI stellte fest, dass am Forschungsreaktor der Universität Basel ein konsequenter und gesetzeskonformer Strahlenschutz praktiziert wird.

3. Grafische Darstellungen

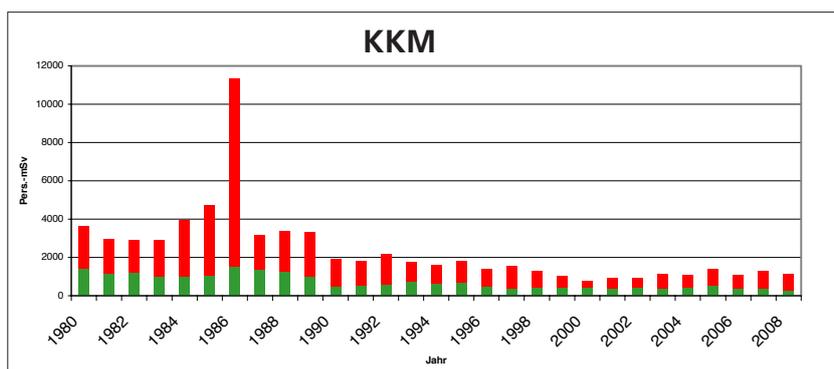
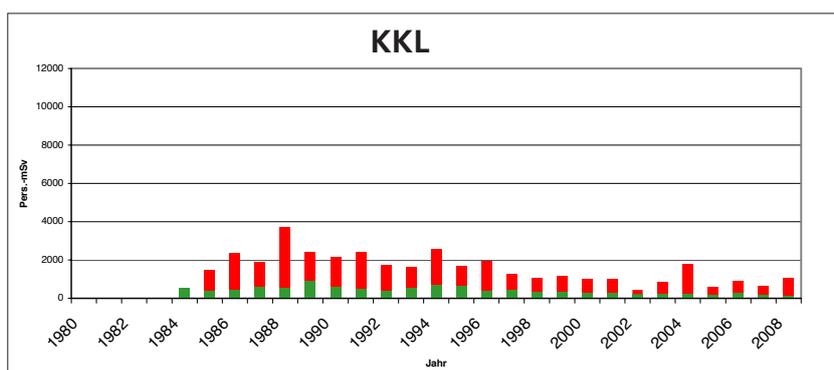
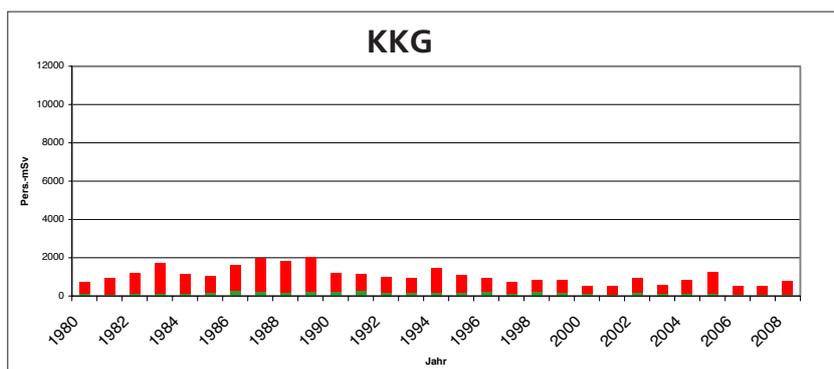
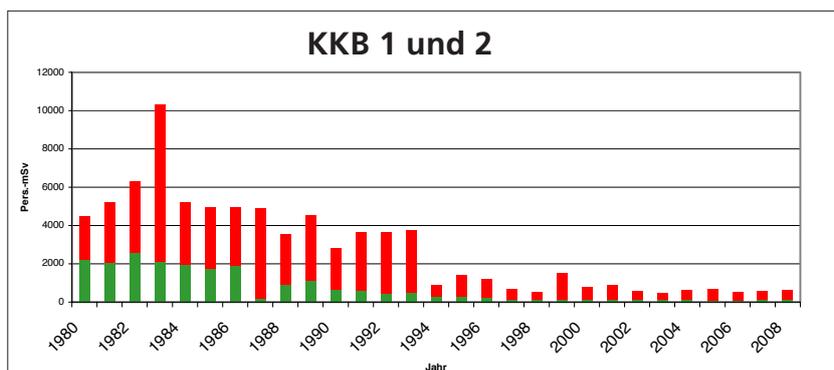
In der Darstellung A.1 sind die Jahreskollektivdosen der Kernkraftwerke seit 1980 enthalten. Die Darstellung A.2 zeigt den Verlauf der Anzahl Personen mit einer beruf-

lichen Lebensdosis von mehr als 200 mSv. Darstellung A.3 gibt die Kollektivdosen in den Kernkraftwerken, im ZZL und im PSI seit Inbetriebnahme der Anlagen wieder.

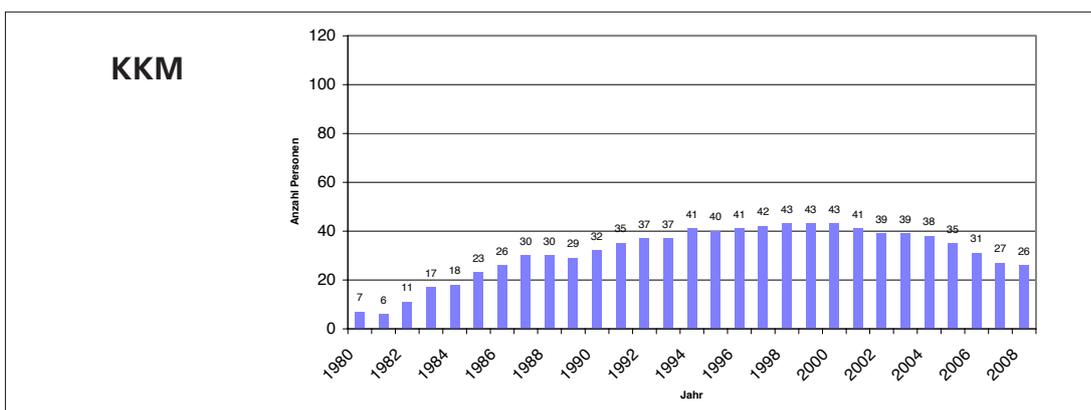
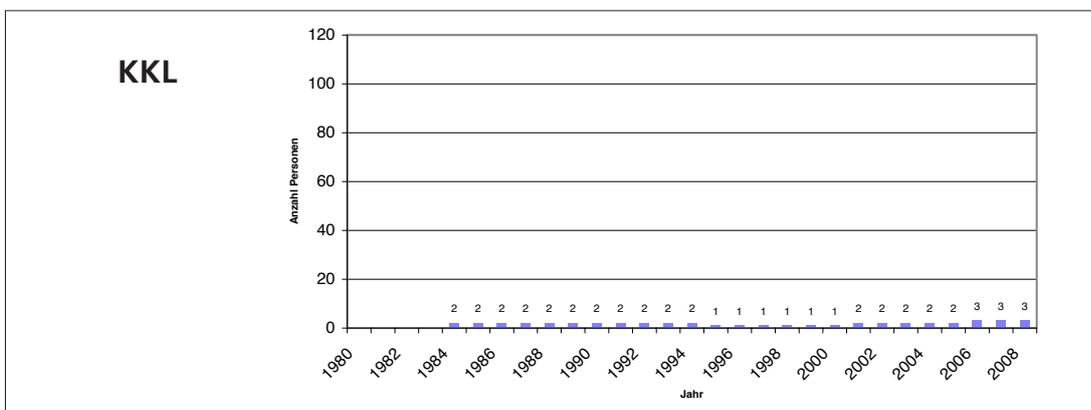
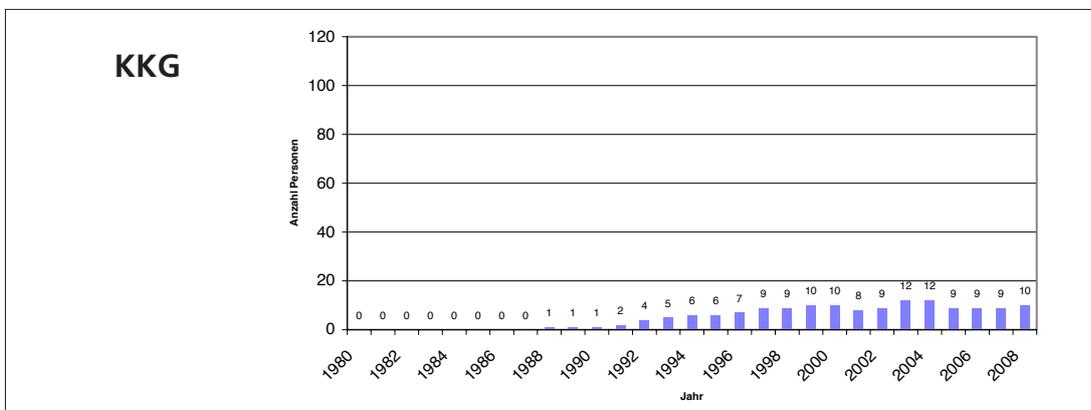
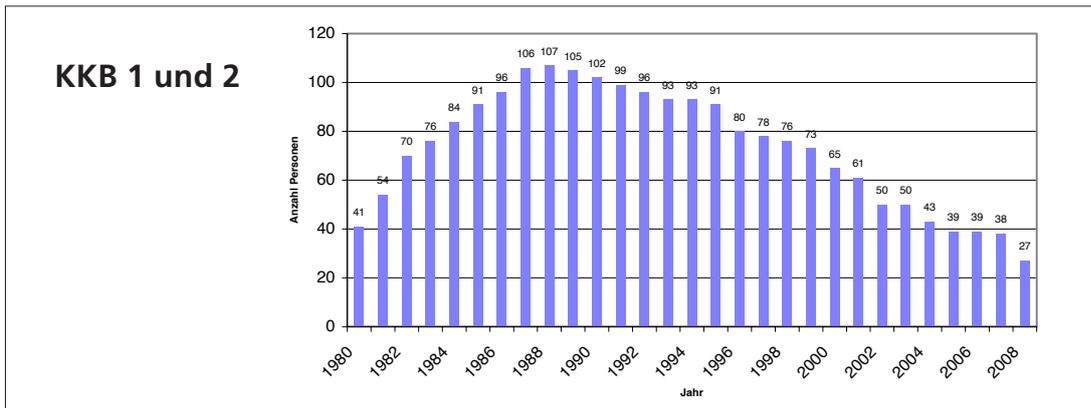
Darstellung A.1:

Jahreskollektivdosen (Pers.-mSv) der Kernkraftwerke von 1980 bis 2008.

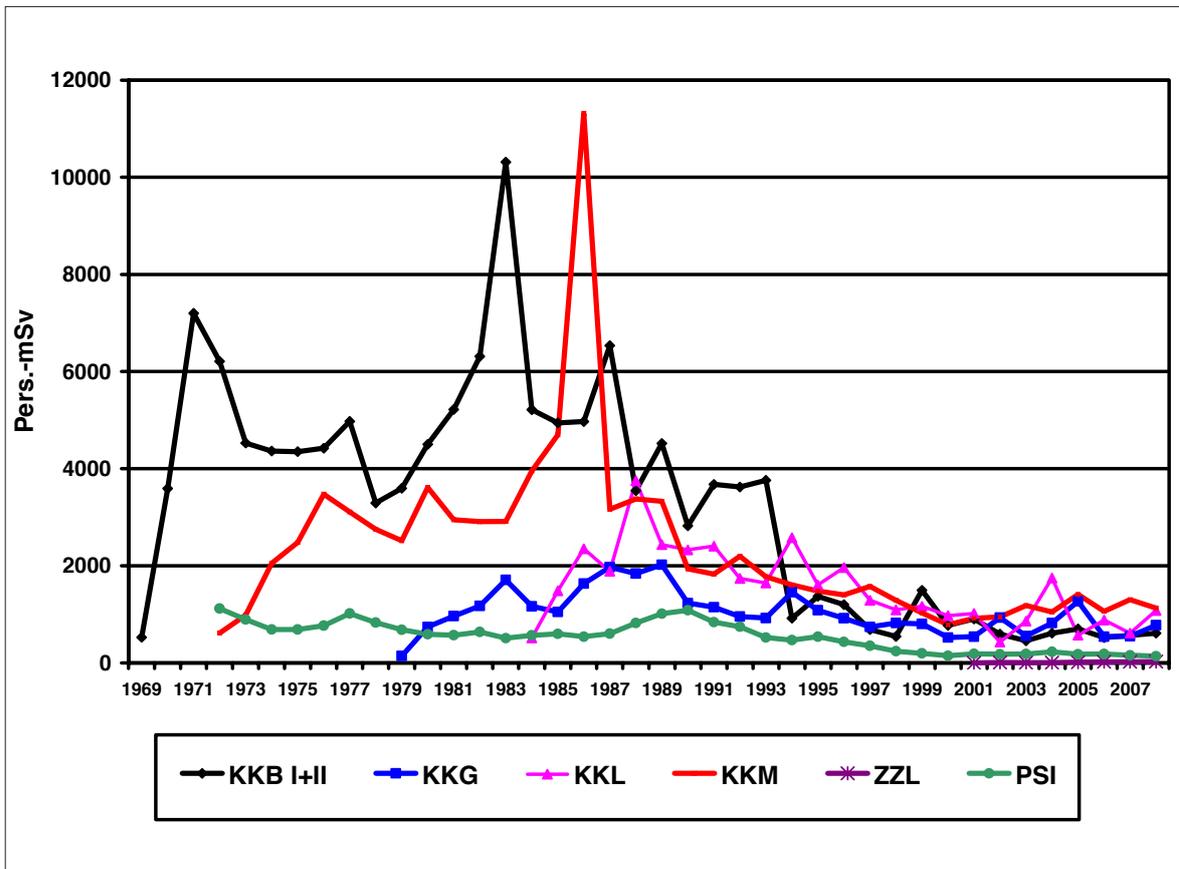
Rot bezeichnet sind die Daten aus den Revisionsstillständen, grün diejenigen aus dem Leistungsbetrieb.



Darstellung A.2: Anzahl Personen mit einer beruflichen Lebensdosis über 200 mSv, Kernkraftwerke, 1980 bis 2008



Darstellung A.3: Entwicklung der Jahreskollektivdosen (Pers.-mSv) in den Kernanlagen, 1968 bis 2008



4. Dosimetrie

4.1 Einleitung

Als zuständige Aufsichtsbehörde hat das ENSI zu prüfen, ob bei der Exposition des Personals die gesetzlichen Vorgaben eingehalten werden. Seit dem 1. Oktober 1994 bildet die Strahlenschutzverordnung (StSV) die Grundlage zur Überwachung des beruflich und des nichtberuflich strahlenexponierten Personals in der Schweiz. Die Richtlinie R-12 «Erfassung und Meldung der Dosen des strahlenexponierten Personals der Kernanlagen und des Paul Scherrer Instituts» in der Fassung von Oktober 1997 regelt technische Details über die Form und den Umgang mit den von den Anlagen im Aufsichtsbereich des ENSI zu meldenden Individualdosen und arbeitsspezifischen Kollektivdosen. Aufgabe des ENSI ist es, die Angaben der einzelnen Anlagen kritisch zu prüfen, auszuwerten und entsprechend den Vorgaben der Strahlenschutzverordnung an das BAG weiterzuleiten.

Die Strahlenschutzverordnung schreibt vor, dass die maximale Exposition jeder beruflich strahlenexponierten Person 20 mSv pro Jahr nicht überschreiten darf.

In der Richtlinie B02 wird festgelegt, dass für geplante Stillstände oder Arbeiten mit einer erwarteten Jobdosis von über 50 Pers.-mSv die ausgearbeiteten Planungen rechtzeitig der Aufsichtsbehörde vorgelegt werden müssen. Das ENSI prüft die eingereichten Strahlenschutzplanungen. Somit wird auch der in der Strahlenschutzverordnung verlangte Optimierung der radiologischen Schutzmassnahmen Folge geleistet.

In der Richtlinie R-11 «Strahlenschutzziele im Normalbetrieb von Kernanlagen» ist für die jährliche Kollektivdosis einer Anlageneinheit (Block) ein Wert von maximal 1500 Pers.-mSv festgelegt. Bei einer Überschreitung dieses Werts prüft das ENSI die Optimierungsmassnahmen des Betreibers im Detail.

Zur Ermittlung der Dosen und zum Nachweis der Einhaltung der gesetzlichen Vorgaben betreibt jedes Kernkraftwerk eine vom ENSI anerkannte Dosimetriestelle, die die Dosimeter des Eigen- und des Fremdpersonals auswertet und die akkumulierten Dosen registriert. Für das ZZL übernimmt das Kernkraftwerk Beznau diese Aufgabe. Die Neutronendosimetrie wird für alle Anlagen vom PSI durchgeführt.

4.2 Personendosimetrie

Das dosimetrierte Personal wird in zwei Kategorien eingeteilt, nämlich Eigen- (EP) und Fremdpersonal (FP). Es kommt vor, dass Eigenpersonal aus dem Überwachungsbereich einer Dosimetriestelle vorübergehend in den Überwachungsbereich einer anderen Dosimetriestelle wechselt und dort als Fremdpersonal geführt wird. Durch die Regelungen in der Richtlinie B02 werden die akkumulierten Dosen dieser Personen als EP-Dosen der einen Anlage und als FP-Dosen der anderen Anlage gemeldet. Dies führt zu einer doppelten Verbuchung. Anhand der individuellen Dosismeldungen werden solche Doppelverbuchungen bereinigt. Dabei können sich in den nachfolgenden Tabellen Unterschiede ergeben. Beispielsweise entspricht die Anzahl der gemeldeten Personen der einzelnen Kraftwerke nicht der Gesamtsumme der Personen. Ausserdem ergeben sich durch Rundungen nicht relevante Ungenauigkeiten.

Für das Jahr 2008 haben die fünf anerkannten Dosimetriestellen (KKB, KKG, KKL, KKM und PSI) im Aufsichtsbereich des ENSI insgesamt 6051 beruflich strahlenexponierte Personen mit einer Kollektivdosis von 3744,7 Pers.-mSv gemeldet (Mehrfachbuchungen bereinigt). Die an den Universitäten verwendeten Dosimeter werden vom Institut Universitaire de Radiophysique Appliquée (IRA) oder von der SUVA ausgewertet. Die Meldungen der Dosimetriestelle des PSI umfassen Dosen, die im Aufsichtsbereich des BAG sowie des ENSI akkumuliert wurden.

Im Berichtsjahr traten keine Überschreitungen des Grenzwertes für beruflich strahlenexponierte Personen von 20 mSv pro Jahr auf. Die höchste Individualdosis betrug 13,2 mSv und wurde im KKG ermittelt (siehe Kapitel 1.4).

Die mittlere Personendosis (Tiefendosis $H_p(10)$) liegt bei den Anlagen mit Druckwasser-Reaktoren bei 0,62 mSv (2007: 0,53 mSv), bei denjenigen mit Siedewasser-Reaktoren bei 0,73 mSv (2007: 0,76 mSv) pro Person und Jahr.

In einzelnen Anlagen werden auch nichtberuflich strahlenexponierte Personen mit Dosimetern überwacht. Diese Dosen werden ebenfalls dem ENSI gemeldet. Im Jahr 2008 haben insgesamt 255 Personen aus diesem

Tabelle A.1: Zusammenfassung der Kollektivdosen in den schweizerischen Kernanlagen 2008, Eigen- und Fremdpersonal

Bereich	Anzahl überwachte Personen	Kollektivdosis (Pers.-mSv)
KKB 1 und 2	1066	608.9
KKG	1146	774.1
KKL	1771	1080.3
KKM	1222	1130.4
ZZL	127	27.1
PSI	1454	136.3
Universitäten	17	0.0
Aufsichtsbereich des ENSI	6068	3744.7

Personenkreis eine Kollektivdosis von 1,0 Pers.-mSv akkumuliert. Der Jahresgrenzwert von 1 mSv pro Person gemäss Artikel 37 StSV wurde eingehalten.

In den folgenden Tabellen wird die Auswertung der Personendosimetrie der Kernanlagen im Aufsichtsbereich des ENSI zusammengefasst. Es bedeutet: M = Männer, F = Frauen.

Ganzkörperdosen des beruflich strahlenexponierten Personals durch äussere Bestrahlung 2008. Anzahl Personen.

Tabelle A.2a: Kernkraftwerke

Dosisverteilung [mSv]	KKB 1 + 2			KKG			KKL			KKM			Total KKW ¹⁾		
	EP	FP	EP+FP	EP	FP	EP+FP	EP	FP	EP+FP	FP	FP	EP+FP	EP	FP	EP+FP
0.0 - 1.0	334	526	860	335	594	929	363	1064	1427	196	712	908	1224	2322	3546
> 1.0 - 2.0	54	56	110	19	70	89	50	121	171	45	82	127	169	296	465
> 2.0 - 5.0	20	69	89	31	63	94	22	131	153	57	82	139	130	344	474
> 5.0 - 10.0	6	1	7	9	22	31	1	19	20	14	33	47	30	84	114
> 10.0 - 15.0				1	2	3					1	1	1	3	4
> 15.0 - 20.0															
> 20.0 - 50.0															
> 50.0															
Total Personen	414	652	1066	395	751	1146	436	1335	1771	312	910	1222	1554	3049	4603
Mittel pro Person [mSv]	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.5	0.7	0.6	1.2	0.8	0.9	0.8	0.8	0.8

1) Fremdpersonal, das in mehreren Anlagen eingesetzt wurde, ist hier nur einmal gezählt. In allen Anlagen wurden TL- oder DIS-Dosimeter benutzt.

Tabelle A.2b: Kernanlagen und Forschung

Dosisverteilung [mSv]	PSI			Universitäten ²⁾	Total Forschung	ZZL			Total KKW EP + FP	Total Kernanlagen und Forschung ¹⁾
	EP	FP	EP+FP			EP	FP	EP+FP		
0.0 - 1.0	1043	378	1421	17	1438	44	75	119	3546	4971
> 1.0 - 2.0	18		18		18	4	1	5	465	487
> 2.0 - 5.0	13	2	15		15	2	1	3	474	492
> 5.0 - 10.0									114	114
> 10.0 - 15.0									4	4
> 15.0 - 20.0										
> 20.0 - 50.0										
> 50.0										
Total Personen	1074	380	1454	17	1471	50	77	127	4603	6068
Mittel pro Person [mSv]	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.4	0.1	0.2	0.8	0.6

1) Fremdpersonal, das in mehreren Anlagen eingesetzt wurde, ist hier nur einmal gezählt. Durch die Addition von in verschiedenen Werken akkumulierten Individualdosen verändern sich die Kollektivdosen in einzelnen Dosisintervallen.

2) EPF Lausanne und Universität Basel

Ganzkörperdosen des beruflich strahlenexponierten Personals durch äussere Bestrahlung 2008.

Tabelle A.3a: Kernkraftwerke. Kollektivdosen in Pers.-mSv.

Dosisverteilung [mSv]	KKB 1 + 2			KKG			KKL			KKM			Total KKW ¹⁾		
	EP	FP	EP+FP	EP	FP	EP+FP	EP	FP	EP+FP	EP	FP	EP+FP	EP	FP	EP+FP
0.0 - 1.0	62.8	71.4	134.2	33.4	62.3	95.7	56.0	160.8	216.8	38.8	159.9	198.7	189.8	409.0	598.8
> 1.0 - 2.0	77.6	85.0	162.6	29.0	102.6	131.6	73.7	185.3	259.0	67.2	120.5	187.7	248.7	446.3	695.0
> 2.0 - 5.0	62.6	205.6	268.2	104.2	221.8	326.0	65.9	406.7	472.6	179.4	244.6	424.0	412.1	1094.7	1506.8
> 5.0 - 10.0	37.9	6.0	43.9	55.6	129.1	184.7	6.6	125.3	131.9	88.3	221.4	309.7	188.4	548.0	736.4
> 10.0 - 15.0				10.2	25.9	36.1					10.3	10.3	10.2	36.2	46.4
> 15.0 - 20.0															
> 20.0 - 50.0															
> 50.0															
Total [Pers.-mSv]	240.9	368.0	608.9	232.4	541.7	774.1	202.2	878.1	1080.3	373.7	756.7	1130.4	1049.2	2534.2	3583.4
Höchste Einzeldosis [mSv]	8.9	6.0	8.9	10.2	13.2	13.2	6.6	8.8	8.8	8.1	10.3	10.3	10.2	13.2	13.2

1) Fremdpersonal, das in mehreren Anlagen eingesetzt wurde, ist hier nur einmal gezählt. Durch die Addition von in verschiedenen Werken akkumulierten Individualdosen verändern sich die Kollektivdosen in einzelnen Dosisintervallen.

Tabelle A.3b: Kernanlagen und Forschung

Dosisverteilung [mSv]	PSI			Universitäten ²⁾	Total Forschung	ZZL			Total KKW EP + FP	Total Kernanlagen und Forschung ¹⁾
	EP	FP	EP+FP			EP	FP	EP+FP		
0.0 - 1.0	56.9	13.6	70.5	0.0	70.5	8.6	2.6	11.2	598.8	677.7
> 1.0 - 2.0	25.5		25.5		25.5	6.2	1.1	7.3	695.0	727.2
> 2.0 - 5.0	36.1	4.2	40.3		40.3	5.1	3.5	8.6	1506.8	1556.9
> 5.0 - 10.0									736.4	736.5
> 10.0 - 15.0									46.4	46.4
> 15.0 - 20.0										
> 20.0 - 50.0										
> 50.0										
Total [Pers.-mSv]	118.5	17.8	136.3	0.0	136.3	19.9	7.2	27.1	3583.4	3744.7
Höchste Einzeldosis [mSv]	4.6	2.1	4.6	0.0	4.6	2.6	3.5	3.5	13.2	13.2

1) Fremdpersonal, das in mehreren Anlagen eingesetzt wurde, ist hier nur einmal gezählt. Durch die Addition von in verschiedenen Werken akkumulierten Individualdosen verändern sich die Kollektivdosen in einzelnen Dosisintervallen.

2) EPF Lausanne und Universität Basel

Verteilung der Lebensaltersdosen des Eigenpersonals 2008.

Personen mit einer Lebensaltersdosis unter 100 mSv sind in den Tabellen nicht aufgeführt.

Tabelle A.4a: Kernanlagen und Paul Scherrer Institut (PSI)

Dosisverteilung [mSv]	KKB 1 + 2	KKG	KKL	KKM	KKW Total	PSI	ZZL	Kernanlagen und PSI Total
> 100 - 150	28	7	15	20	70	7	0	77
> 150 - 200	18	7	4	16	45	2		47
> 200 - 250	7	7	3	9	26	2		28
> 250 - 300	7	2		7	16	2		18
> 300 - 350	8			1	9	1		10
> 350 - 400	2	1		2	5			5
> 400 - 450				1	1			1
> 450 - 500	1			1	2			2
> 500 - 550				4	4			4
> 550 - 600	1			1	2			2
> 600	1				1			1
Total Personen	73	24	22	62	181	14	0	195

Tabelle A.4b: Kernanlagen und Paul Scherrer Institut (PSI). Einteilung in Altersklassen

Dosisverteilung [mSv]	21 - 30 Jahre	31 - 40 Jahre	41 - 50 Jahre	51 - 60 Jahre	> 60 Jahre	Kernanlagen und PSI Total
> 100 - 150			24	38	15	77
> 150 - 200		1	6	29	11	47
> 200 - 250			3	19	6	28
> 250 - 300			4	8	6	18
> 300 - 350				6	4	10
> 350 - 400				3	2	5
> 400 - 450				1		1
> 450 - 500					2	2
> 500 - 550				2	2	4
> 550 - 600				1	1	2
> 600				1		1
Total Personen	0	1	37	108	49	195

Ganzkörperdosen des beruflich strahlenexponierten Personals durch äussere Bestrahlung 2008. Dosismittelwerte, Kollektivdosen und Anzahl Personen nach Alter und Geschlecht.

Tabelle A.5a: Kernanlagen und Forschung (PSI, EPFL, UNI Basel), Eigen- und Fremdpersonal

Dosisverteilung	16 - 18 Jahre		19 - 20 Jahre		21 - 30 Jahre		31 - 40 Jahre		41 - 50 Jahre		51 - 60 Jahre		> 60 Jahre		Total
	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	
0.0 - 1.0	24	3	71	6	778	74	998	89	1313	90	1095	52	372	6	4971
> 1.0 - 2.0			6		83		92	1	164	1	122		18		487
> 2.0 - 5.0			10		113		131		134		88		15	1	492
> 5.0 - 10.0			1		23		25		41		23		1		114
> 10.0 - 15.0							1		1		2				4
> 15.0 - 20.0															
> 20.0 - 50.0															
> 50.0															
Total Personen	24	3	88	6	997	74	1247	90	1653	91	1330	52	406	7	6068
Mittel pro Person [mSv]	0.14	0.07	0.69	0.13	0.77	0.04	0.69	0.06	0.68	0.05	0.59	0.07	0.31	0.36	0.62
Kollektivdosis [Pers.-mSv]	3.3	0.2	60.6	0.8	767.6	3.0	858.0	5.4	1129.3	4.9	778.5	3.6	125.7	2.5	3743.4

Tabelle A.5b: Forschung (PSI, EPFL, UNI Basel), Eigen- und Fremdpersonal

Dosisverteilung	16 - 18 Jahre		19 - 20 Jahre		21 - 30 Jahre		31 - 40 Jahre		41 - 50 Jahre		51 - 60 Jahre		> 60 Jahre		Total
	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	
0.0 - 1.0	5	1	13	2	200	58	331	64	348	52	223	33	105	3	1438
> 1.0 - 2.0					1		2		7		7		1		18
> 2.0 - 5.0					1		6		5		2		1		15
> 5.0 - 10.0															
> 10.0 - 15.0															
> 15.0 - 20.0															
> 20.0 - 50.0															
> 50.0															
Total Personen	5	1	13	2	202	58	339	64	360	52	232	33	107	3	1471
Mittel pro Person [mSv]	0.02	0.00	0.00	0.00	0.06	0.01	0.12	0.01	0.12	0.01	0.12	0.08	0.09	0.00	0.09
Kollektivdosis [Pers.-mSv]	0.1	0.0	0.0	0.0	13.0	0.7	39.0	0.8	42.1	0.6	28.0	2.5	9.5	0.0	136.3

Ganzkörperdosen des beruflich strahlenexponierten Personals durch äussere Bestrahlung 2008, Fortsetzung.

Tabelle A.6: Kernkraftwerk Beznau 1 und 2 (KKB)

Eigenpersonal	Dosisverteilung	16 - 18 Jahre		19 - 20 Jahre		21 - 30 Jahre		31 - 40 Jahre		41 - 50 Jahre		51 - 60 Jahre		> 60 Jahre		Total	
	[mSv]	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F		
	0.0 - 1.0	2		3	1	20		55	2	112	5	99	4	31		334	
	> 1.0 - 2.0			1		4		15		21		11		2		54	
	> 2.0 - 5.0					1		5		10		3		1		20	
	> 5.0 - 10.0					1				3		2				6	
	> 10.0 - 15.0																
	> 15.0 - 20.0																
	> 20.0 - 50.0																
	> 50.0																
	Total Personen	2		4	1	26		75	2	146	5	115	4	34		414	
	Mittel pro Person [mSv]	0.15		0.28	0.00	0.73		0.69	0.35	0.72	0.08	0.45	0.23	0.26		0.58	
	Kollektivdosis [Pers.-mSv]	0.3		1.1	0.0	19.0		52.1	0.7	105.4	0.4	52.0	0.9	9.0		240.9	
Fremdpersonal	Dosisverteilung	16 - 18 Jahre		19 - 20 Jahre		21 - 30 Jahre		31 - 40 Jahre		41 - 50 Jahre		51 - 60 Jahre		> 60 Jahre		Total	
	[mSv]	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F		
		5		6	2	78	4	100	3	170	3	115	3	37			526
						15		10		15		13		3			56
				1		20		23		18		5		2			69
						1											1
		> 10.0 - 15.0															
		> 15.0 - 20.0															
		> 20.0 - 50.0															
		> 50.0															
	Total Personen	5		7	2	114	4	133	3	203	3	133	3	42		652	
	Mittel pro Person [mSv]	0.06		0.33	0.15	0.91	0.03	0.72	0.00	0.51	0.07	0.35	0.07	0.36		0.56	
	Kollektivdosis [Pers.-mSv]	0.3		2.3	0.3	103.7	0.1	95.7	0.0	103.8	0.2	46.1	0.2	15.3		368.0	
Eigen- und Fremdpersonal	Dosisverteilung	16 - 18 Jahre		19 - 20 Jahre		21 - 30 Jahre		31 - 40 Jahre		41 - 50 Jahre		51 - 60 Jahre		> 60 Jahre		Total	
	[mSv]	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F		
		7		9	3	98	4	155	5	282	8	214	7	68			860
						1		19		25		24		5			110
						1		21		28		8		3			89
								2		3		2					7
		> 10.0 - 15.0															
		> 15.0 - 20.0															
		> 20.0 - 50.0															
		> 50.0															
	Total Personen	7		11	3	140	4	208	5	349	8	248	7	76		1066	
	Mittel pro Person [mSv]	0.09		0.31	0.10	0.88	0.03	0.71	0.14	0.60	0.08	0.40	0.16	0.32		0.57	
	Kollektivdosis [Pers.-mSv]	0.6		3.4	0.3	122.7	0.1	147.8	0.7	209.2	0.6	98.1	1.1	24.3		608.9	

Ganzkörperdosen des beruflich strahlenexponierten Personals durch äussere Bestrahlung 2008, Fortsetzung.

Tabelle A.7: Kernkraftwerk Gösgen (KKG)

Eigenpersonal	Dosisverteilung	16 - 18 Jahre		19 - 20 Jahre		21 - 30 Jahre		31 - 40 Jahre		41 - 50 Jahre		51 - 60 Jahre		> 60 Jahre		Total
	[mSv]	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	
	0.0 - 1.0	2	1	3		20	2	67	4	83	8	103	1	41		335
	> 1.0 - 2.0					3		4		5		7				19
	> 2.0 - 5.0					3		9		4		14		1		31
	> 5.0 - 10.0							3		4		1		1		9
	> 10.0 - 15.0							1								1
	> 15.0 - 20.0															
	> 20.0 - 50.0															
	> 50.0															
	Total Personen	2	1	3		26	2	84	4	96	8	125	1	43		395
	Mittel pro Person [mSv]	0.05	0.20	0.00		0.67	0.45	0.93	0.20	0.54	0.00	0.56	0.00	0.32		0.59
	Kollektivdosis [Pers.-mSv]	0.1	0.2	0.0		17.4	0.9	77.7	0.8	51.7	0.0	69.8	0.0	13.8		232.4
Fremdpersonal	Dosisverteilung	16 - 18 Jahre		19 - 20 Jahre		21 - 30 Jahre		31 - 40 Jahre		41 - 50 Jahre		51 - 60 Jahre		> 60 Jahre		Total
	[mSv]	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	
	0.0 - 1.0	2		7		97	1	95	4	184	3	169	3	29		594
	> 1.0 - 2.0					16		17		19		17		1		70
	> 2.0 - 5.0			2		20		18		13		10				63
	> 5.0 - 10.0					5		7		6		4				22
	> 10.0 - 15.0									1		1				2
	> 15.0 - 20.0															
	> 20.0 - 50.0															
	> 50.0															
	Total Personen	2		9		138	1	137	4	223	3	201	3	30		751
	Mittel pro Person [mSv]	0.00		1.04		0.97	0.00	1.01	0.00	0.62	0.00	0.60	0.00	0.07		0.72
	Kollektivdosis [Pers.-mSv]	0.0		9.4		133.8	0.0	138.2	0.0	137.8	0.0	120.4	0.0	2.1		541.7
Eigen- und Fremdpersonal	Dosisverteilung	16 - 18 Jahre		19 - 20 Jahre		21 - 30 Jahre		31 - 40 Jahre		41 - 50 Jahre		51 - 60 Jahre		> 60 Jahre		Total
	[mSv]	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	
	0.0 - 1.0	4	1	10		117	3	162	8	267	11	272	4	70		929
	> 1.0 - 2.0					19		21		24		24		1		89
	> 2.0 - 5.0			2		23		27		17		24		1		94
	> 5.0 - 10.0					5		10		10		5		1		31
	> 10.0 - 15.0							1		1		1				3
	> 15.0 - 20.0															
	> 20.0 - 50.0															
	> 50.0															
	Total Personen	4	1	12		164	3	221	8	319	11	326	4	73		1146
	Mittel pro Person [mSv]	0.03	0.20	0.78		0.92	0.30	0.98	0.10	0.59	0.00	0.58	0.00	0.22		0.68
	Kollektivdosis [Pers.-mSv]	0.1	0.2	9.4		151.2	0.9	215.9	0.8	189.5	0.0	190.2	0.0	15.9		774.1

Ganzkörperdosen des beruflich strahlenexponierten Personals durch äussere Bestrahlung 2008, Fortsetzung.

Tabelle A.8: Kernkraftwerk Leibstadt (KKL)

Eigenpersonal	Dosisverteilung	16 - 18 Jahre		19 - 20 Jahre		21 - 30 Jahre		31 - 40 Jahre		41 - 50 Jahre		51 - 60 Jahre		> 60 Jahre		Total
	[mSv]	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	
	0.0 - 1.0	2	1	6		17		69	4	87	14	132	6	24	1	363
	> 1.0 - 2.0					2		10		14		23		1		50
	> 2.0 - 5.0					2		3		7		10				22
	> 5.0 - 10.0									1						1
	> 10.0 - 15.0															
	> 15.0 - 20.0															
	> 20.0 - 50.0															
	> 50.0															
	Total Personen	2	1	6		21		82	4	109	14	165	6	25	1	436
	Mittel pro Person [mSv]	0.05		0.35		0.54		0.45 0.05		0.51 0.02		0.55 0.00		0.24 0.00		0.46
	Kollektivdosis [Pers.-mSv]	0.1		2.1		11.4		36.5 0.2		55.4 0.3		90.3 0.0		5.9 0.0		202.2
Fremdpersonal	Dosisverteilung	16 - 18 Jahre		19 - 20 Jahre		21 - 30 Jahre		31 - 40 Jahre		41 - 50 Jahre		51 - 60 Jahre		> 60 Jahre		Total
	[mSv]	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	
	0.0 - 1.0	6		32	1	256	5	206	10	285	5	198	3	57		1064
	> 1.0 - 2.0			6		36		21		35	1	19		3		121
	> 2.0 - 5.0			3		44		34		31		15		4		131
	> 5.0 - 10.0					5		4		5		5				19
	> 10.0 - 15.0															
	> 15.0 - 20.0															
	> 20.0 - 50.0															
	> 50.0															
	Total Personen	6		41	1	341	5	265	10	356	6	237	3	64		1335
	Mittel pro Person [mSv]	0.08		0.69 0.40		0.81 0.00		0.75 0.06		0.61 0.32		0.54 0.00		0.42		0.66
	Kollektivdosis [Pers.-mSv]	0.5		28.2 0.4		275.9 0.0		198.2 0.6		218.6 1.9		127.2 0.0		26.6		878.1
Eigen- und Fremdpersonal	Dosisverteilung	16 - 18 Jahre		19 - 20 Jahre		21 - 30 Jahre		31 - 40 Jahre		41 - 50 Jahre		51 - 60 Jahre		> 60 Jahre		Total
	[mSv]	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	
	0.0 - 1.0	8	1	38	1	273	5	275	14	372	19	330	9	81	1	1427
	> 1.0 - 2.0			6		38		31		49	1	42		4		171
	> 2.0 - 5.0			3		46		37		38		25		4		153
	> 5.0 - 10.0					5		4		6		5				20
	> 10.0 - 15.0															
	> 15.0 - 20.0															
	> 20.0 - 50.0															
	> 50.0															
	Total Personen	8	1	47	1	362	5	347	14	465	20	402	9	89	1	1771
	Mittel pro Person [mSv]	0.08 0.00		0.64 0.40		0.79 0.00		0.68 0.06		0.59 0.11		0.54 0.00		0.37 0.00		0.61
	Kollektivdosis [Pers.-mSv]	0.6 0.0		30.3 0.4		287.3 0.0		234.7 0.8		274.0 2.2		217.5 0.0		32.5 0.0		1080.3

Ganzkörperdosen des beruflich strahlenexponierten Personals durch äussere Bestrahlung 2008, Fortsetzung.

Tabelle A.9: Kernkraftwerk Mühleberg (KKM)

Eigenpersonal	Dosisverteilung	16 - 18 Jahre		19 - 20 Jahre		21 - 30 Jahre		31 - 40 Jahre		41 - 50 Jahre		51 - 60 Jahre		> 60 Jahre		Total
	[mSv]	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	
	0.0 - 1.0					13	3	33	3	62	1	55	1	25		196
	> 1.0 - 2.0					2		6	1	18		14		4		45
	> 2.0 - 5.0					1		17		19		15		4	1	57
	> 5.0 - 10.0							2		8		4				14
	> 10.0 - 15.0															
	> 15.0 - 20.0															
	> 20.0 - 50.0															
	> 50.0															
Total Personen					16	3	58	4	107	1	88	1	33	1	312	
Mittel pro Person [mSv]					0.46	0.03	1.33	0.63	1.42	0.00	1.23	0.00	0.70	2.50	1.20	
Kollektivdosis [Pers.-mSv]					7.4	0.1	77.1	2.5	152.3	0.0	108.6	0.0	23.2	2.5	373.7	
Fremdpersonal	Dosisverteilung	16 - 18 Jahre		19 - 20 Jahre		21 - 30 Jahre		31 - 40 Jahre		41 - 50 Jahre		51 - 60 Jahre		> 60 Jahre		Total
	[mSv]	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	
	0.0 - 1.0	3		5	1	149	4	150	2	185	7	152	5	47	2	712
	> 1.0 - 2.0			1		16		16		29		17		3		82
	> 2.0 - 5.0			2		20		14		34		10		2		82
	> 5.0 - 10.0			1		8		8		10		6				33
	> 10.0 - 15.0											1				1
	> 15.0 - 20.0															
	> 20.0 - 50.0															
	> 50.0															
Total Personen	3		9	1	193	4	188	2	258	7	186	5	52	2	910	
Mittel pro Person [mSv]	0.63		1.94	0.10	0.93	0.30	0.76	0.00	1.02	0.21	0.69	0.00	0.39	0.00	0.83	
Kollektivdosis [Pers.-mSv]	1.9		17.5	0.1	179.8	1.2	143.2	0.0	262.3	1.5	129.0	0.0	20.2		756.7	
Eigen- und Fremdpersonal	Dosisverteilung	16 - 18 Jahre		19 - 20 Jahre		21 - 30 Jahre		31 - 40 Jahre		41 - 50 Jahre		51 - 60 Jahre		> 60 Jahre		Total
	[mSv]	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	
	0.0 - 1.0	3		5	1	162	7	183	5	247	8	207	6	72	2	908
	> 1.0 - 2.0			1		18		22	1	47		31		7		127
	> 2.0 - 5.0			2		21		31		53		25		6	1	139
	> 5.0 - 10.0			1		8		10		18		10				47
	> 10.0 - 15.0											1				1
	> 15.0 - 20.0															
	> 20.0 - 50.0															
	> 50.0															
Total Personen	3		9	1	209	7	246	6	365	8	274	6	85	3	1222	
Mittel pro Person [mSv]	0.63		1.94	0.10	0.90	0.19	0.90	0.42	1.14	0.19	0.87	0.00	0.51	0.83	0.93	
Kollektivdosis [Pers.-mSv]	1.9		17.5	0.1	187.2	1.3	220.3	2.5	414.6	1.5	237.6	0.0	43.4	2.5	1130.4	

Ganzkörperdosen des beruflich strahlenexponierten Personals durch äussere Bestrahlung 2008, Fortsetzung.

Tabelle A.10: Kernkraftwerke gesamt

Eigenpersonal	Dosisverteilung	16 - 18 Jahre		19 - 20 Jahre		21 - 30 Jahre		31 - 40 Jahre		41 - 50 Jahre		51 - 60 Jahre		> 60 Jahre		Total
	[mSv]	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	
	0.0 - 1.0	6	2	12	1	70	5	221	13	343	28	389	12	121	1	1224
	> 1.0 - 2.0			1		11		36	1	58		55		7		169
	> 2.0 - 5.0					7		34		40		42		6	1	130
	> 5.0 - 10.0					1		5		16		7		1		30
	> 10.0 - 15.0							1								1
	> 15.0 - 20.0															
	> 20.0 - 50.0															
	> 50.0															
	Total Personen	6	2	13	1	89	5	297	14	457	28	493	12	135	2	1554
	Mittel pro Person [mSv]	0.08	0.10	0.25	0.00	0.62	0.20	0.82	0.30	0.80	0.03	0.65	0.08	0.38	1.25	0.68
	Kollektivdosis [Pers.-mSv]	0.5	0.2	3.2	0.0	55.2	1.0	243.4	4.2	364.8	0.7	320.7	0.9	51.9	2.5	1049.2
Fremdpersonal	Dosisverteilung	16 - 18 Jahre		19 - 20 Jahre		21 - 30 Jahre		31 - 40 Jahre		41 - 50 Jahre		51 - 60 Jahre		> 60 Jahre		Total
	[mSv]	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	
	0.0 - 1.0	15		46	4	518	11	442	13	626	11	482	8	144	2	2322
	> 1.0 - 2.0			5		71		52		97	1	60		10		296
	> 2.0 - 5.0			10		105		90		88		43		8		344
	> 5.0 - 10.0			1		22		20		25		16				84
	> 10.0 - 15.0									1		2				3
	> 15.0 - 20.0															
	> 20.0 - 50.0															
	> 50.0															
	Total Personen	15		62	4	716	11	604	13	837	12	603	8	162	2	3049
	Mittel pro Person [mSv]	0.18		0.93	0.20	0.98	0.12	0.94	0.05	0.85	0.30	0.71	0.03	0.40	0.00	0.83
	Kollektivdosis [Pers.-mSv]	2.7		57.4	0.8	698.9	1.3	566.6	0.6	710.4	3.6	427.5	0.2	64.2	0.0	2534.2
Eigen- und Fremdpersonal	Dosisverteilung	16 - 18 Jahre		19 - 20 Jahre		21 - 30 Jahre		31 - 40 Jahre		41 - 50 Jahre		51 - 60 Jahre		> 60 Jahre		Total
	[mSv]	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	
	0.0 - 1.0	21	2	58	5	588	16	663	26	969	39	871	20	265	3	3546
	> 1.0 - 2.0			6		82		88	1	155	1	115		17		465
	> 2.0 - 5.0			10		112		124		128		85		14	1	474
	> 5.0 - 10.0			1		23		25		41		23		1		114
	> 10.0 - 15.0							1		1		2				4
	> 15.0 - 20.0															
	> 20.0 - 50.0															
	> 50.0															
	Total Personen	21	2	75	5	805	16	901	27	1294	40	1096	20	297	4	4603
	Mittel pro Person [mSv]	0.15	0.00	0.81	0.16	0.94	0.14	0.90	0.18	0.83	0.11	0.68	0.06	0.39	0.63	0.78
	Kollektivdosis [Pers.-mSv]	3.2	0.0	60.6	0.8	754.1	2.3	810.0	4.8	1075.2	4.3	748.2	1.1	116.1	2.5	3583.2

Ganzkörperdosen des beruflich strahlenexponierten Personals durch äussere Bestrahlung 2008, Fortsetzung.

Tabelle A.11: Zentrales Zwischenlager (ZZL)

Eigenpersonal	Dosisverteilung	16 - 18 Jahre		19 - 20 Jahre		21 - 30 Jahre		31 - 40 Jahre		41 - 50 Jahre		51 - 60 Jahre		> 60 Jahre		
	[mSv]	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	Total
	0.0 - 1.0					1		14	1	19		7		2		44
	> 1.0 - 2.0							2		2						4
	> 2.0 - 5.0							1		1						2
	> 5.0 - 10.0															
	> 10.0 - 15.0															
	> 15.0 - 20.0															
	> 20.0 - 50.0															
	> 50.0															
Total Personen					1		17	1	22		7		2		50	
Mittel pro Person [mSv]					0.80		0.45	0.00	0.52		0.00		0.05		0.40	
Kollektivdosis [Pers.-mSv]					0.8		7.6	0.0	11.4		0.0		0.1		19.9	
Fremdpersonal	Dosisverteilung	16 - 18 Jahre		19 - 20 Jahre		21 - 30 Jahre		31 - 40 Jahre		41 - 50 Jahre		51 - 60 Jahre		> 60 Jahre		
	[mSv]	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	Total
	0.0 - 1.0			2		7	1	20		23		18		4		75
	> 1.0 - 2.0							1								1
	> 2.0 - 5.0											1				1
	> 5.0 - 10.0															
	> 10.0 - 15.0															
	> 15.0 - 20.0															
	> 20.0 - 50.0															
	> 50.0															
Total Personen			2		7	1	21		23		19		4		77	
Mittel pro Person [mSv]			0.00		0.00	0.00	0.13		0.03		0.21		0.00		0.09	
Kollektivdosis [Pers.-mSv]			0.0		0.0	0.0	2.7		0.6		3.9	0.0	0.0		7.2	
Eigen- und Fremdpersonal	Dosisverteilung	16 - 18 Jahre		19 - 20 Jahre		21 - 30 Jahre		31 - 40 Jahre		41 - 50 Jahre		51 - 60 Jahre		> 60 Jahre		
	[mSv]	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	Total
	0.0 - 1.0			2		8	1	34	1	42		25		6		119
	> 1.0 - 2.0							3		2						5
	> 2.0 - 5.0							1		1		1				3
	> 5.0 - 10.0															
	> 10.0 - 15.0															
	> 15.0 - 20.0															
	> 20.0 - 50.0															
	> 50.0															
Total Personen			2		8	1	38	1	45		26		6		127	
Mittel pro Person [mSv]			0.00		0.10	0.00	0.27	0.00	0.27		0.15		0.02		0.21	
Kollektivdosis [Pers.-mSv]			0.0		0.8	0.0	10.3	0.0	12.0		3.9		0.1		27.1	

Ganzkörperdosen des beruflich strahlenexponierten Personals durch äussere Bestrahlung 2008, Fortsetzung.

Tabelle A.12: Kernkraftwerke und Zentrales Zwischenlager (ZZL)

Eigenpersonal	Dosisverteilung	16 - 18 Jahre		19 - 20 Jahre		21 - 30 Jahre		31 - 40 Jahre		41 - 50 Jahre		51 - 60 Jahre		> 60 Jahre		Total
	[mSv]	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	
	0.0 - 1.0	6	2	12	1	71	5	236	14	362	28	396	12	123	1	1269
	> 1.0 - 2.0			1		11		37	1	60		55		7		172
	> 2.0 - 5.0					7		35		41		42		6	1	132
	> 5.0 - 10.0					1		5		16		7		1		30
	> 10.0 - 15.0							1								1
	> 15.0 - 20.0															
	> 20.0 - 50.0															
	> 50.0															
	Total Personen	6	2	13	1	90	5	314	15	479	28	500	12	137	2	1604
	Mittel pro Person [mSv]	0.08	0.10	0.25	0.00	0.62	0.20	0.80	0.28	0.79	0.03	0.64	0.08	0.38	1.25	0.67
	Kollektivdosis [Pers.-mSv]	0.5	0.2	3.2	0.0	56.0	1.0	250.1	4.2	376.2	0.7	320.7	0.9	52.0	2.5	1068.2
Fremdpersonal	Dosisverteilung	16 - 18 Jahre		19 - 20 Jahre		21 - 30 Jahre		31 - 40 Jahre		41 - 50 Jahre		51 - 60 Jahre		> 60 Jahre		Total
	[mSv]	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	
	0.0 - 1.0	15		48	4	522	12	455	13	636	11	493	8	145	2	2364
	> 1.0 - 2.0			5		71		52		96	1	60		10		295
	> 2.0 - 5.0			10		105		90		88		44		8		345
	> 5.0 - 10.0			1		22		20		25		16				84
	> 10.0 - 15.0									1		2				3
	> 15.0 - 20.0															
	> 20.0 - 50.0															
	> 50.0															
	Total Personen	15		64	4	720	12	617	13	846	12	615	8	163	2	3091
	Mittel pro Person [mSv]	0.18		0.90	0.20	0.97	0.11	0.92	0.05	0.84	0.30	0.70	0.03	0.39	0.00	0.82
	Kollektivdosis [Pers.-mSv]	2.7		57.4	0.8	698.6	1.3	568.9	0.6	711.0	3.6	430.8	0.2	64.2	0.0	2540.1
Eigen- und Fremdpersonal	Dosisverteilung	16 - 18 Jahre		19 - 20 Jahre		21 - 30 Jahre		31 - 40 Jahre		41 - 50 Jahre		51 - 60 Jahre		> 60 Jahre		Total
	[mSv]	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	
	0.0 - 1.0	21	2	60	5	593	17	691	27	998	39	889	20	268	3	3633
	> 1.0 - 2.0			6		82		89	1	156	1	115		17		467
	> 2.0 - 5.0			10		112		125		129		86		14	1	477
	> 5.0 - 10.0			1		23		25		41		23		1		114
	> 10.0 - 15.0							1		1		2				4
	> 15.0 - 20.0															
	> 20.0 - 50.0															
	> 50.0															
	Total Personen	21	2	77	5	810	17	931	28	1325	40	1115	20	300	4	4695
	Mittel pro Person [mSv]	0.15	0.10	0.79	0.16	0.93	0.14	0.88	0.17	0.82	0.11	0.67	0.06	0.39	0.63	0.77
	Kollektivdosis [Pers.-mSv]	3.2	0.2	60.6	0.8	754.6	2.3	819.0	4.8	1087.2	4.3	751.5	1.1	116.2	2.5	3608.3

Verteilung der Extremitätendosen 2008.

Tabelle A.13: Kernanlagen und Forschung (PSI)

Dosisverteilung	KKB 1 + 2			KKG			KKL			KKM			Total KKW			PSI			ZZL			Summe Kernanlagen und PSI			
[mSv]	EP	FP	EP+FP	EP	FP	EP+FP	EP	FP	EP+FP	EP	FP	EP+FP	EP	FP	EP+FP	EP	FP	EP+FP	EP	FP	EP+FP	EP	FP	EP+FP	EP + FP
0 - 25	7	6	13	8	5	13	1	4	5	5	10	15	21	25	46	85	6	91	0	0	0				137
> 25 - 50				2	2					1		1	1	2	3										3
> 50 - 75																1		1							1
> 75 - 100																									
> 100 - 125																									
> 125 - 150																									
> 150 - 175																									
> 175 - 200																									
> 200 - 300																									
> 300 - 400																									
> 400 - 500																									
> 500																									
Total Personen	7	6	13	8	7	15	1	4	5	6	10	16	22	27	49	86	6	92	0	0	0				141

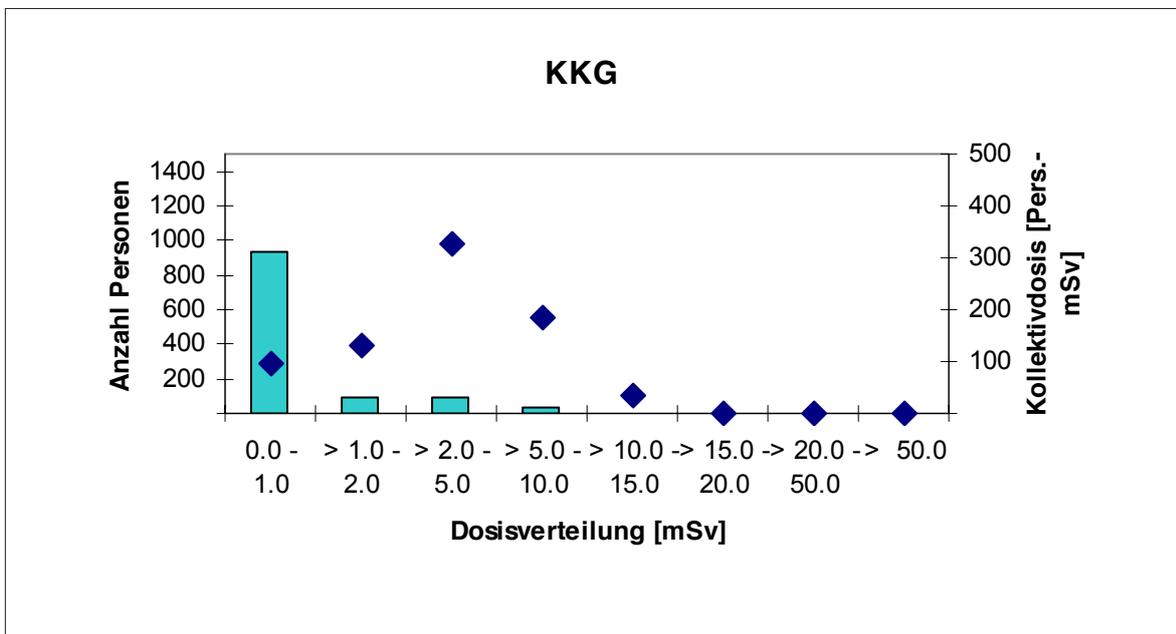
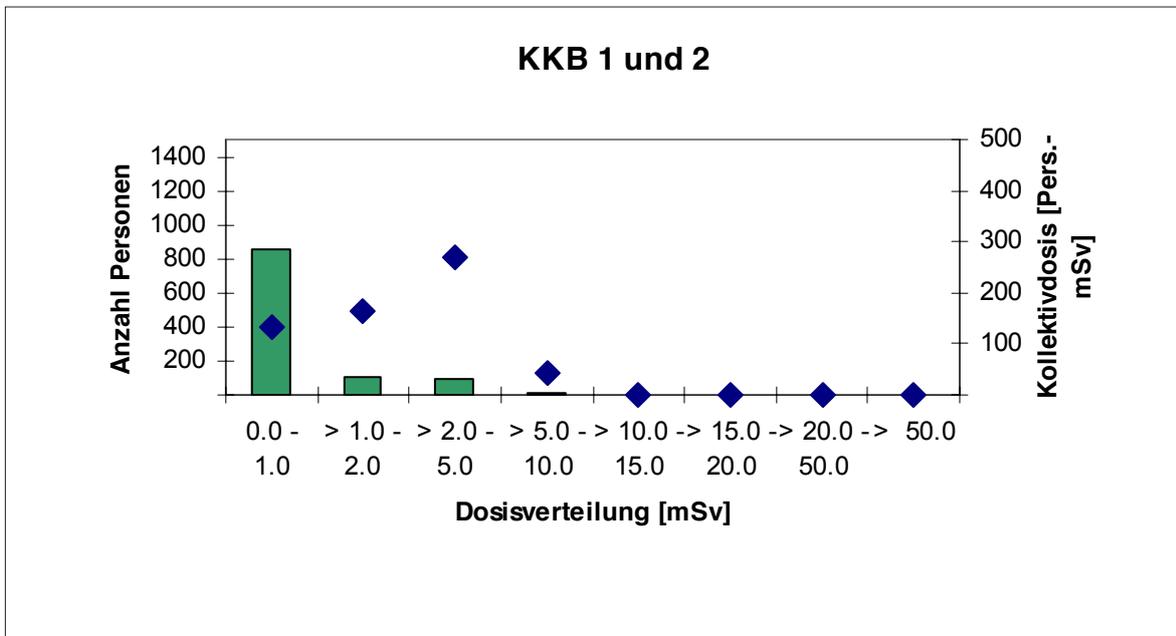
Folgedosis E₅₀ des beruflich strahlenexponierten Personals durch Inkorporationen.

Tabelle A.14: Kernanlagen und Forschung (PSI)

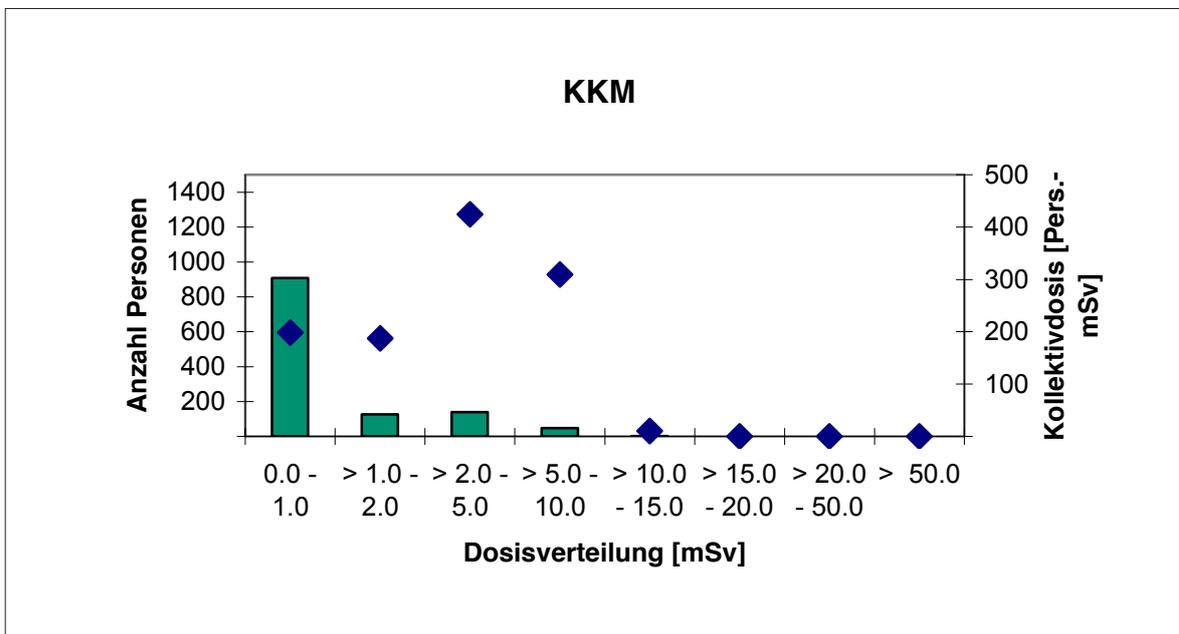
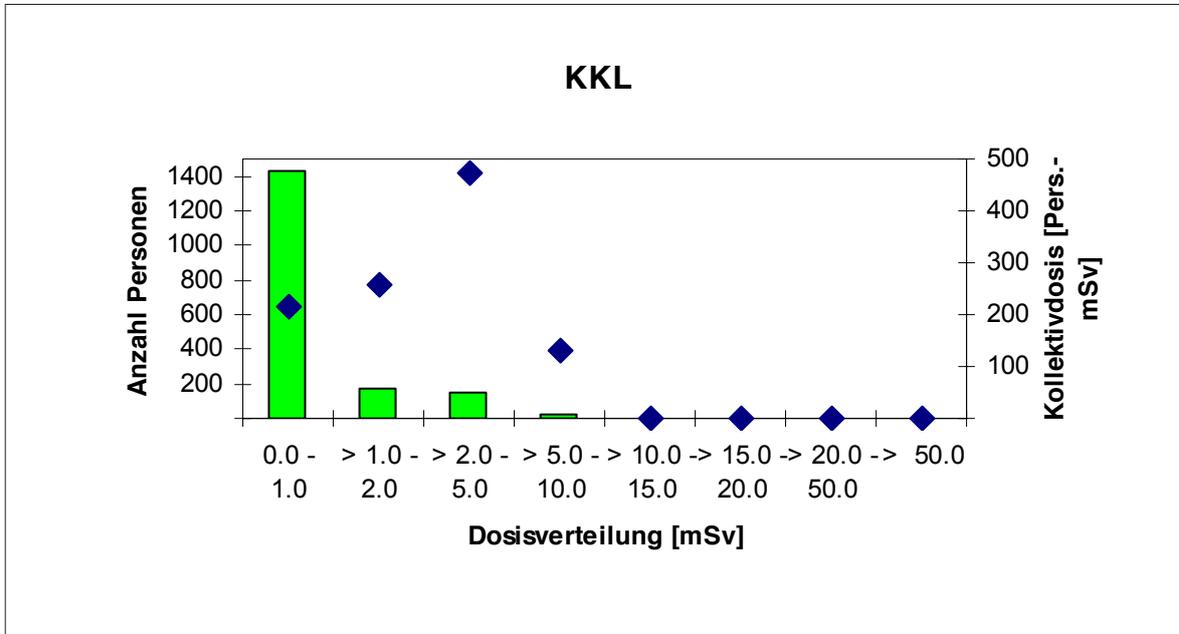
Folgedosis E ₅₀ Dosisverteilung	KKB 1 + 2			KKG			KKL			KKM			Total KKW			PSI			ZZL			Summe Kernanlagen und PSI			
[mSv]	EP	FP	EP+FP	EP	FP	EP+FP	EP	FP	EP+FP	EP	FP	EP+FP	EP	FP	EP+FP	EP	FP	EP+FP	EP	FP	EP+FP	EP	FP	EP+FP	EP + FP
<= 1.0	369	601	970	355	731	1086	440	1349	1789	312	910	1222	1476	3591	5067	252	10	262	52	88	140				5469
> 1.0 - 2.0																									
> 2.0 - 5.0																									
> 5.0 - 10.0																									
> 10.0 - 15.0																									
> 15.0 - 20.0																									
> 20.0 - 50.0																									
> 50.0																									
Total Personen	369	601	970	355	731	1086	440	1349	1789	312	910	1222	1476	3591	5067	252	10	262	52	88	140				5469

Kollektivdosen und Anzahl dosimetrierter Personen 2008.

Darstellung A.4: Anzahl Personen (Säulen) im Vergleich mit den Kollektivdosen (Punkte)



Kollektivdosen und Anzahl dosimetrierter Personen 2008, Fortsetzung



Messungen der Personendosimetriestellen im Aufsichtsbereich des ENSI 2008.

Tabelle A.15: Dosimetriestellen

Messstelle	Überwachung der äusseren Bestrahlung									Überwachung der Inkorporationen								
	Ganzkörper			Haut			Extremitäten			Ganzkörperzähler			Schilddrüse			Urin		
	r ¹⁾	m ²⁾	a ³⁾	r ¹⁾	m ²⁾	a ³⁾	r ¹⁾	m ²⁾	a ³⁾	r ¹⁾	m ²⁾	a ³⁾	r ¹⁾	m ²⁾	a ³⁾	r ¹⁾	m ²⁾	a ³⁾
PSI	β, γ, x β, γ, x n	TLD / DIS Cr-39	1434 1119	β, γ, x β, γ, x	TLD / DIS	1434	β, γ, x	TLD	92	γ	Ge	248	γ, x	Nal	15	α, β γ, x	LSC / Nal Ge	5
KKB 1 und 2	β, γ, x	DIS	1066	β, γ, x	DIS	1066	β, γ, x	TLD	13	γ	Nal	970	γ	Nal	970			
KKG	γ	TLD	1146	γ	TLD	1146				γ	PSC	1086	γ	PSC	1086			
KKL	β, γ	TLD	1852	β, γ	TLD	1852	β, γ	TLD	5	γ	Nal	1789	γ	Nal	1789	β, γ	Ge	4
KKM	γ	TLD	1222	β, γ	TLD	1222	γ	TLD	16	γ	Nal	3313	γ	Nal	3313			
ZZL ⁴⁾	γ	DIS	127	β, γ, x	DIS	127	γ	TLD	0	γ	Nal	140	γ	Nal	140			

1) r = Strahlungsart:

α = Alpha
β = Beta
γ = Gamma
n = Neutronen
x = Röntgen

2) m = Messmethode:

TLD = Thermolumineszenzdosimeter
DIS = Direct Ion Storage
Cr-39 = Spaltspurdosimeter
LSC = Flüssigkeitsszintillator
PSC = Plastikszintillator
Ge = Reinstgermanium-Detektor
Nal = Nal(Tl)-Szintillator

3) a = Anzahl der überwachten Personen (bei KKM: Anzahl Messungen)

4) Die Dosimetrie für das ZZL erfolgt in der Dosimetriestelle des KKB

Zusammenstellung der Kollektivdosen.

Tabelle A.16: Relative Aufteilung der Kollektivdosen auf Betrieb und Revisionsstillstand 1980 bis 2008 in Prozent

Jahr	Relative Aufteilung der Jahreskollektivdosen [%]									
	KKB 1 + 2		KKG		KKL		KKM		Total	
	Betrieb	Stillstand	Betrieb	Stillstand	Betrieb	Stillstand	Betrieb	Stillstand	Betrieb	Stillstand
1980	49%	51%	22%	78%			40%	60%	43%	57%
1981	40%	60%	9%	91%			39%	61%	36%	64%
1982	41%	59%	9%	91%			41%	59%	38%	62%
1983	21%	79%	8%	92%			36%	64%	22%	78%
1984	37%	63%	13%	87%	100%	0%	25%	75%	33%	67%
1985	35%	65%	19%	81%	28%	72%	22%	78%	28%	72%
1986	38%	62%	17%	83%	20%	80%	13%	87%	20%	80%
1987	4%	96%	13%	87%	33%	67%	44%	56%	21%	79%
1988	26%	74%	9%	91%	15%	85%	37%	63%	23%	77%
1989	24%	76%	12%	88%	39%	61%	31%	69%	27%	73%
1990	23%	77%	20%	80%	29%	71%	25%	75%	25%	75%
1991	17%	83%	23%	77%	20%	80%	30%	70%	21%	79%
1992	12%	88%	19%	81%	25%	75%	27%	73%	19%	81%
1993	13%	87%	16%	84%	34%	66%	42%	58%	24%	76%
1994	34%	66%	11%	89%	29%	71%	39%	61%	28%	72%
1995	20%	80%	18%	82%	39%	61%	37%	63%	30%	70%
1996	19%	81%	22%	78%	37%	63%	37%	63%	25%	75%
1997	22%	78%	22%	78%	36%	64%	25%	75%	27%	73%
1998	25%	75%	25%	75%	34%	66%	35%	65%	31%	69%
1999	8%	92%	22%	78%	32%	68%	41%	59%	24%	76%
2000	16%	84%	27%	73%	29%	71%	55%	45%	32%	68%
2001	16%	84%	21%	79%	30%	70%	41%	59%	28%	72%
2002	23%	77%	20%	80%	51%	49%	46%	54%	33%	67%
2003	25%	75%	19%	81%	31%	69%	33%	67%	29%	71%
2004	17%	83%	14%	86%	15%	85%	42%	58%	22%	78%
2005	14%	86%	9%	91%	30%	70%	38%	62%	24%	76%
2006	18%	82%	18%	82%	30%	70%	33%	67%	27%	73%
2007	19%	81%	18%	82%	31%	69%	31%	69%	26%	74%
2008	18%	82%	11%	89%	15%	85%	22%	78%	17%	83%

Tabelle A.17: Aufteilung der Kollektivdosen auf Betrieb und Revisionsstillstand 1980 bis 2008 in Pers.-mSv

Jahr	Aufteilung der Jahreskollektivdosen [Pers.-mSv]									
	KKB 1 + 2		KKG		KKL		KKM		Total	
	Betrieb	Stillstand	Betrieb	Stillstand	Betrieb	Stillstand	Betrieb	Stillstand	Betrieb	Stillstand
1980	2217	2283	160	580			1430	2180	3807	5043
1981	2077	3144	90	870			1147	1800	3314	5814
1982	2605	3708	110	1060			1199	1710	3914	6478
1983	2126	8189	130	1580			1042	1870	3298	11639
1984	1946	3269	150	1020	520	0	990	2960	3606	7249
1985	1719	3222	200	850	414	1070	1050	3650	3383	8792
1986	1913	3058	270	1360	480	1870	1490	9830	4153	16118
1987	182	4707	250	1720	620	1260	1390	1770	2442	9457
1988	911	2635	170	1670	570	3180	1250	2120	2901	9605
1989	1106	3415	250	1770	940	1500	1030	2300	3326	8985
1990	651	2172	250	980	630	1530	490	1440	2021	6122
1991	630	3048	270	880	470	1930	540	1290	1910	7148
1992	429	3194	180	780	430	1310	590	1600	1629	6884
1993	484	3276	150	770	561	1084	736	1037	1931	6167
1994	310	607	160	1296	745	1832	630	979	1845	4714
1995	279	1090	193	900	639	1019	671	1121	1782	4130
1996	228	973	201	720	434	1524	510	886	1373	4103
1997	151	538	162	580	458	832	394	1182	1165	3132
1998	139	407	209	612	367	723	456	831	1171	2573
1999	119	1381	174	630	372	793	420	611	1085	3415
2000	124	651	140	382	288	691	432	360	984	2084
2001	141	766	111	429	300	710	380	542	932	2447
2002	135	462	184	750	225	218	432	517	976	1947
2003	116	340	107	450	268	605	368	760	859	2155
2004	107	511	113	721	269	1522	458	634	947	3388
2005	101	603	120	1146	171	398	540	871	932	3018
2006	94	430	96	445	269	616	354	709	813	2200
2007	108	457	97	452	192	420	401	900	798	2229
2008	108	501	88	686	157	924	249	881	602	2992

Zusammenstellung der Kollektivdosen.

Tabelle A.18: Kollektivdosen der Kernkraftwerke 2008

Anlage	KKB 1 + 2	KKG	KKL	KKM	Total
Pers.-mSv	608.9	774.1	1080.3	1130.4	3583.4

Jahreskollektivdosen

Anlage	KKB 1 + 2	KKG	KKL	KKM	Total
Pers.-mSv	501.0	685.7	924.0	881.0	2991.7

Kollektivdosen der Revisionsstillstände

Tabelle A.19:

Paul Scherrer Institut (PSI):

Kollektivdosis des dosimetrierten Personals 2008

Kalender-Jahr	PSI-Gesamtpersonal		
	Anzahl Personen	Kollektivdosis [Pers.-mSv]	Mittel pro Pers. [mSv]
1972	268	1'118.0	4.2
1973	288	892.0	3.1
1974	287	688.0	2.4
1975	288	687.0	2.4
1976	294	767.0	2.6
1977	360	1'019.0	2.8
1978	351	830.0	2.4
1979	358	683.0	1.9
1980	337	590.0	1.8
1981	380	572.0	1.5
1982	374	640.0	1.7
1983	382	507.0	1.3
1984	374	566.0	1.5
1985	383	598.0	1.6
1986	380	541.0	1.4
1987	423	603.3	1.4
1988	1180	822.9	0.7
1989	1199	1'011.2	0.8
1990	1217	1'085.3	0.9
1991	1257	840.0	0.7
1992	1164	745.0	0.6
1993	1112	523.3	0.5
1994	1129	469.1	0.4
1995	1156	537.8	0.5
1996	1179	431.9	0.4
1997	1161	354.2	0.3
1998	1260	239.5	0.2
1999	1245	195.9	0.2
2000	1197	145.7	0.1
2001	1137	188.6	0.2
2002	1156	179.6	0.2
2003	1142	182.7	0.2
2004	1232	228.0	0.2
2005	1313	177.7	0.1
2006	1342	183.4	0.1
2007	1375	154.4	0.1
2008	1454	136.3	0.1

Tabelle A.20: Zentrales Zwischenlager (ZZL), Kollektivdosis des dosimetrierten Personals 2008

Kalender- jahr	Eigenpersonal			Fremdpersonal			Total		
	Anzahl Personen	Kollektiv- dosis [Pers.-mSv]	Mittel pro Person	Anzahl Personen	Kollektiv dosis [Pers.-mSv]	Mittel pro Person	Anzahl Personen	Kollektiv- dosis [Pers.-mSv]	Mittel pro Person
2001	21	1.3	0.1	35	0.9	0.0	56	2.2	0.0
2002	30	6.1	0.2	61	2.0	0.0	91	8.1	0.1
2003	29	1.8	0.1	59	0.9	0.0	88	2.7	0.0
2004	33	2.6	0.1	71	0.7	0.0	104	3.3	0.0
2005	29	4.9	0.2	79	10.1	0.1	108	15.0	0.1
2006	31	2.7	0.1	70	18	0.3	101	20.7	0.2
2007	40	7.1	0.2	85	15.2	0.2	125	22.3	0.2
2008	50	19.9	0.4	77	7.2	0.1	127	27.1	0.2

4.3 Jobdosimetrie

Die Jobdosimetrie dient der Optimierung von Arbeiten im Hinblick auf die Strahlendosen. Eine Arbeit in einem bestimmten Jahr kann mit der gleichen Arbeit in früheren Jahren verglichen werden. Daraus ergeben sich wertvolle anlagenspezifische Erkenntnisse für den Strahlenschutz. Die Meldungen der Kernkraftwerke über die arbeitsspezifischen Dosen (Jobdosen) im Berichtsjahr sind in diesem Kapitel dargestellt und durch Trendentwicklungen ergänzt. Bewertungen der Entwicklungen im Strahlenschutz befinden sich am Ende des Kapitels 4. Die Systeme, mit denen in den Kernkraftwerken die Jobdosen ermittelt werden, sind stetig verbessert worden. Die Richtlinie R-12 «Erfassung und Meldung der Dosen des strahlenexponierten Personals der Kernanlagen und des Paul Scherrer Instituts» regelt unter anderem die Minimalanforderungen an die elektronischen Kontroll-dosimeter hinsichtlich Warn- und Schutzfunktion und der Möglichkeit, diese Geräte für die Ermittlung der Jobdosen einzusetzen. Elektronische Dosimeter haben zusätzlich den Vorteil, dass sie sofort abgelesen werden können. Die Richtlinie äussert sich aber bewusst nicht darüber, wie im Detail die Jobdosimetrie erfolgen soll, da diese Aufgabe im Verantwortungsbereich der Kern-anlage liegt und die Freiheit zur Entwicklung eines für

die spezifischen Gegebenheiten optimalen Systems of-fen bleiben soll. Computerbasierte, vernetzte Systeme haben sich bewährt und werden nun auch mehrheitlich eingesetzt.

In den folgenden Tabellen werden Kategorien von Ar-beiten, Personengruppen und Tätigkeiten vorgegeben. Die Aufteilung der Dosen auf diese Kategorien wird von den Betreibern auf Grund der Möglichkeiten ihrer Systeme vorgenommen. Daher ist es möglich, dass be-stimmte Kernkraftwerke zu einzelnen Kategorien oder Aufteilungen keine Informationen liefern.

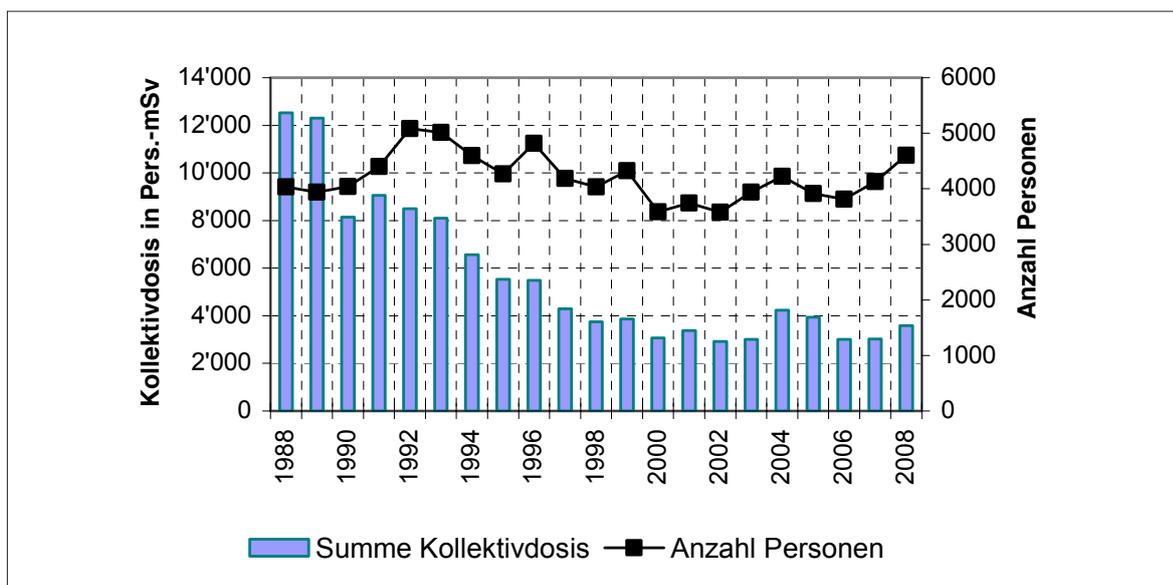
Die Kernkraftwerke in der Schweiz sind auf Grund ihrer Konstruktion (Siede- oder Druckwasseranlage) sowie ihres Alters nur bedingt miteinander vergleichbar. Zu-dem werden die Jobdosen unterschiedlich ermittelt und der Aufwand für Arbeiten im Strahlenfeld variiert in je-der Anlage von Jahr zu Jahr. Aussagen über den Strah-lenschutz in den einzelnen Anlagen lassen sich aus der Trendverfolgung und dem Trendvergleich zwischen den Anlagen sehr wohl ableiten, wenn die durchgeführten Arbeiten, zum Beispiel ein Dampferzeugeraustausch oder die Reparatur einer grossen Pumpe, angemessen berücksichtigt werden. Ein direkter Vergleich von Job-dosen zwischen verschiedenen Anlagen kann jedoch zu falschen Schlüssen führen, wenn die Randbedingungen nicht adäquat berücksichtigt werden.

Jahreskollektivdosen der Kernkraftwerke in der Schweiz.

Tabelle A.21: Summe der Kollektivdosen in Pers.-mSv und Anzahl beruflich strahlenexponierter Personen

Jahr	Summe Kollektivdosis	Anzahl Personen
1988	12 520	4035
1989	12 310	3941
1990	8 150	4040
1991	9 056	4402
1992	8 500	5084
1993	8 100	5011
1994	6 559	4595
1995	5 535	4268
1996	5 487	4818
1997	4 297	4186
1998	3 744	4031
1999	3 859	4326
2000	3 068	3586
2001	3 380	3745
2002	2 922	3580
2003	3 013	3937
2004	4 236	4221
2005	3 946	3913
2006	3 009	3815
2007	3 018	4127
2008	3 583	4603

Die Anzahl Personen in dieser Tabelle entspricht der Summe der Meldungen der einzelnen Kraftwerke. Sie enthält demnach Mehrfachzählungen wegen der Personen, die in mehr als einer Anlage eingesetzt wurden. Weitere Informationen dazu sind im Kapitel Personendosimetrie zu finden.



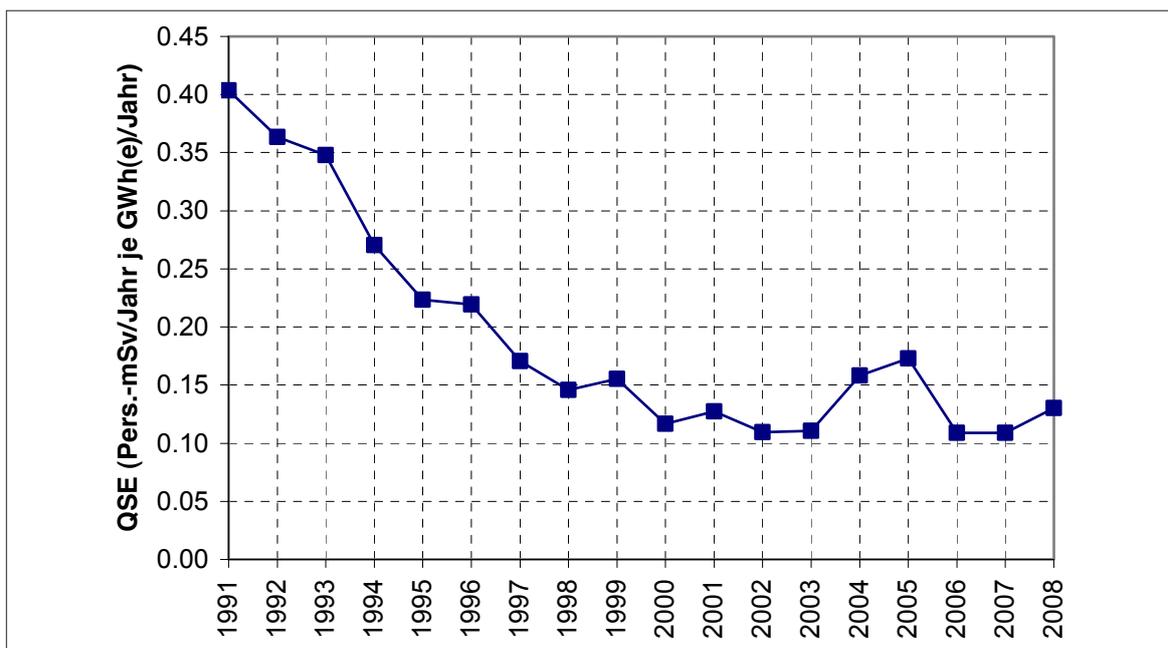
Grafische Darstellung der Werte aus Tabelle A.21.

Verhältnis zwischen Dosisaufwand und Energieerzeugung

Tabelle A.22: Entwicklung des Verhältnisses Kollektivdosis in Pers.-mSv zur erzeugten elektrischen Bruttoenergie (QSE) über alle Kraftwerke

Jahr	Dosis	Energie	QSE
1991	9056	22438.1	0.404
1992	8500	23394.0	0.363
1993	8100	23290.8	0.348
1994	6559	24250.1	0.270
1995	5535	24783.6	0.223
1996	5487	25026.6	0.219
1997	4297	25190.8	0.171
1998	3744	25683.1	0.146
1999	3859	24835.0	0.155
2000	3068	26310.0	0.117
2001	3380	26556.1	0.127
2002	2922	26738.9	0.109
2003	3013	27233.8	0.111
2004	4236	26769.1	0.158
2005	3954	22851.6	0.173
2006	3009	27649.2	0.109
2007	3017	27751.9	0.109
2008	3583	27528.0	0.130

Dosis: Jahreskollektivdosis aller Kernkraftwerke in Pers.-mSv
 Energie: erzeugte elektrische Bruttoenergie aller Kernkraftwerke in GWh(e)/Jahr
 QSE: Quotient in Pers.-mSv/Jahr pro GWh(e)/Jahr



Grafische Darstellung der Werte aus Tabelle A.22. Der Anstieg in den Jahren 2004 und 2005 wurde durch umfangreiche und dosisintensive Revisionsarbeiten im KKL und im KKG sowie durch die verlängerte Abstellung der Anlage KKL im Jahr 2005 verursacht.

Vergleich von TLD/DIS- und EPD-Messwerten

Die elektronischen Personendosimeter (EPD) liefern Messwerte, die von TLD- und DIS-Messwerten der behördlich anerkannten Personendosimetriestellen abweichen können. Diese Unterschiede sind für die einzelnen Anlagen nicht identisch, weil sie vom EPD-Typ sowie von den Eigenschaften des Strahlenfeldes abhängig sind. Da die EPD die Dosis gegenüber dem TLD überbewerten, bewegt man sich strahlenschutztechnisch auf der sicheren Seite.

Tabelle A.23: Zusammenstellung der mit EPD und TLD/DIS ermittelten Kollektivdosen für das gesamte Betriebsjahr

Werk	TLD* (Pers.-mSv)	EPD* (Pers.-mSv)	Verhältnis EPD/TLD*
KKB I + II**	EP 108		
	FP 501		
	Summe 609		
KKG**	EP 88		
	FP 686		
	Summe 774		
KKL***	EP 202	EP 261	EP 1.29
	FP 879	FP 970	FP 1.10
	Summe 1081	Summe 1231	EP und FP 1.14
KKM	EP 373	EP 402	EP 1.08
	FP 757	FP 898	FP 1.19
	Summe 1130	Summe 1299	EP und FP 1.15

Je nach Kernkraftwerk erfolgt die Meldung der Kollektivdosen unterschiedlich:

- * KKM und KKL melden sowohl EPD- als auch TLD-Dosen, wobei die arbeits- und gruppenspezifischen Dosen auf den EPD basieren. Im Berichtsteil zu den Jobdosen erscheinen, wenn nicht anders vermerkt, auf TLD-Werte umgerechnete EPD-Dosen.
- ** KKB und KKG meldeten sämtliche Dosen als TLD/DIS-Dosen, wobei werksintern für die Ermittlung der Werte EPD-Daten herangezogen werden. Die anerkannte Dosimetriestelle des KKB verwendet DIS-Dosimeter.
- *** Das KKL hat festgestellt, dass der Quotient EPD/TLD signifikant von der Betriebsart (Leistungsbetrieb oder Revisionsstillstand) abhängt. Begründet wird dies durch eine im Leistungsbetrieb aus ¹⁶N entstehende hochenergetische Gammastrahlenkomponente, die von den EPDs überhöht angezeigt wird. Die einzelnen Quotienten für die Revision und den Leistungsbetrieb liegen bei 1,11 und 1,3.

Kollektivdosen in den einzelnen Betriebsphasen.

Tabelle A.24: Kollektivdosen in den einzelnen Betriebsphasen (Pers.-mSv; pro KKW im Berichtsjahr)

Betriebsphasen	KKB (1+2)	KKG	KKL	KKM
Leistungsbetrieb	108	88	157	249
Geplanter Stillstand	501	686	924	881
Ungeplante Stillstände	-	-	-	-
Summe	609	774	1081	1130

Tabelle A.25: Kollektivdosisanteile verschiedener Arbeitsbereiche (Pers.-mSv; pro KKW im Berichtsjahr)

Personengruppe	KKB (1+2)	KKG	KKL	KKM
Strahlenschutz/Chemie	40	63	91	95
Reinig./Dekontamination	48	87	52	95
Mechanik	64	103	696	528
Elektrotechnik	15	13	72	42
Brennstoff	68	12	21	1
Gerüstbau	50	0	31	30
Isoleure	17	0	19	107
Betrieb (Schicht)	0	30	74	146
Behörden (SVTI, ENSI)	0	3	5	6
Übrige	237	464	19	78
Abschirmungen	15	0	0	0
Ausserordent. Unterhalt	56	0	0	0
Summe	609	774	1081	1130

Darstellung A.5: Kollektivdosisanteile in Prozent.

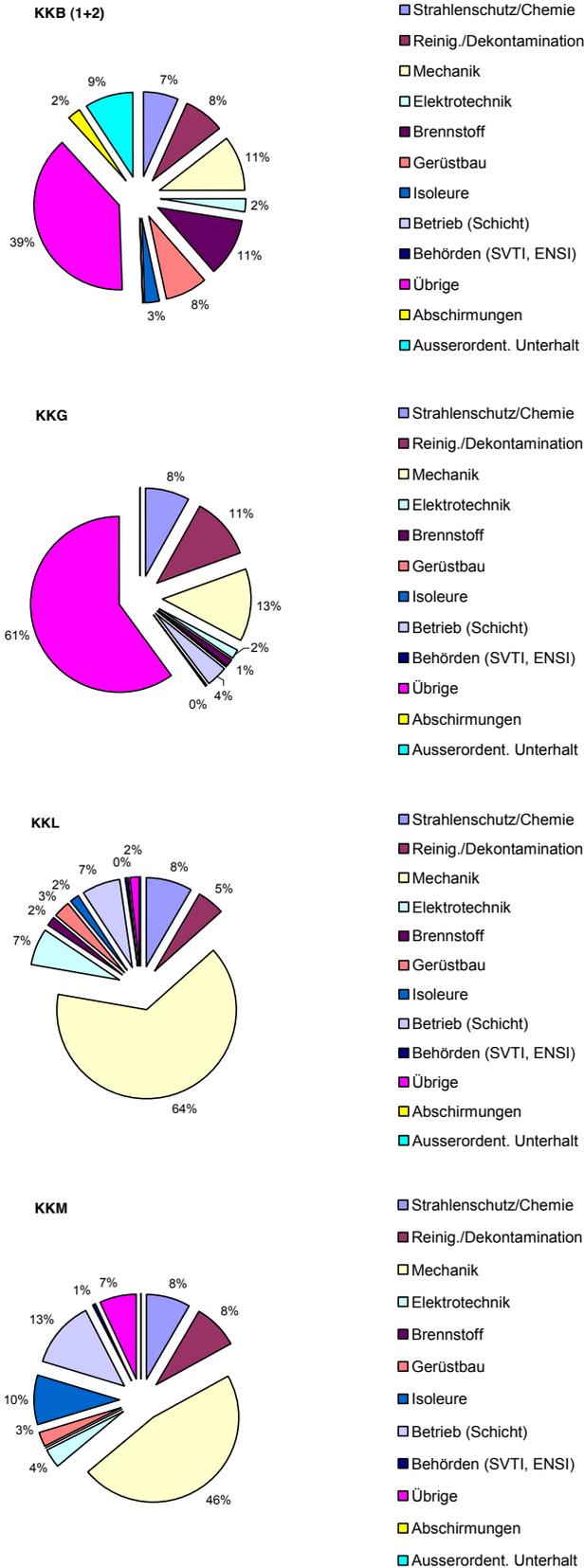


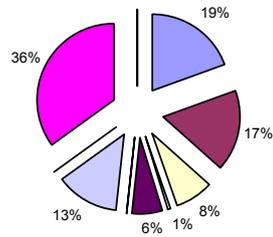
Tabelle A.26: Kollektivdosisanteile verschiedener Arbeitsbereiche im Leistungsbetrieb (Pers.-mSv pro KKW im Berichtsjahr)

Personengruppen	KKB (1+2)	KKG	KKL	KKM
Strahlenschutz/Chemie	0	17	20	24
Reinigung / Dekontamination	0	15	13	33
Mechanik	0	7	49	94
Elektrotechnik	0	1	16	8
Brennstoff	0	6	5	1
Gerüstbau	0	0	2	3
Isloeuere	0	0	0	3
Betrieb (Schicht)	0	12	39	72
Behörden (SVTI / ENSI)	0	0	1	1
Übrige Personengruppen	108	31	12	12
Abschirmungen	0	0	0	0
Ausserordent. Unterhalt	0	0	0	0
Summe	108	88	157	249

KKB bestimmt während des Leistungsbetriebes keine Jobdosen.

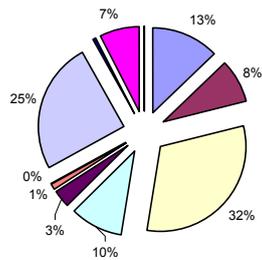
Darstellung A6: Kollektivdosisanteile im Leistungsbetrieb in Prozent.

KKG



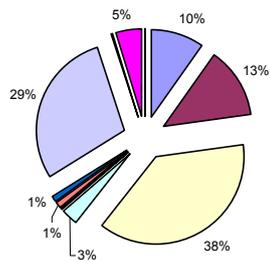
- Strahlenschutz/Chemie
- Reinigung / Dekontamination
- Mechanik
- Elektrotechnik
- Brennstoff
- Gerüstbau
- Isloeuere
- Betrieb (Schicht)
- Behörden (SVTI / ENSI)
- Übrige Personengruppen
- Abschirmungen
- Ausserordent. Unterhalt

KKL



- Strahlenschutz/Chemie
- Reinigung / Dekontamination
- Mechanik
- Elektrotechnik
- Brennstoff
- Gerüstbau
- Isloeuere
- Betrieb (Schicht)
- Behörden (SVTI / ENSI)
- Übrige Personengruppen
- Abschirmungen
- Ausserordent. Unterhalt

KKM



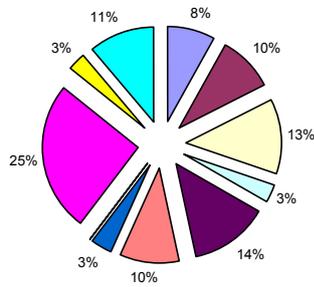
- Strahlenschutz/Chemie
- Reinigung / Dekontamination
- Mechanik
- Elektrotechnik
- Brennstoff
- Gerüstbau
- Isloeuere
- Betrieb (Schicht)
- Behörden (SVTI / ENSI)
- Übrige Personengruppen
- Abschirmungen
- Ausserordent. Unterhalt

Tabelle A.27: Kollektivdosisanteile verschiedener Arbeitsbereiche; geplanter Stillstand (Pers.-mSv pro KKW im Berichtsjahr)

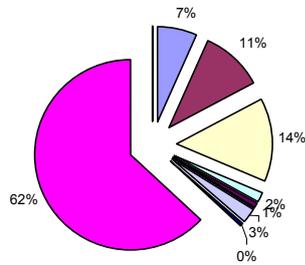
Personengruppe	KKB I+II	KKG	KKL	KKM
Strahlenschutz/Chemie	40	46	70	70
Reinigung / Dekontamination	48	72	38	57
Mechanik	64	96	656	452
Elektrotechnik	15	12	55	35
Brennstoff	68	6	15	0
Gerüstbau	50	0	30	30
Isoleure	17	0	19	122
Betrieb (Schicht)	0	18	30	39
Behörden (SVTI / ENSI)	0	3	4	6
Übrige Personengruppen	129	433	6	71
Abschirmungen	15	0	0	0
Ausserordent. Unterhalt	56	0	0	0
Summe	501	686	924	881

Darstellung A.7: Kollektivdosisanteile; geplanter Stillstand.

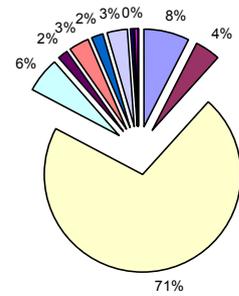
KKB 1+2



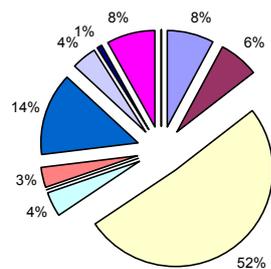
KKG



KKL



KKM



4.4 Bewertung der Strahlenexposition in den Kernanlagen

Der Jahresgrenzwert für die Individualdosis des beruflich strahlenexponierten Personals wurde im Jahr 2008, wie in den Vorjahren seit Inkrafttreten der Strahlenschutzverordnung 1994, im Aufsichtsbereich des ENSI nicht überschritten.

Die *Kollektivdosis* konnte in den vergangenen Jahren auf die Hälfte reduziert werden. Weiter fällt auf, dass sich die Jahreskollektivdosen in älteren (KKB; KKM) und neueren Anlagen (KKG; KKL) im Laufe der Zeit immer mehr angenähert haben. Dabei kann festgehalten werden, dass in älteren Anlagen die Kollektivdosis stärker reduziert werden konnte als in neueren. Neuere Anlagen können wegen umfangreichen Systemänderungen in einer Jahresrevision eine höhere Jahreskollektivdosis aufweisen als ältere.

Als Folge von Dosisreduktion, Verkürzung der Stillstände und Leistungserhöhungen ist der Quotient aus Dosis pro erzeugte elektrische Energie QSE in der Vergangenheit stetig gefallen. Nun ist eine Stabilisierung bei etwa 0,125 Pers.-mSv pro GWh_{el} abzusehen. Die Verfügbarkeit der Schweizer Kernkraftwerke führte im Jahr 2008 zu einem QSE von 0,130 Pers.-Sv pro GWh_{el}.

Bei der *mittleren Individualdosis* ist das gleiche Bild zu beobachten: Die mittleren Individualdosen konnten in den letzten Jahren um einen Faktor 2 gesenkt werden, wobei die Anzahl beruflich strahlenexponierter Personen ungefähr gleich geblieben ist. Die mittleren Expositionen des Personals in den Kernkraftwerken haben sich angeglichen und liegen heute unter 1 mSv pro Jahr, dem Grenzwert der Dosis für nichtberuflich strahlenexponierte Personen. In den anderen Kernanlagen liegen die mittleren Expositionen deutlich unter 1 mSv pro Jahr.

Neben der mittleren Individualdosis sind die *maximalen Individualdosen* einiger Spezialisten, die bei ihren Arbeiten an Komponenten mit relativ hoher Ortsdosisleistung nicht durch andere Personen ersetzt werden können, eine Herausforderung für den Strahlenschutz. Zur Dosisoptimierung des Personals beim Wechseln der Dichtungen an den Hauptkühlmittelpumpen führte das KKG eine chemische Dekontamination durch. Die erzielten Ergebnisse entsprachen den Erwartungen. Die Oberflächen-Dosisleistung konnte an drei Messpunkten von 75 mSv/h, 85 mSv/h bzw. 170 mSv/h auf 16 mSv/h, 8 mSv/h bzw. 3 mSv/h reduziert werden. Im KKG und im KKM lag die maximale Individualdosis über 10 mSv, während es im KKB und im KKL gelang, die Individualdosen unter 10 mSv zu halten.

Aus Sicht der zuständigen Aufsichtsbehörde ENSI kann dem Strahlenschutz in den schweizerischen Kernanlagen ein gutes Zeugnis ausgestellt werden: Die Optimierungsanstrengungen, die seit den 90er-Jahren zur Reduktion der Dosis führten, hatten Erfolg. Es ist nun die Aufgabe, diesen guten Zustand zu erhalten.

4.5 Erwartete Entwicklung der Exposition

Aussagen über die Zukunft sind schwierig, insbesondere in einem komplexen Gebiet wie dem Strahlenschutz in Kernanlagen. Dennoch kann versucht werden, aus der Exposition des beruflich strahlenexponierten Personals in der Vergangenheit Tendenzen für die Zukunft abzuleiten.

Das Potenzial der *technischen Massnahmen*, welche für die Reduktion der Dosis eingesetzt werden, wie zum Beispiel temporäre Abschirmungen aus Bleiblechen, ist vermutlich weitestgehend ausgeschöpft. Optimierungen sowie Beschleunigungen beim Auf- und Rückbau der Abschirmungen, Verfeinerungen beim Design, bei der Planung und ähnlichen Massnahmen erlauben die Effizienz dieser Mittel noch zu steigern. Signifikante Beiträge zur Dosisreduktion dürfen aber nicht mehr erwartet werden. Viel mehr werden alterungsbedingte Aufwendungen für die Werkstoffprüfung im Strahlenfeld und die damit verbundene Expositionen des Personals zu beobachten sein.

Änderungen in der *Wasserchemie* können zu einer Dosisreduktion beitragen. In einigen ausländischen DWR-Anlagen wurden durch die Einspeisung von Zink, dessen Isotop ⁶⁴Zn vorher abgereichert wurde, die Dosisleistungen an Komponenten des Primärkreislaufes halbiert. Das Zink verdrängt dabei ⁶⁰Co aus den Korrosionsschichten. In der Schweiz wird das Verfahren vom KKG seit Ende 2004 angewendet. In der Mitte der Dampferzeuger wurden sekundärseitig im Jahr 2008 zwischen 120 mSv/h bis 180 mSv/h gemessen (Jahr 2006: 200 mSv/h bis 250 mSv/h; Jahr 2004: 220 mSv/h bis 240 mSv/h). Auf der Innenseite des RDB-Deckels stellte das KKG im Jahr 2008 eine Oberflächendosisleistung von 130 mSv/h fest (Jahr 2007: 130 mSv/h; Jahr 2006: 280 mSv/h, Jahr 2005: 300 mSv/h; Jahr 2004: 300 mSv/h). Die deutlichen Verringerungen der Oberflächendosisleistungen sind erfreulich und tragen zur Minimierung der Kollektiv- und Individualdosen bei.

Im KKB 2 konnte 2008 beim Brennelementwechsel ein günstiger radiologischer Zustand mit niedrigen Orts-

dosisleistungen erreicht werden. Dies ist vor allem auf die bewährte und optimierte Abfahrchemie zurückzuführen. Dabei wird während der Reinigungsphase auf eine saubere Trennung der beiden Phasen (sauer-reduzierend und sauer-oxidierend) geachtet. Die beiden Kobaltnuklide (^{60}Co und ^{58}Co) können dadurch effizient aus dem Primärkreislauf entfernt werden. Im KKB 2 ist besonders die Aktivität des ^{58}Co zurückgegangen, was zum Rückgang der Ortsdosisleistung auf der heissen Seite führte. Während des Betriebs wird darauf geachtet, dass so schnell und so konstant wie möglich ein pH-Wert von 7.2 gefahren wird. Dieser pH-Wert scheint für KKB 1 und 2 optimal zu sein, wie die Untersuchungen des Crudmaterials im Primärwasser zeigten. Bei Fortführung dieser Fahrweisen sollten die Korrosionsprodukte in den Primärkreisläufen beider Blöcke weiter abnehmen.

Im KKB 1 führten Probleme bei der Reinigung der Primärkühlkreise während des Abfahrens der Anlage zur Jahresrevision zu einem Anstieg der Ortsdosisleistung an den kalten und heissen Seiten des Primärkreises von 80 % bzw. 20 % über den erwarteten Werten. Die geplante Revisionskollektivdosis wurde um 30 % überschritten. Die Analyse der Ursachen für die ungenügende Reinigung der Primärkühlkreise ist noch nicht abgeschlossen.

Im KKM wurde im Januar 2009 erneut eine Platinverbindung über mehrere Wochen in das Primärwasser

eingespeist. Während des Leistungsbetriebs erfolgte nahezu kontinuierlich die Zudosierung von Wasserstoff. Zu Beginn der Revision konnte ein Rückgang der Dosisleistung an den Umwälzschleifen um ca. 10 Prozent im Vergleich zum Vorjahr festgestellt werden. Der Mittelwert für die Schleife A betrug 1,8 mSv/h, derjenige für die Schleife B 1,9 mSv/h. Das ^{60}Co auf den Innenflächen der Umwälzschleifen wurde durch das Platin teilweise verdrängt. Es findet eine Art Dekontamination der Oberflächen statt. Die Tendenz zu niedrigeren Ortsdosisleistungen an den Umwälzschleifen nach der Einspeisung von Platin ist im KKM regelmässig seit 2006 zu beobachten.

Das KKL hat 2008 zum ersten Mal die Einspeisung einer Platinverbindung durchgeführt und mit der Dosierung von Wasserstoff in den Primärkreislauf begonnen. Die Effekte auf die Ortsdosisleistungen an den Umwälzschleifen werden vom KKL in der Jahresrevision 2009 mit einem umfangreichen Messprogramm untersucht werden.

Zusammenfassend erwartet das ENSI, dass sich der sehr gute radiologische Zustand in den schweizerischen Kernkraftwerken halten und vielleicht sogar noch verbessern wird. Für das Anlagenpersonal bedeutet dies eine weitere, wenn auch im Durchschnitt nur geringe Reduktion der Exposition. Bei den maximalen Individualdosen setzt sich der Trend zu Werten im Bereich der Hälfte des Jahresgrenzwertes von 20 mSv fort.

B: UMWELTRADIOAKTIVITÄT BEI KERNANLAGEN, ÜBERWACHUNG

1. Überwachung der Kernanlagen: Emissionen und Immissionen

Die Abgaben radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser und der Abluft lagen im Jahr 2008 für die vier Schweizer Kernkraftwerke Beznau (KKB 1 und KKB 2), Gösgen (KKG), Leibstadt (KKL) und Mühleberg (KKM) sowie für das Paul Scherrer Institut (PSI) und das am gleichen Standort gelegene Zentrale Zwischenlager Würenlingen (ZZL) deutlich unterhalb der Jahres- und Kurzzeit-Abgabelimite. Die aus den tatsächlichen Abgaben und der Direktstrahlung aus der jeweiligen Anlage errechnete Strahlenexposition liegt selbst unter Berücksichtigung der Ablagerungen aus den Vorjahren für Erwachsene und Kleinkinder weit unterhalb des für Standorte von Kernanlagen festgelegten quellenbezogenen Dosisrichtwerts von 0,3 mSv pro Jahr.

Die externe Strahlung wird mit dem Messnetz zur automatischen Dosisleistungsüberwachung in der Umgebung der Kernkraftwerke (MADUK) ständig überwacht. In der Umgebung des KKB und des PSI sind 17, beim KKG 16 und beim KKL und KKM je 12 Ortsdosisleistungsmesssonden in einem Abstand von bis zu ca. 5 km um die Anlagen in Betrieb. Die Messwerte dieser MADUK-Sonden werden alle 10 Minuten in die ENSI-Zentrale übertragen und automatisch analysiert. Allfällige Abweichungen vom Schwankungsbereich der natürlichen Strahlung werden signalisiert und automatisch dem ENSI-Piketzingenieur gemeldet. Die im Berichtsjahr registrierten, nicht meteorologisch bedingten Abweichungen oder Ausfälle wurden nicht durch den Betrieb der Werke verursacht, sondern liessen sich mit in der Nähe der MADUK-Sonden durchgeführten Kalibrierungsarbeiten an NADAM-Sonden, mit Defekten der Sondenelektronik oder mit Umbauten an MADUK-Sonden erklären. Für detaillierte Angaben sei auf das Kapitel 2 verwiesen.

Im Rahmen des permanenten Probenahme- und Messprogramms für Immission wurden die wichtigsten Expositionspfade radioaktiver Stoffe in der Umgebung der Kernanlagen überwacht.

Die im Boden gemessenen künstlichen Radionuklide (^{90}Sr , ^{137}Cs) können mit den Atomwaffentests oder mit dem Reaktorunfall in Tschernobyl in Verbindung gebracht werden. Die langjährige Messreihe der Universität Bern von ^{14}C in Baumblättern in der Umgebung der Kernkraftwerke wurde fortgesetzt.

Im aquatischen Milieu zeigten Wasser- und Sedimentproben Spuren von künstlichen Radionukliden, wie ^{54}Mn , ^{58}Co , ^{60}Co und ^{65}Zn , welche aus den Abgaben der Kernanlagen stammen. Die grössten Abgaben radioaktiver Stoffe (ausser Tritium) erfolgen während den Revisionsabstellungen. Für das insbesondere in Sedimentproben ebenfalls gemessene ^{137}Cs ist keine eindeutige Zuordnung in Anteile aus dem Reaktorunfall in Tschernobyl und den Abgaben der Kernkraftwerke mehr möglich. Bei den andern Nukliden zeigen die Messungen generell den auf Grund der Abgaben erwarteten Verlauf, wobei gewisse Messwerte vermutlich durch einen relativ langsamen Partikeltransport in den Monaten nach dem Revisionsstillstand höher liegen.

In einer von elf Grasproben aus der Umgebung des KKM konnte das Radionuklid ^{54}Mn nachgewiesen werden (1,1 Bq/kg), wobei die Nachweisgrenze nur knapp überschritten wurde.

In der Umgebung von Mühleberg wurden in den Monaten April, Mai und Oktober Spuren von ^{60}Co auf den Luftfiltern des Hochvolumensammlers festgestellt (0,4 bis 0,8 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$). In den Niederschlägen war hingegen keine ^{60}Co -Aktivität feststellbar. Das ebenfalls messbare ^7Be ist natürlichen Ursprungs, das ^{137}Cs stammt immer noch von den Atomwaffentests und vom Tschernobyl-Umfall. Alle Messwerte sind im Vergleich zu den Immissionsgrenzwerten gemäss Artikel 102 der Strahlenschutzverordnung aber radiologisch unbedeutend. In Lebensmitteln konnten keine künstlichen Radionuklide gemessen werden, die auf Abgaben der schweizerischen Kernanlagen schliessen lassen.

1.1 Emissionen aus den Kernanlagen

Die Abgaben radioaktiver Stoffe mit der Abluft und dem Abwasser der schweizerischen Kernkraftwerke sind in der Darstellung B.1 für die letzten fünf Jahre zusammen mit den entsprechenden Jahresabgabegrenzen dargestellt. Tabelle B.1 zeigt die in den Kernkraftwerken und im Zentralen Zwischenlager Würenlingen (ZZL) gemessenen Abgabewerte sowie die unter konservativen Annahmen gemäss Richtlinie G14 errechneten Personendosen für Erwachsene und Kleinkinder in der Umgebung der betreffenden Anlage im Jahr 2008. Die ebenfalls berechneten aber in diesem Bericht nicht dargestellten Dosen für das 10-jährige Kind liegen zwischen Erwachsenen und Kleinkind. Die Abgaben des Paul Scherrer Instituts und die daraus in gleicher Weise berechneten Dosiswerte sind in Tabelle B.2 zusammengestellt. Eine nuklidspezifische Aufschlüsselung der Aktivitätsabgaben mit dem Abwasser ist in Tabelle B.3a, mit der Abluft in den Tabellen B.3b und B.3c aufgelistet. Die Fussnoten zu den Tabellen geben Hinweise zu den Limiten, den Messungen und den bei der Berechnung der Jahresdosis verwendeten Annahmen.

Alle Kernanlagen haben die vorgeschriebenen Jahres- und Kurzzeitabgabegrenzen eingehalten. Die Behörden haben die Messverfahren der Kernanlagen mit über 150 Proben kontrolliert. Dabei wurden Aerosol- und Jodfilter sowie Abwasserproben stichprobenweise analysiert. Die Ergebnisse stimmen überein und zeigen, dass die Abgaberegeln eingehalten werden.

Die aus den Emissionen der Kernkraftwerke errechnete Jahresdosis für Einzelpersonen der Bevölkerung in unmittelbarer Nähe der Anlage beträgt unter Berücksichtigung der Ablagerungen aus den Vorjahren beim KKB und beim KKG rund 0,001mSv, beim KKL und beim KKM rund 0,005mSv. Die Dosiswerte für Einzelpersonen der Bevölkerung in der Umgebung betragen somit im Jahr 2008 nur einen Bruchteil des quellenbezogenen Dosisrichtwerts.

Auf Grund eines internationalen Vergleichs stellte das ENSI im Rahmen der Aufhebung der Befristung der Betriebsbewilligung für den Block 2 des KKB die Auflage, dass das KKB bis im Jahr 2007 seine Abgaben radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser auf einen Zielwert von 1 GBq – entsprechend dem Medianwert der europäischen Druckwasserreaktoren zum Zeitpunkt der Formulierung der Auflage – senken soll. Das KKB hat im Berichtsjahr diese Auflage wie bereits im Vorjahr erfüllt. Im Rahmen der vom Bundesrat für das Jahr 2005 verlangten Periodischen Sicherheitsüberprüfung des KKM

formulierte das ENSI eine ähnliche Auflage: Das KKM hat Massnahmen zu ergreifen, um die Abgaben radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser ab Ende 2010, unter Wahrung der Verhältnismässigkeit, auf einen Zielwert von weniger als 1 GBq pro Jahr (ohne Tritium) zu reduzieren. Im Berichtsjahr erreichte das KKM hier insbesondere durch Separation der verschiedenen Abwasserpfade eine Reduktion der flüssigen Abgaben auf 2,1 GBq gegenüber 7,6 GBq im Vorjahr. Es sind also weitere Anstrengungen notwendig, um die Auflage bis Ende 2010 zu erfüllen.

Das ENSI berücksichtigt bei den Dosisberechnungen auch die formell nicht limitierten ^{14}C -Abgaben, da diese seit einigen Jahren auf Grund der geringen übrigen Abgaben die Dosis dominieren. Das radioaktive Kohlenstoffisotop ^{14}C entsteht im Reaktor durch Kernreaktionen von Neutronen mit Stickstoff, Kohlenstoff und Sauerstoff. Die ^{14}C -Abgaben der Kernkraftwerke sind systembedingt begrenzt, weil die Abgaberate primär von der Reaktorleistung abhängig ist. Die Kernkraftwerke haben in den letzten Jahren die ^{14}C -Abgaben gemessen und nachgewiesen, dass diese mit den Erfahrungswerten aus der Messkampagne vor etwa zwanzig Jahren und den in der einschlägigen Literatur angegebenen ^{14}C -Abgabewerten für ähnliche Anlagen korrespondieren. Das KKL führt seit längerer Zeit aus eigener Initiative ^{14}C -Messungen durch. Mitte 1998 wurde die Apparatur des KKL zur Messung von ^{14}C auf Grund der Resultate einer internationalen Vergleichsmessung neu kalibriert, was dazu führte, dass die für Einzelpersonen der Bevölkerung errechnete Dosis seit 1998 etwas höher ist. Das KKG führt seit Ende 2001 Messungen der ^{14}C -Abgaben mit der Abluft durch. Die für Einzelpersonen der Bevölkerung errechnete Dosis der Jahre 2001 bis 2003 werden beim KKG im Nachhinein als um den Faktor 3 zu hoch eingeschätzt, dies auf Grund der Ergebnisse der neuen Kalibrierung der Messapparatur mit zwei diversitären Standards zu Beginn des Jahres 2004. Alle Schweizer Kernkraftwerke führten 2008 die ^{14}C - und die ^3H -Messungen auch nach Abschluss der vom ENSI geforderten, mindestens einjährigen Messperiode auf freiwilliger Basis fort. Somit konnten auch 2008 die gemessenen Werte zur Ermittlung des jeweiligen Dosisbeitrags von ^{14}C herangezogen werden.

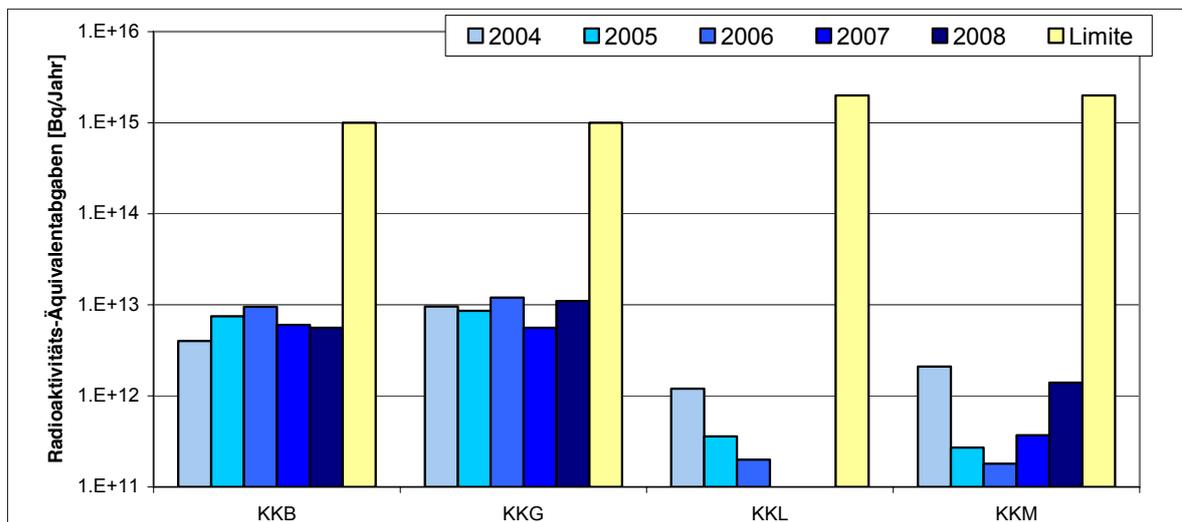
Das PSI ist auf Grund der Bewilligung für die Abgaben radioaktiver Stoffe und die Überwachung von Radioaktivität und Direktstrahlung verpflichtet, sowohl für die einzelnen Anlagen als auch für die Gesamtanlage des PSI die aus den Abgaben resultierende Dosis in der Umgebung zu berechnen. Beim PSI errechnet das ENSI eine Jahresdosis für Einzelpersonen in der Umge-

bung von weniger als 0,005 mSv. Beinahe die gesamte Dosis ergibt sich aus der Abgabe von kurzlebigen radioaktiven Edelgasen aus den Teilchenbeschleunigern im West-Areal des Institutes. Die von PSI und ENSI unabhängig voneinander durchgeführten Berechnungen zeigen, dass selbst unter konservativen Annahmen die Jahresdosis für Einzelpersonen der Bevölkerung in der Umgebung deutlich unterhalb des quellenbezogenen Dosisrichtwerts von 0,15mSv pro Jahr liegt. Im Zentralen Zwischenlager Würenlingen (ZZL) erfolgten im Berichtsjahr weitere Einlagerungen in die

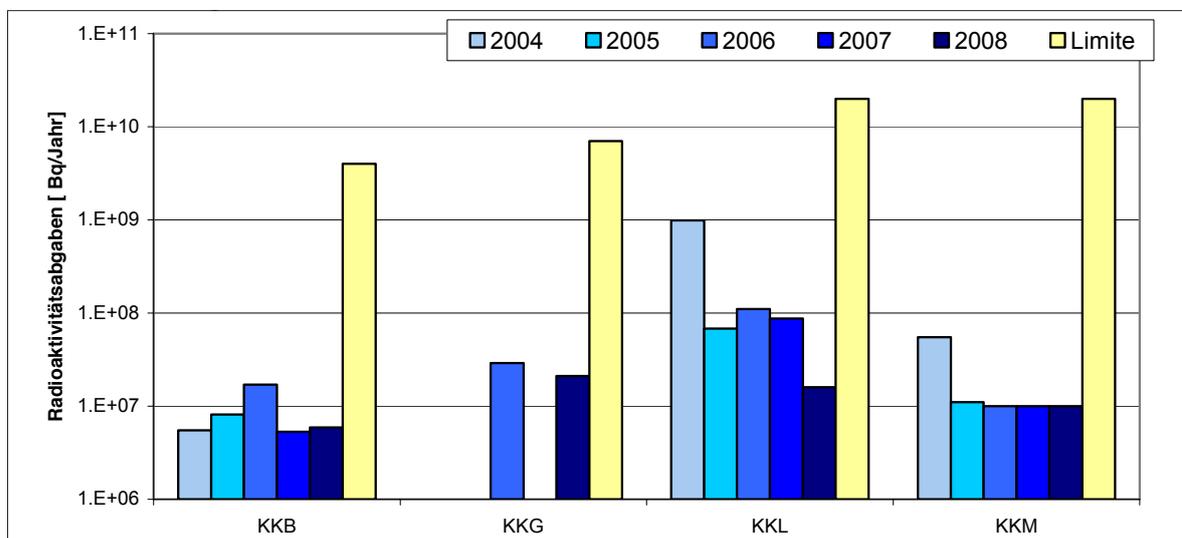
Lagergebäude für hoch- und mittelaktive Abfälle und im Hochregallager der Konditionieranlage. In der Plasma-Anlage fanden wiederum eine Frühjahres- und eine Herbstverbrennungskampagne statt. Die für das Jahr 2008 bilanzierten Abgaben des ZZL sind in den Tabellen B.1 und B.3a bis B.3c zusammengestellt. Die auf Grund der Abgaben unter konservativen Annahmen berechnete Jahresdosis für Einzelpersonen der Umgebungsbevölkerung lag bei 0,001 mSv, also deutlich unterhalb des quellenbezogenen Dosisrichtwerts von 0,05 mSv pro Jahr.

Darstellung B.1: Abgaben der schweizerischen Kernkraftwerke an die Atmosphäre in den letzten fünf Jahren (2004 bis 2008) im Vergleich mit den Jahresabgabelimiten

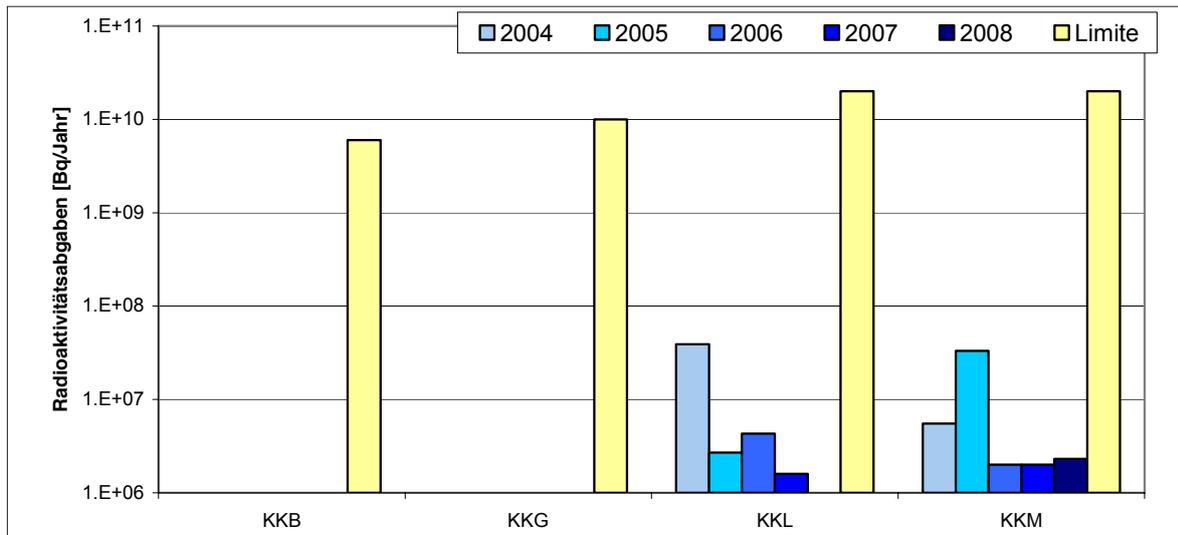
1. Edelgasabgaben mit der Abluft



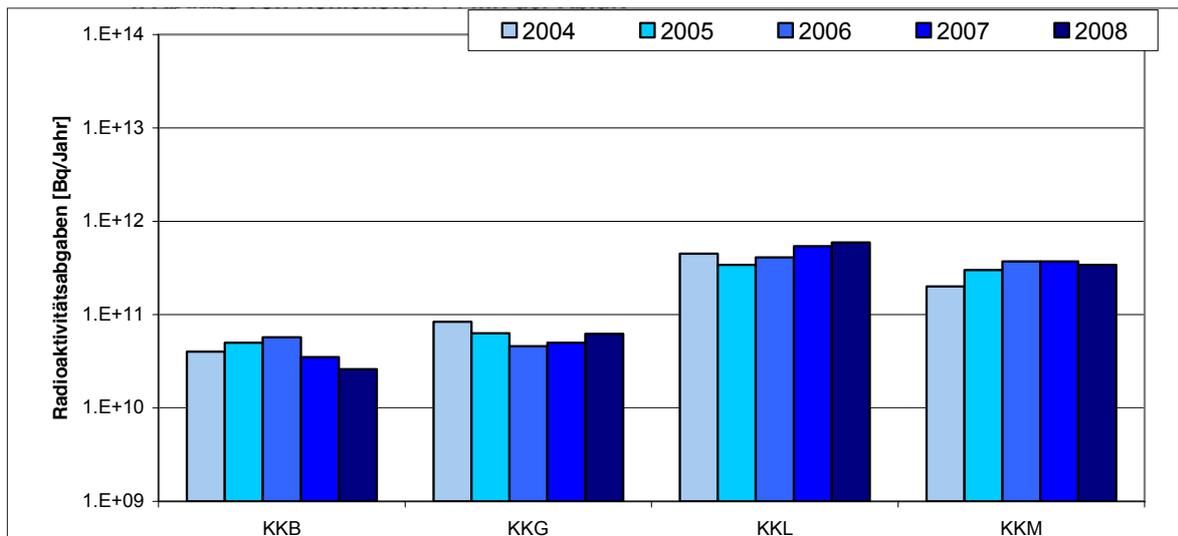
2. Iodabgaben mit der Abluft



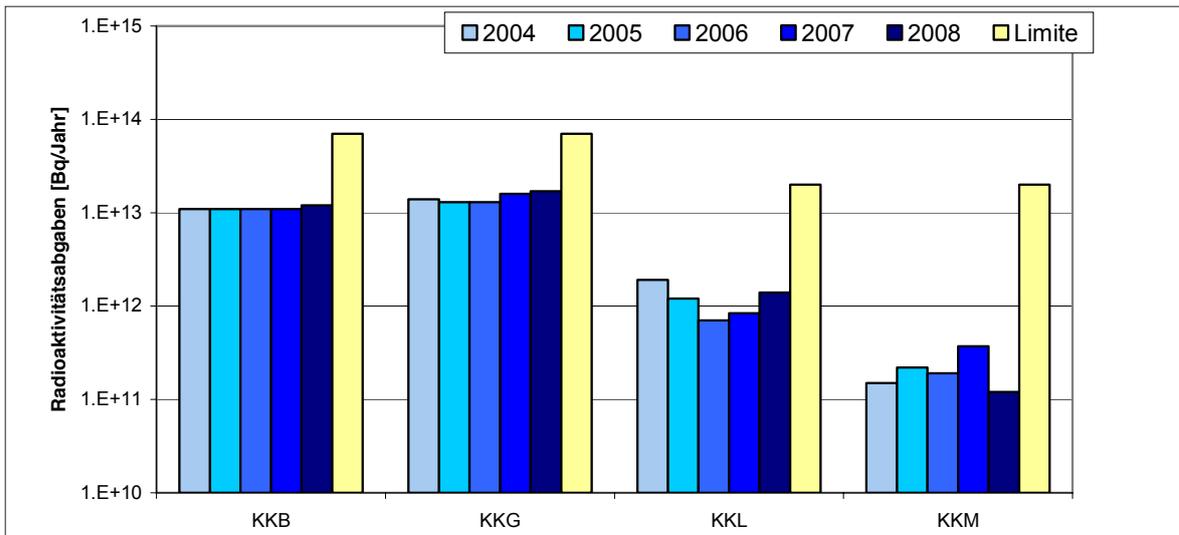
3. Aerosolabgaben mit der Abluft



4. Abgaben von Kohlenstoff-14 mit der Abluft



5. Tritiumabgaben mit dem Abwasser



6. Aktivitätsabgaben mit dem Abwasser (ohne Tritium)

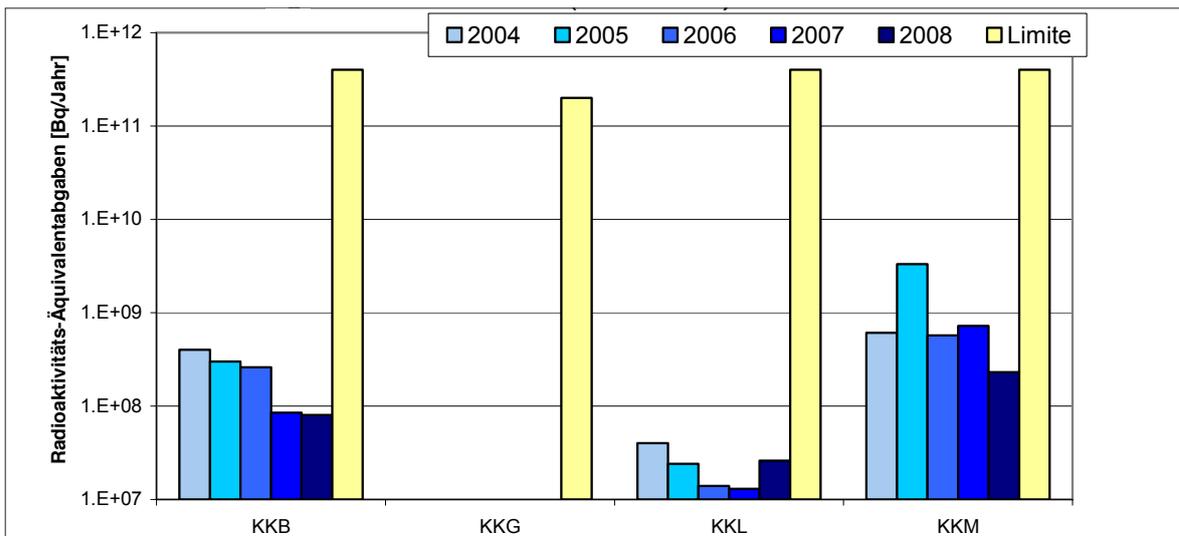


Tabelle B.1: Zusammenstellung der Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umgebung im Jahr 2008 für die Kernkraftwerke und das Zentrale Zwischenlager Würenlingen und die daraus berechnete Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung

Ort	Medium	Art der Abgaben ⁴	Limiten ¹	Tatsächliche Abgaben ^{2,4}			Berechnete Jahresdosis ³	
				Aequivalentabgaben		Bq pro Jahr	Erwachsene mSv/Jahr	Kleinkind mSv/Jahr
Bq pro Jahr	Bq pro Jahr	Prozent der Limite	Bq pro Jahr					
KKB1 + KKB2	Abwasser 3'730 m ³	Nuklidgemisch ohne Tritium	4·10 ¹¹	-	<0,1%	8,4·10 ⁸	<0,001	<0,001
		Tritium	7·10 ¹³	1,2·10 ¹³	17%	1,2·10 ¹³	<0,001	<0,001
	Abluft	Edelgase	1·10 ¹⁵	4,9·10 ¹²	0,5%	4,6·10 ¹²	<0,001	<0,001
		Aerosole	6·10 ⁹	-	<0,1%	3,4·10 ⁵	<0,001	<0,001
		Iod: ¹³¹ I	4·10 ⁹	5,9·10 ⁶	0,1%	5,9·10 ⁶	<0,001	<0,001
Kohlenstoff: ¹⁴ C in CO ₂	-	-	-	2,6·10 ¹⁰	<0,001	0,0012		
Dosis total						<0,001	0,0014	
KKM	Abwasser 3'781 m ³	Nuklidgemisch ohne Tritium	4·10 ¹¹	-	<0,1%	2,1·10 ⁹	<0,001	<0,001
		Tritium	2·10 ¹³	1,2·10 ¹¹	0,6%	1,2·10 ¹¹	<0,001	<0,001
	Abluft	Edelgase	2·10 ¹⁵	-	<0,1%	3,9·10 ¹¹	<0,001	<0,001
		Aerosole	2·10 ¹⁰	-	<0,1%	2,3·10 ⁶	0,0038	0,0033
		Iod: ¹³¹ I	2·10 ¹⁰	-	<0,1%	1,0·10 ⁷	<0,001	<0,001
Kohlenstoff: ¹⁴ C in CO ₂	-	-	-	3,4·10 ¹¹	<0,001	0,0019		
Dosis total						0,0042	0,0049	
KKG	Abwasser 7'763 m ³	Nuklidgemisch ohne Tritium	2·10 ¹¹	-	<0,1%	1,2·10 ⁷	<0,001	<0,001
		Tritium	7·10 ¹³	1,7·10 ¹³	24%	1,7·10 ¹³	<0,001	<0,001
	Abluft	Edelgase	1·10 ¹⁵	<1,1·10 ¹³	<1,1%	<1,0·10 ¹³	<0,001	<0,001
		Aerosole	1·10 ¹⁰	-	<0,1%	1,7·10 ⁵	<0,001	<0,001
		Iod: ¹³¹ I	7·10 ⁹	2,1·10 ⁷	0,3%	2,1·10 ⁷	<0,001	<0,001
Kohlenstoff: ¹⁴ C in CO ₂	-	-	-	6,2·10 ¹⁰	<0,001	<0,001		
Dosis total						<0,001	<0,001	
KKL	Abwasser 13'469 m ³	Nuklidgemisch ohne Tritium	4·10 ¹¹	-	<0,1%	1,5·10 ⁸	<0,001	<0,001
		Tritium	2·10 ¹³	1,4·10 ¹²	7,0%	1,4·10 ¹²	<0,001	<0,001
	Abluft	Edelgase	2·10 ¹⁵	-	<0,1%	1,0·10 ¹¹	<0,001	<0,001
		Aerosole	2·10 ¹⁰	-	<0,1%	1,6·10 ⁶	<0,001	<0,001
		Iod: ¹³¹ I	2·10 ¹⁰	-	0,4%	1,6·10 ⁷	<0,001	<0,001
Kohlenstoff: ¹⁴ C in CO ₂	-	-	-	5,9·10 ¹¹	0,0022	0,0049		
Dosis total						0,0022	0,0050	
ZZL	Abwasser 558 m ³	Nuklidgemisch ohne Tritium	2·10 ¹¹	6,5·10 ⁸	0,3%	2,6·10 ⁹	<0,001	<0,001
		Tritium	-	-	-	1,3·10 ¹¹	<0,001	<0,001
	Abluft	β-/γ-Aerosole	1·10 ⁹	-	<0,1%	5,9·10 ⁵	<0,001	<0,001
		α-Aerosole	3·10 ⁷	-	<0,1%	1,3·10 ⁴	<0,001	<0,001
		Kohlenstoff: ¹⁴ C in CO ₂	1·10 ¹²	-	<0,1%	3,7·10 ⁸	<0,001	<0,001
Tritium	1·10 ¹⁴	1,7·10 ¹¹	0,2%	1,7·10 ¹¹	<0,001	<0,001		
Dosis total						<0,001	<0,001	

Tabelle B.2:

Zusammenstellung der Abgaben des Paul Scherrer Instituts im Jahr 2008 und der daraus berechneten Dosen für Einzelpersonen der Bevölkerung

	PSI Ost					PSI West			Gesamtanlage des PSI		
	Hochkamin	Saphir, Proteus	Forschungslabor	Betriebs-Gebäude radioaktive Abfälle	Bundes-zwischen-lager	Zentrale Fortluftanlagen	Injektor II	C-Labor	Abwasser 1700 m ³	Abluft	Äquivalent-abgaben
Abgaben im Abwasser^{2,4} [Bq/a] Nuklidgemisch ohne Tritium Tritium	-	-	-	-	-	-	-	-	4,5·10 ⁷ 3,1·10 ¹¹	-	9,7·10 ⁶ -
Abgaben über die Abluft^{2,4} [Bq/a] Edelegase und andere Gase β/γ -Aerosole ⁴ , ohne Iod α -Aerosole Iod Tritium in H ₂ O Kohlenstoff: ¹⁴ C in CO ₂	- 3,1·10 ⁸ - 9,7·10 ⁶ 1,4·10 ¹¹ -	- - - - 2,8·10 ⁹ -	- 2,3·10 ⁴ - - - -	- - - 1,0·10 ¹⁰ -	- 3,6·10 ⁵ - - 1,2·10 ¹⁰ -	1,1·10 ¹⁴ 1,5·10 ¹⁰ - 2,5·10 ⁷ 1,6·10 ¹² -	7,0·10 ¹⁰ 2,7·10 ⁶ - - - -	- - - 1,7·10 ⁴ - -	- - - - - -	1,1·10 ¹⁴ 1,5·10 ¹⁰ - 3,5·10 ⁷ 1,8·10 ¹² -	2,4·10 ¹⁴ - - 2,6·10 ⁷ - -
Jahresdosis³ [mSv/Jahr] für:											
Erwachsene	<0,00015	<0,00015	<0,00015	<0,00015	<0,00015	0,0048	<0,00015	<0,00015	<0,00015	<0,00015	<0,0050
Kleinkinder	<0,00015	<0,00015	<0,00015	<0,00015	<0,00015	0,0048	<0,00015	<0,00015	<0,00015	<0,00015	<0,0050
Anteil am quellenbezogenen Dosisrichtwert¹	<0,1%	<0,1%	<0,1%	<0,1%	<0,1%	3,2 %	<0,1%	<0,1%	<0,1%	<0,1%	<3,5%

Tabelle B.3a: Flüssige Abgaben der Kernanlagen an die Aare oder den Rhein, 2008:

Summe der bei Einzelmessungen nachgewiesenen Aktivitätsabgaben²⁾

Nuklid β/γ-Strahler	Abgaben [Bq im Jahr]					
	KKB	KKG	KKL	KKM	PSI	ZZL
³ H	1,2·10 ¹³	1,7·10 ¹³	1,4·10 ¹²	1,2·10 ¹¹	3,1·10 ¹¹	3,4·10 ¹¹
⁷ Be					1,1·10 ⁵	
²² Na					4,1·10 ⁵	1,2·10 ⁷
²⁴ Na	1,9·10 ⁷					
³⁵ S					9,7·10 ⁶	
⁵¹ Cr			6,8·10 ⁶	2,5·10 ⁸		
⁵⁴ Mn	2,3·10 ⁶		5,1·10 ⁶	5,7·10 ⁸	3,2·10 ⁶	
⁵⁶ Mn						
⁵⁹ Fe	9,8·10 ⁵			2,1·10 ⁷		
⁵⁶ Co					6,2·10 ⁴	
⁵⁷ Co	8,8·10 ⁵				7,2·10 ⁵	
⁵⁸ Co	1,9·10 ⁸		1,4·10 ⁷	1,8·10 ⁸	4,8·10 ⁵	
⁶⁰ Co	7,8·10 ⁷	3,0·10 ⁶	1,2·10 ⁸	8,7·10 ⁸	1,3·10 ⁶	6,7·10 ⁶
⁶⁵ Zn			1,0·10 ⁶	2,9·10 ⁷		
⁸⁵ Sr					2,6·10 ⁵	
⁸⁹ Sr	2,2·10 ⁷			2,4·10 ⁸		
⁹⁰ Sr/ ⁹⁰ Y	1,7·10 ⁶			4,7·10 ⁵	6,0·10 ⁶	
⁹⁵ Zr						
⁹⁷ Zr						
⁹⁵ Nb	1,4·10 ⁵					
⁹⁹ Mo						
^{99m} Tc	8,9·10 ⁴			3,3·10 ⁶		
¹⁰³ Ru						
¹⁰⁶ Ru/Rh						
^{110m} Ag				3,0·10 ⁶		
¹²² Sb	8,9·10 ⁶					
¹²⁴ Sb	2,8·10 ⁸					1,8·10 ⁵
¹²⁵ Sb	5,6·10 ⁷					2,4·10 ⁶
^{123m} Te	1,2·10 ⁷	2,8·10 ⁶				
¹³² Te	1,3·10 ⁶	7,5·10 ⁵				
¹²⁵ I					3,4·10 ⁶	
¹²⁶ I						
¹³¹ I	2,2·10 ⁷	5,4·10 ⁶				
¹³³ I	7,3·10 ⁶					
¹³⁴ Cs	1,7·10 ⁶				5,2·10 ⁵	6,0·10 ⁷
¹³⁶ Cs						
¹³⁷ Cs	1,3·10 ⁸		4,2·10 ⁶	1,5·10 ⁸	1,6·10 ⁷	2,5·10 ⁹
¹³³ Ba						
¹⁴⁰ Ba						
¹⁴⁰ La	9,6·10 ⁵					
¹⁴¹ Ce						
¹⁴⁴ Ce						
¹⁵² Eu						
¹⁵⁴ Eu						
¹⁷² Lu						
¹⁸⁵ Os						
α-Strahler		1,5·10 ⁵	2,0·10 ⁶	6,5·10 ⁴		*)
^{234/238} U					1,7·10 ⁴	
^{239/240} Pu	1,1·10 ⁴				1,2·10 ⁵	4,1·10 ³
²³⁸ Pu/ ²⁴¹ Am	3,8·10 ⁴				5,7·10 ⁴	3,1·10 ³
²⁴² Cm	5,5·10 ³					7,8·10 ¹
^{243/244} Cm	5,8·10 ³				6,5·10 ³	1,8·10 ²

*) Angabe umfasst für das ZZL das 4. Quartal 2007 bis und mit dem 3. Quartal 2008

Tabelle B.3b: Abgaben der Kernanlagen mit der Abluft, Edelgase und Iod 2008: Summe der bei Einzelmessungen nachgewiesenen Aktivitätsabgaben²⁾

Nuklid β/γ -Strahler	Abgaben [Bq im Jahr]					
	KKB	KKG	KKL	KKM	PSI	ZZL
Gase, Edelgase						
Tritium		$4,7 \cdot 10^{11}$	$1,3 \cdot 10^{12}$	$7,7 \cdot 10^9$	$1,8 \cdot 10^{12}$	$1,7 \cdot 10^{11}$
¹¹ C					$1,7 \cdot 10^{13}$	
¹⁴ C (CO ₂)	$2,6 \cdot 10^{10}$	$6,2 \cdot 10^{10}$	$5,9 \cdot 10^{11}$	$3,4 \cdot 10^{11}$		$3,7 \cdot 10^8$
¹³ N					$1,8 \cdot 10^{13}$	
¹⁵ O					$7,3 \cdot 10^{13}$	
¹⁸ F					$5,7 \cdot 10^{11}$	
²⁴ Ne					$5,6 \cdot 10^{11}$	
⁴¹ Ar				$1,3 \cdot 10^{10}$	$3,2 \cdot 10^{12}$	
⁷⁹ Kr						
⁸⁵ Kr						
^{85m} Kr	$1,8 \cdot 10^{11}$		$1,8 \cdot 10^8$	$1,3 \cdot 10^{11}$		
⁸⁷ Kr				$1,9 \cdot 10^9$		
⁸⁸ Kr				$1,3 \cdot 10^{11}$		
¹²² Xe					$4,7 \cdot 10^8$	
¹²⁵ Xe						
¹²⁷ Xe						
^{129m} Xe						
^{131m} Xe						
¹³³ Xe	$1,9 \cdot 10^{12}$		$1,1 \cdot 10^{10}$			
^{133m} Xe						
¹³⁵ Xe	$2,2 \cdot 10^{12}$		$6,1 \cdot 10^{10}$	$3,4 \cdot 10^9$		
^{135m} Xe			$3,0 \cdot 10^{10}$			
¹³⁷ Xe						
¹³⁸ Xe			$2,0 \cdot 10^9$			
EG-Aequiv. ⁴⁾				$1,1 \cdot 10^{11}$		
EG: β -total		$<1,0 \cdot 10^{13}$				
Andere	$3,2 \cdot 10^{12}$					
Iod						
¹²³ I					$5,5 \cdot 10^4$	
¹²⁴ I						
¹²⁵ I					$3,4 \cdot 10^7$	
¹²⁶ I						
¹²⁹ I					$5,3 \cdot 10^5$	
¹³¹ I	$5,9 \cdot 10^6$	$2,1 \cdot 10^7$	$1,6 \cdot 10^7$	$1,0 \cdot 10^7$	$5,8 \cdot 10^5$	
¹³³ I	$3,0 \cdot 10^7$					

Tabelle B.3c: Abgaben der Kernanlagen mit der Abluft, Aerosole 2008:
Summe der bei Einzelmessungen nachgewiesenen Aktivitätsabgaben²⁾

Nuklid β/γ-Aerosole	Abgaben [Bq im Jahr]					
	KKB	KKG	KKL	KKM	PSI	ZZL
⁷ Be						
²² Na						
²⁴ Na						
³⁸ S					2,6·10 ⁹	
³⁸ Cl						
³⁹ Cl					8,1·10 ¹⁰	
⁵¹ Cr						
⁵⁴ Mn			3,0·10 ⁴	1,1·10 ⁵		1,1·10 ²
⁵⁸ Co				1,6·10 ⁴		
⁶⁰ Co		4,0·10 ⁴	3,0·10 ⁵	1,9·10 ⁶	7,4·10 ⁵	1,3·10 ⁴
⁶⁵ Zn				1,4·10 ⁴		5,1·10 ²
⁷⁵ Se					5,9·10 ⁵	
⁷⁷ Br					1,5·10 ⁶	
⁸² Br					9,5·10 ⁸	
⁹⁰ Sr						
⁹⁵ Zr		2,1·10 ⁴				
⁹⁵ Nb		2,8·10 ⁴				
^{99m} Tc					3,0·10 ⁸	
¹⁰³ Ru		1,0·10 ⁴				
^{110m} Ag						5,1·10 ²
^{123m} Te		5,8·10 ³				
¹²⁵ Sb						4,8·10 ³
¹³⁴ Cs						1,6·10 ²
¹³⁷ Cs		2,2·10 ⁴	2,2·10 ⁴	2,0·10 ⁵		4,0·10 ⁴
¹⁴⁰ Ba				4,0·10 ⁴		
¹⁴¹ Ce		2,1·10 ³				
¹⁴⁴ Ce		4,2·10 ⁴				
^{177m} Lu					4,6·10 ⁴	
¹⁷⁵ Hf					5,3·10 ⁵	
¹⁸¹ Re					5,7·10 ⁷	
¹⁸² Re					2,0·10 ⁸	
^{182m} Re					2,1·10 ⁶	
¹⁸² Os					6,8·10 ⁵	
¹⁸³ Os					2,2·10 ⁸	
^{183m} Os					3,4·10 ⁸	
¹⁸⁵ Os					1,3·10 ⁷	
¹⁹¹ Os					2,4·10 ⁶	
¹⁹¹ Pt					2,7·10 ⁶	
¹⁹² Au					3,0·10 ⁹	
¹⁹³ Au					1,4·10 ⁸	
¹⁹⁴ Au					2,9·10 ⁶	
¹⁹⁵ Au					8,9·10 ⁶	
¹⁹² Hg					1,5·10 ⁹	
¹⁹³ Hg					1,8·10 ⁷	
^{193m} Hg					4,2·10 ⁸	
¹⁹⁴ Hg					2,9·10 ⁶	
¹⁹⁵ Hg					7,6·10 ⁹	
^{195m} Hg					1,3·10 ⁸	
¹⁹⁷ Hg						
^{197m} Hg					1,8·10 ⁸	
²⁰³ Hg					8,9·10 ⁴	
Nicht spezifizierte	3,4·10 ⁵					
α-Aerosole	1,2·10 ⁴	4,2·10 ⁴	1,6·10 ⁴	1,0·10 ⁵		1,3·10 ⁴

Fussnoten zu den Tabellen B.1 bis B.3

- 1 **Abgabelimiten** gemäss Bewilligung der jeweiligen Kernanlage. Die Abgabelimiten wurden so festgelegt, dass die Jahresdosis für Personen in der Umgebung (vgl. Fussnote 3) für die Kernkraftwerke unter 0,2 mSv/Jahr respektive das Zentrale Zwischenlager in Würenlingen (ZZL) unter 0,05 mSv/Jahr bleibt. Für das Paul Scherrer Institut (PSI) sind die Abgaben gemäss Bewilligung 6/2003 direkt über den quellenbezogenen Dosisrichtwert von 0,15 mSv/Jahr limitiert.
- 2 Die **Messung der Abgaben** erfolgt nach den Erfordernissen der Reglemente «für die Abgaben radioaktiver Stoffe und die Überwachung von Radioaktivität und Direktstrahlung in der Umgebung des...» jeweiligen Kernkraftwerkes resp. des ZZL oder des PSI. Die Messgenauigkeit beträgt rund $\pm 50\%$. Abgaben unterhalb 0,1 % der Jahresabgabelimite werden vom ENSI als nicht-relevant betrachtet.
- 3 Die **Jahresdosis** ist für Personen berechnet, die sich dauernd am kritischen Ort aufhalten, ihre gesamte Nahrung von diesem Ort beziehen und ihren gesamten Trinkwasserbedarf aus dem Fluss unterhalb der Anlage decken. Die Dosis wird mit den in der Richtlinie G14 angegebenen Modellen und Parametern ermittelt.
Dosiswerte kleiner als 0,001 mSv – entsprechend einer Dosis, die durch natürliche externe Strahlung in ca. zehn Stunden akkumuliert wird – werden in der Regel nicht angegeben. Beim PSI wird die Jahresdosis der Gesamtanlage als Summe über die Abgabestellen gebildet.
- 4 Bei der **Art der Abgaben** resp. den **Tatsächlichen Abgaben** ist Folgendes zu präzisieren:
Abwasser: Die Radioaktivität ist beim Vergleich mit den Abgabelimiten in Bq/Jahr normiert auf einen Referenz-LE-Wert von 200 Bq/kg angegeben. Die LE-Werte für die einzelnen Nuklide sind dem Anhang 3 der Strahlenschutzverordnung (StSV) entnommen. Ein LE-Wert von 200 Bq/kg entspricht einem Referenz-Nuklid mit einem Ingestionsdosisfaktor von $5 \cdot 10^{-8}$ Sv/Bq. Die unnormierte Summe der Abwasserabgaben ist in einer weiteren Spalte angegeben.
Edelgase: Die Radioaktivität ist beim Vergleich mit den Abgabelimiten in Bq/Jahr normiert auf einen Referenz-CA-Wert von $2 \cdot 10^5$ Bq/m³ angegeben. Die CA-Werte für die Edelgasnuklide sind dem Anhang 3 der Strahlenschutzverordnung (StSV) entnommen. Ein CA-Wert von $2 \cdot 10^5$ Bq/m³ entspricht einem Referenz-Nuklid mit einem Immersionsdosisfaktor von $4.4 \cdot 10^{-7}$ (Sv/Jahr)/(Bq/m³). Die unnormier-

te Summe der Edelgasabgaben ist in einer weiteren Spalte angegeben.

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

Gase: Beim PSI handelt es sich dabei vorwiegend um die Nuklide ¹¹C, ¹³N, ¹⁵O und ⁴¹Ar. Deren Halbwertszeiten sind kleiner als zwei Stunden. Hier ist für die einzelnen Abgabestellen und das gesamte PSI die Summe der Radioaktivität dieser Gase und Edelgase ohne Normierung auf einen Referenzwert angegeben. Für die Gesamtanlage wird zusätzlich auch die auf den Referenz-CA-Wert von $2 \cdot 10^5$ Bq/m³ normierte Abgabe aufgeführt.

Aerosole: Hier ist in jedem Fall die Summe der Radioaktivität ohne Normierung auf einen Referenzwert angegeben. Der Dosisbeitrag von Aerosolen mit Halbwertszeiten kleiner 8 Tagen ist bei den Kernkraftwerken vernachlässigbar. Beim KKM ergibt sich der Hauptbeitrag zur Dosis durch die Strahlung der abgelagerten Aerosole, die im Jahre 1986 durch eine unkontrollierte Abgabe in die Umgebung gelangten. Der Dosisbeitrag der Aerosole, welche im Berichtsjahr abgegeben wurden, ist demgegenüber vernachlässigbar und liegt in der Grössenordnung der anderen schweizerischen Kernkraftwerke.

Iod: Bei den Kernkraftwerken ist die Abgabe von ¹³¹I limitiert; somit ist bei den tatsächlichen Abgaben auch nur dieses Iod-Isotop angegeben. Beim PSI, bei dem andere Iod-Isotope in messbaren Mengen abgegeben werden, ist die Abgabe für die einzelnen Abgabestellen und die Gesamtanlage als Summe der Aktivität der gemessenen Iod-Nuklide angegeben. Für die Gesamtanlage wird zudem auch ein ¹³¹Iod-Aequivalent als gewichtete Summe der Aktivität der Iod-Nuklide angegeben, wobei sich der Gewichtungsfaktor aus dem Verhältnis des Ingestionsdosisfaktors des jeweiligen Nuklids zum Ingestionsdosisfaktor von ¹³¹I ergibt. Die Ingestionsdosisfaktoren sind der StSV entnommen.

Für die Berechnung der Jahresdosis werden sämtliche verfügbaren Iod-Messungen verwendet, d.h. es ist beispielsweise für KKB auch der Beitrag von ¹³³I berücksichtigt.

Kohlenstoff¹⁴C: In den Tabellen ist der als Kohlendioxid vorliegende Anteil des ¹⁴C, der für die Dosis relevant ist, angegeben. Die für ¹⁴C angegebenen Werte basieren bei allen Werken auf aktuellen Messungen.

1.2 Ortsdosis und Ortsdosisleistung in der Umgebung der Kernanlagen

Die Ortsdosis, respektive die Ortsdosisleistung durch externe Strahlung werden in der Umgebung der Kernanlagen und des PSI mit dem MADUK-Messnetz (siehe Kapitel B.2) und mit Thermolumineszenzdosimetern (TLD) in der Umgebung sowie am Arealzaun überwacht. Zusätzlich dazu führt das ENSI vierteljährlich stichprobenweise Dosisleistungsmessungen am Arealzaun sowie bei Bedarf spezielle Messkampagnen durch.

Die Ortsdosisleistung ist im Nahbereich der Siedewasserreaktoren in Mühleberg und in Leibstadt durch Direkt- und Streustrahlung aus dem Maschinenhaus erhöht. Diese Strahlung resultiert aus Zerfällen des kurzlebigen, im Reaktor produzierten Stickstoffnuklids ^{16}N , welches mit dem Dampf aus dem Reaktor in die Turbine im Maschinenhaus getragen wird. Des Weiteren können Abfalllager zu einer erhöhten Ortsdosis am Zaun beitragen.

Am Zaun des KKM wurden bei stichprobenweise, vierteljährlich vom ENSI durchgeführten Messungen Dosisleistungen zwischen etwa $0,08 \mu\text{Sv/h}$ (natürlicher Untergrund) und $0,315 \mu\text{Sv/h}$ ermittelt. Auf ein Jahr hochgerechnet würde basierend auf diesen Momentanwerten am meist exponierten Ort eine Dosiserhöhung von ca. $2,0 \text{ mSv}$ (ohne natürlichem Untergrund) resultieren. Die vom KKM ausgewerteten Thermolumineszenz-Dosimeter (TLD) am Zaun ergeben für das Berichtsjahr ohne Berücksichtigung des natürlichen Untergrundes von ca. $0,7 \text{ mSv}$ eine Dosiserhöhung von $0,8 \text{ mSv}$.

Am Zaun des KKL wurden bei vierteljährlichen Stichproben des ENSI während des Leistungsbetriebes Ortsdosisleistungen zwischen $0,06 \mu\text{Sv/h}$ (natürlicher Untergrund) und $0,24 \mu\text{Sv/h}$ ermittelt. Dies entspricht nach Abzug des Untergrundes und unter Berücksichtigung der Betriebszeit am meist exponierten Ort einer Dosiserhöhung von ca. $1,5 \text{ mSv}$ pro Jahr. Die höchste, mit den TLD am Zaun ermittelte Jahresdosis (nach Abzug des natürlichen Untergrundes von $0,6 \text{ mSv}$) beträgt $0,9 \text{ mSv}$.

Im Jahr 2008 betrug der höchste mit einem Thermolumineszenz-Dosimeter (TLD) am Zaun des Paul Scherrer Instituts (PSI) gemessene Wert ca. $0,2 \text{ mSv}$ (ohne natürlichem Untergrund von ca. $0,6 \text{ mSv}$). Der zugehörige Messpunkt liegt bei der Aktivlagerhalle am PSI-Ost. Auf Grund der stichprobenweise vom ENSI gemessenen Ortsdosisleistung am Zaun des PSI-Ost ergibt sich hochgerechnet auf ein Jahr eine Ortsdosis von $0,8 \text{ mSv}$ ohne natürlichen Untergrund.

Beim KKB, KKG und beim Zentralen Zwischenlager Würenlingen (ZZL) wurde am Zaun weder mittels TLD noch bei den vierteljährlichen Stichproben des ENSI eine Erhöhung der Ortsdosis über dem natürlichen Untergrund festgestellt.

Die Immissionsgrenzwerte für die Direktstrahlung ausserhalb des Betriebsareals von 1 mSv pro Jahr für Wohn-, Aufenthalts- und Arbeitsräume und von 5 mSv pro Jahr für andere Bereiche nach Art. 102 Absatz 3 der Strahlenschutzverordnung wurden auch im Berichtsjahr von allen Anlagen eingehalten.

2. Messnetz zur automatischen Dosisleistungsüberwachung in der Umgebung der Kernkraftwerke (MADUK)

2.1 Übersicht

Das MADUK-System (Messnetz zur automatischen Dosisleistungsüberwachung in der Umgebung der Kernkraftwerke) inklusive der Einrichtungen zur Übernahme von Anlagenparametern (ANPA) und Kaminemissionswerten aus den Kernkraftwerken wurde 1993 aufgebaut und ab Frühling 1994 in den operationellen Betrieb überführt. Da das System die Dosisleistung in der Umgebung der Kernkraftwerke ganzjährig rund um die Uhr misst und überwacht, dient es der Beweissicherung für die Behörden und gegenüber der Öffentlichkeit. Ebenso ermöglicht es das Erkennen von Betriebsstörungen und Unfällen, da im ENSI Erhöhungen gegenüber den natürlichen Dosiswerten automatisch angezeigt werden. Bei einem Störfall unterstützt MADUK die ENSI-Notfallorganisation bei der Bestimmung des betroffenen Gebietes bei der Empfehlung möglicher Massnahmen und beim schnellen Datenaustausch mit anderen Behörden.

Das MADUK-Netz zur Messung der Dosisleistungen besteht aus insgesamt 57 Immissionsmessstationen in der Umgebung der vier Kernkraftwerke. Die Messsonden des MADUK-Systems komplettieren und ergänzen das gesamtschweizerische Messnetz zur Radioaktivitätsüberwachung, das mit dem NADAM-Netz auf weitere 58 Messstationen zählen kann. Die Geiger-Müller-Zählrohre in den Sonden ermitteln die Gamma-Dosisleistung im Messbereich von 10 nSv/h (Niederdosiszählrohre) bis 10 Sv/h (Hochdosiszählrohr). Von den Kernkraftwerken werden Kaminemissionswerte und wichtige Anlagenparameter der Primär- und Sekundäranlage übernommen und in die MADUK-Zentrale geleitet. Die MADUK-Zentrale des ENSI verarbeitet und archiviert die Daten, sorgt im Bedarfsfall für eine sofortige Alarmierung der ENSI-Notfallorganisation und sichert die Daten langfristig. Des Weiteren übernehmen verschiedene Subsysteme für den Datenaustausch mit der Nationalen Alarmzentrale (NAZ) in Zürich, der Kernreaktorfernüberwachung Baden-Württemberg und der MeteoSchweiz in Zürich. Die Subsysteme beliefern auch die weiteren

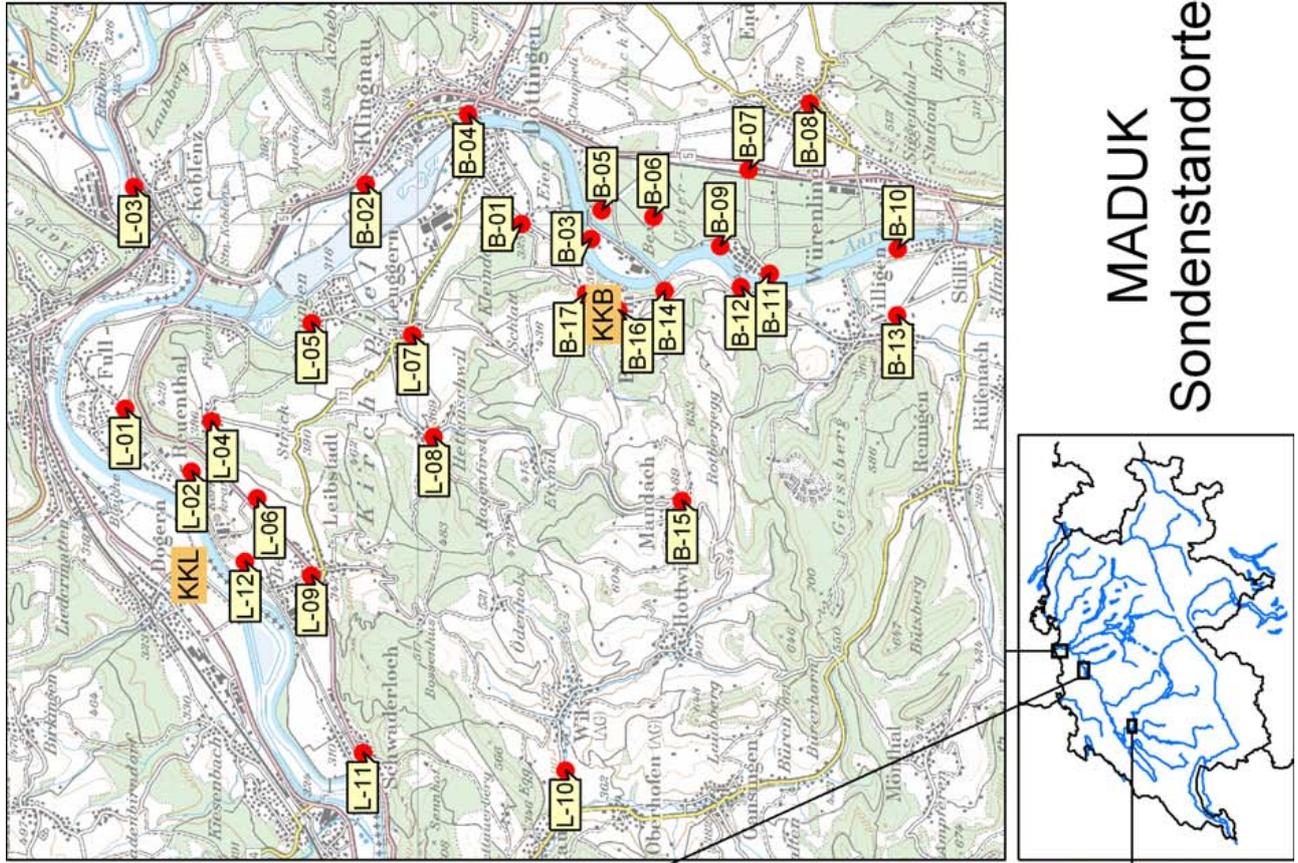
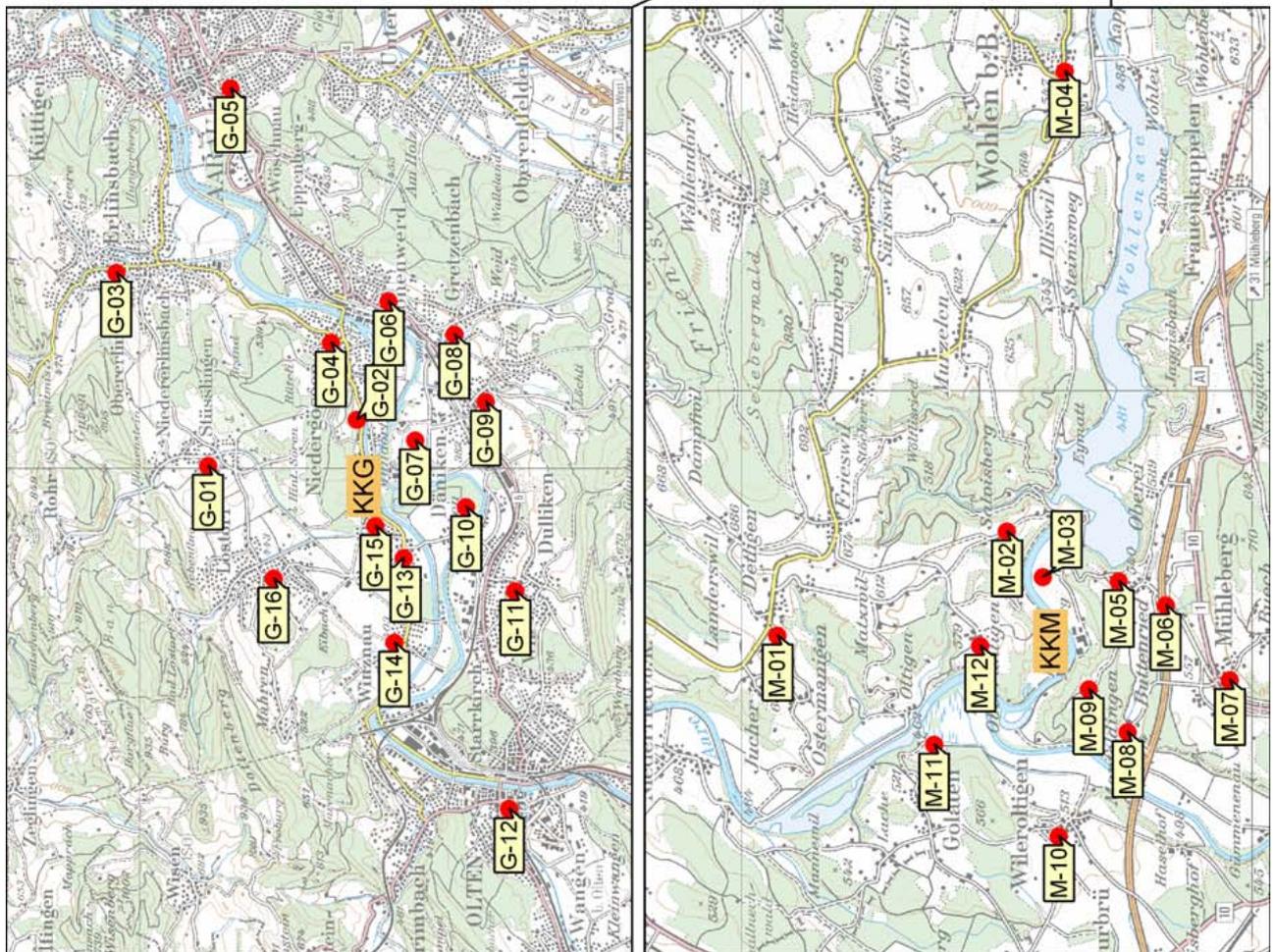
ENSI-Systeme ADAM und ADPIC. Die Darstellung auf der nächsten Seite zeigt die Standorte der Messsonden in der Umgebung der Kernkraftwerke.

Die MADUK-Daten können mittels einer speziellen Software auf bestimmten Arbeitsplatzrechnern im ENSI, in den Kernkraftwerken und im Bundesamt für Gesundheit visualisiert werden. Auf der Internetseite www.ensi.ch unter Messnetz MADUK/Messwerte Radioaktivität sind die Stunden- und Tagesmittelwerte aller MADUK-Stationen abrufbar.

2.2 Systeminstandhaltung und -ergänzung

Nach diversen Vorarbeiten konnte 2008 mit der Erneuerung der Datenkommunikation begonnen werden. Dabei wurden sämtliche Mietleitungen zu den Messstationen und zu den Frontendrechnern in den Werken durch eine DSL-basierte Lösung ersetzt. Sämtliche Dosisleistungs-Messstationen sind in einem virtuellen privaten Netzwerk verbunden. Analog sind auch die Erfassungsrechner für die Anlagenparameter in den Werken in einem entsprechenden Netzwerk mit der Zentrale verbunden (Darstellung B.2). Die gewählte Lösung ermöglicht es, durchgängig standardisierte TCP/IP-Protokolle für die Kommunikation zwischen der Zentrale und den Aussenstationen zu nutzen. Die neue Kommunikation wurde parallel zur bestehenden Infrastruktur Station um Station in Betrieb genommen. Mitte Juli 2008 waren mit einer Ausnahme alle Messstationen auf die neue Kommunikation umgestellt. Die letzte Station wurde im Oktober umgerüstet, nachdem Swisscom den gewünschten Service bereitstellte.

Bedingt durch die Erneuerung der Kommunikation und der damit verbundenen Nutzung von standardisierten Netzwerkprotokollen musste gleichzeitig mit der Umstellung der Kommunikationsanbindung auch die Messelektronik ersetzt werden. Im Unterschied zu den alten Messwertsendern ist für Wartungsarbeiten auch ein Zugriff auf die Messwertsender von der Zentrale aus möglich.



MADUK Sondenstandorte

In den Messringen Beznau und Leibstadt wurden zudem die Messsonden erster Generation durch denselben Sondentyp ersetzt, der bereits seit einigen Jahren in den Messringen Gösigen und Mühleberg im Einsatz steht. Somit ist im ganzen Messnetz eine einheitliche Messelektronik im Einsatz, was den Aufwand für die Ersatzmaterialpflege wesentlich reduziert.

In der Zentrale wurden im Zuge der Kommunikationserneuerung die zentralen Router durch redundante Firewalls und in den Werken die desktopbasierten Rechner durch Rackmodelle ersetzt. Der Frontendrechner für das KKG, der bisher im Messringknoten Olten betrieben wurde, befindet sich nun auf dem Werksareal, womit eine einheitliche Topologie für alle Werke erreicht wurde.

Durch die DSL-basierte Lösung wurden die Messringknoten überflüssig. Diese wurden in Absprache mit den Standortbesitzern nach Abschluss der Kommunikationserneuerung abgebaut und die entsprechenden

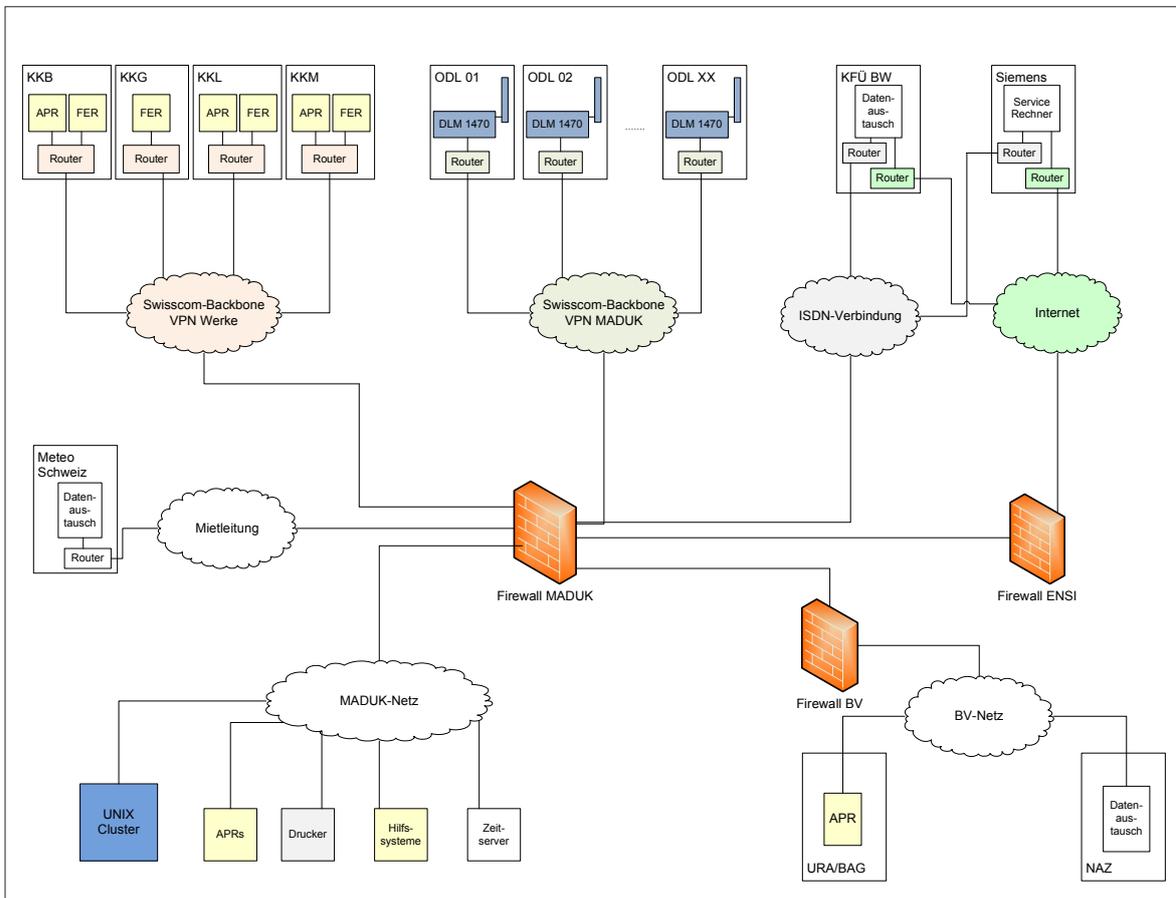
Räume wieder in den ursprünglichen Zustand versetzt. In der Darstellung B. 2 ist eine schematische Übersicht über das MADUK-System abgebildet, wie es sich nach den Umbauarbeiten präsentiert.

Der Umbau der Messstationen, der Frontendrechner sowie der Kommunikationseinrichtungen konnte dank grossem Einsatz aller beteiligten Personen ohne längere Datenausfälle realisiert werden. Bis auf wenige Ausnahmen konnte der Datenverlust bei den einzelnen MADUK-Stationen unter einer Stunde gehalten werden.

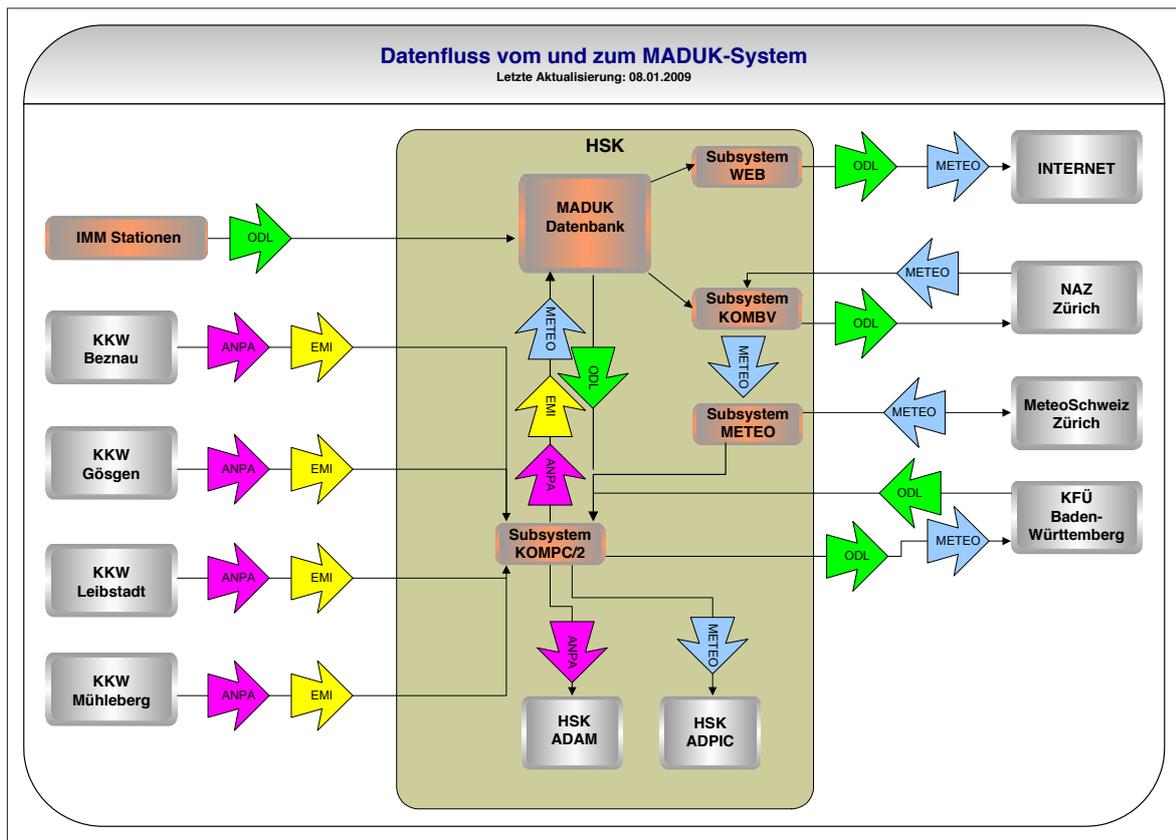
Neben diesen grossen Arbeiten wurde der Datenaustausch zum Kernfernüberwachungssystem Baden-Württemberg primär auf Internet umgestellt. Als Redundanz wird die bestehende ISDN-Leitung beibehalten.

Die in den letzten Jahren entwickelte neue Benutzeroberfläche konnte nun operationalisiert werden. Dazu wurden die Picketingenieure und die betroffenen Mitglieder der Notfallorganisation geschult. Das bisherige Feedback war durchwegs positiv.

Darstellung B.2: Schematische Gesamtübersicht System MADUK nach der Erneuerung der Kommunikation



Darstellung B.3: Schematische Darstellung der Datenflüsse vom und zum MADUK-System



Durch die Kommunikationserneuerung und die Investitionen des Jahres 2007 haben sich die Datenflüsse vom und zum MADUK-System wesentlich verändert. Die Darstellung B. 3 gibt eine entsprechende schematische Übersicht. Ein wesentlicher Unterschied liegt im Wegfall der Messringknoten. Zudem werden die Anlagenparameter (ANPA) für das ADAM-Programm der Notfallorganisation ohne Umweg über die MADUK-Zentrale zur Verfügung gestellt.

2.3 Systemverfügbarkeit und Störungen

Die Systemverfügbarkeit ist bei MADUK von besonderer Bedeutung, da das System eine kontinuierliche Überwachung gewährleisten muss, die auch von der Öffentlichkeit wahrgenommen werden soll. Mit der Kenngrösse «Systemverfügbarkeit» wird die Einsatztauglichkeit des Gesamtsystems MADUK beurteilt: Systemstörungen, die zu wesentlichen Nutzungseinschränkungen des Systems geführt haben, werden als Ausfallzeit in Stunden erfasst. Im Berichtsjahr lag die Systemverfügbarkeit

bei 99.4 % (Verfügbarkeit der ANPA- und EMI-Daten eingerechnet). Die permanente Übertragung der Anlageparameter erreichte wiederum eine sehr hohe Verfügbarkeit. Nur geplante Arbeiten beim KKG und beim KKL während den Jahresrevisionen verhinderten, dass die Verfügbarkeit über alle Quartale über 99.5 % lagen. Über die wichtigsten Systemstörungen und Betriebsvorkommnisse wird im Folgenden kurz berichtet.

Bei der MADUK-Station L-05 kam es anfangs Jahr wie bereits im Oktober 2007 erneut zu Kommunikationsausfällen. Auch nach der Umstellung auf die DSL-Lösung kam es zu Unterbrüchen. Schliesslich wurden die Hausinstallation komplett erneuert und die EMP-Schutzplatte ersetzt. Im Herbst traten erneut Probleme auf. Nachdem die Verbindung durch Swisscom auf eine andere Leitung umgelegt wurde, war die Verbindung wieder stabil.

Durch die Umbauarbeiten an den Stationen und die Erneuerung der Kommunikation kam es insgesamt zu Ausfällen von rund 1700 Stunden der Ortsdosisleistungsdaten. Dies bedeutet für alle MADUK-Messstationen rund 0.3 % Unverfügbarkeit. Die Sommermonate brachten einige Datenausfälle, die

auf Routerausfälle durch Blitzschlag zurückzuführen waren. Dabei waren vor allem Stationen mit Freileitungen (B-10, L-12) und Meteomasten (L-06, drei Mal!) betroffen.

Zu kürzeren Ausfällen durch Kommunikationsprobleme kam es bei den Stationen L-02, M-10, B-10 und M-01, zu Ausfällen durch Hardware- oder Softwareproblemen bei B-07 und B-09.

Ein Softwarefehler auf einem MADUK-Subsystem führte mehrmals zu kurzen Unterbrüchen in der Übernahme der ANPA/EMI-Daten aus Gösigen. Ebenfalls ein Softwarefehler verursachte einige Unterbrüche in der Übernahme der Meteodaten mit einer Gesamtdauer von rund 4 Tagen. Probleme auf dem für den Datenaustausch mit dem KFÜ BW eingesetzten Server des Bundesamtes für Strahlenschutz (D) führten gesamthaft zu einem Ausfall von rund einem Tag. Die defekte Systemfestplatte eines zentralen Servers hatte dank der raschen Wiederherstellung im Rahmen der Wartungs- und Supportverträge nur geringen Einfluss auf die Verfügbarkeit des Systems.

2.4 Qualitätssicherung

Die Aufgaben im Bereich der Qualitätssicherung basieren auf dem Qualitätsmanagementsystem des ENSI und dem darauf abgestützten Betriebshandbuch MADUK. Dadurch ist gewährleistet, dass alle Aufgaben im Zusammenhang mit dem Betrieb, der Wartung und der Instandhaltung/Erneuerung qualitätsgestützt und nachvollziehbar bearbeitet werden. Die wesentlichen qualitätssichernden Massnahmen werden im Folgenden beschrieben.

In Anlehnung an die «Empfehlungen zur Sicherstellung der Messdatenqualität von Umgebungsdosimetriesystemen» der Eidgenössischen Kommission für Strahlenschutz und Überwachung der Radioaktivität vom 24. November 2004 werden die MADUK-Sonden vor einem ersten Einsatz geeicht. Die Eichung hat eine dreijährige Gültigkeit. Das Messverhalten der Sonden wird zwischen den Eichungen mit halbjährlichen Genauigkeitstests geprüft. Bei den Genauigkeitstests werden mit Hilfe einer Prüfquelle die Resultate der Niederdosis- und Hochdosis-Zählrohre überprüft. Mit einer 460 kBq ^{137}Cs -Quelle werden erhöhte Werte bei jeder Sonde während ca. 40 Minuten produziert und mit Sollwerten verglichen. Gleichzeitig wird diese Sondenfunktionskontrolle auch für die Überprüfung der Datenübermittlung, der korrekten Archivierung im MADUK-Datenarchiv sowie der Alarmauslösung gemäss den festge-

legten Schwellwerten benutzt. Im Jahr 2008 wurde auf Grund der Umbauarbeiten bei den Messstationen und der deshalb fehlenden Ressourcen nur eine Funktionskontrolle durchgeführt. Diese zeigte die einwandfreie Funktion aller Sonden. Archivierung und Alarmierung funktionierten ebenfalls einwandfrei.

Als weitere qualitätssichernde Massnahme werden üblicherweise Messungen mittels In-situ-Gammaspektrometrie im Feld durchgeführt. Mit Hilfe eines Germanium-Detektors wird die emittierte Gammastrahlung natürlicher und künstlicher Nukliden gemessen, welche auf und im Boden abgelagert wurden oder im Boden natürlicherweise vorkommen. Der Abstand Detektor – Boden beträgt 1 m. Gemäss Planung wird pro Jahr abwechslungsweise in der Umgebung zweier Kernkraftwerke gemessen. Die für den Herbst 2008 geplanten Messungen konnten auf Grund eines defekten Detektors aber nicht durchgeführt werden.

Für das Jahr 2009 ist die Eichung für alle Sonden zu wiederholen. Um den Aufwand zu minimieren, wurde in Zusammenarbeit mit der Eichstelle des Paul Scherrer Instituts das Verfahren für die Eichung der Sonden im Feld festgelegt.

2.5 Messergebnisse

Erhöhte Ortsdosisleistungen, die auf Abgaben der Kernkraftwerke zurückzuführen waren, wurden keine festgestellt.

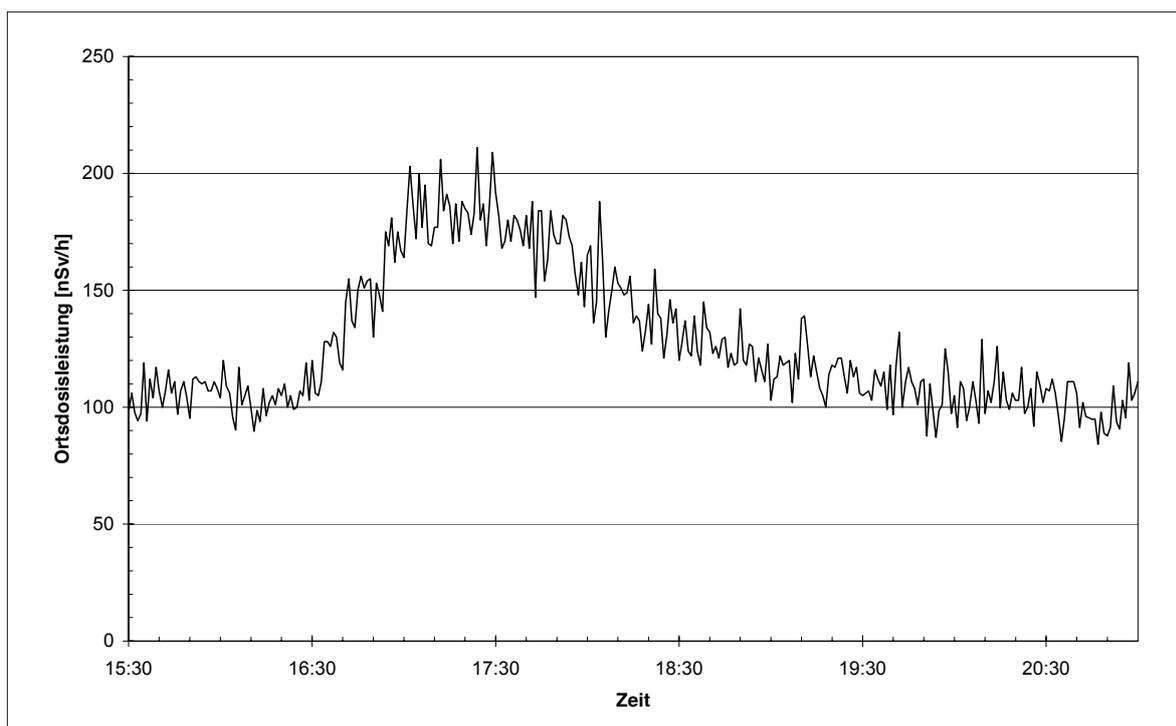
In Rahmen der jährlichen Überprüfungskampagne bei den NADAM-Sonden wurden beim Personalrestaurant des PSI durch die dort positionierte MADUK-Station B-11 für eine halbe Stunde erhöhte Werte registriert. Der Maximalwert betrug 3.52 $\mu\text{Sv/h}$.

Am 23. April um 20.20 Uhr überschritt die Nettodosisleistung bei der MADUK-Station L-03 (Koblentz, ARA) die Nettodosisleistung mit 52 nSv/h den Schwellwert von 50 nSv/h. Die Station lag im entsprechenden Zeitraum nicht im Ausbreitungsfeld des KKL, aber im Ausbreitungsfeld des KKB. Es liegen jedoch 3 bis 6 weitere Stationen zwischen dem KKB und der Station L-03, die im fraglichen Zeitraum keine erhöhten Werte anzeigten. Es ist deshalb auszuschliessen, dass die Ursache für die erhöhten Werte beim KKB liegt. Die Ursache für die Erhöhung konnte nicht geklärt werden. Am 18. Mai lag die Nettodosisleistung bei der MADUK-Station L-06 (Leibstadt, Meteomast KKL) zweimal über dem Schwellwert von 50 nSv/h. Das Maximum wurde mit 61 nSv/h um 22.10 Uhr erreicht. Die Niederschlagsdaten am Me-

teoturm Leibstadt zeigten parallel zum Anstieg der Ortsdosisleistung Niederschlag an. Da die Station für den entsprechenden Zeitraum weder im Ausbreitungsfeld des KKL noch in dem des KKB lag, ist bei der Ursache für die erhöhten Werte von Auswascheffekten der natürlichen Radioaktivität in der Luft auszugehen. Am 26. Juli überschritten sechs Nettodosisleistungswerte der MADUK-Station G-07 (Niedergösgen, SwissMetNet Station) den Schwellwert von 50 nSv/h. Die maximale Nettodosisleistung wurde um 17.30 Uhr mit 68 nSv/h erreicht. Die Niederschlagsdaten am Meteoturm Gösgen zeigten parallel zum Anstieg der Ortsdosisleistung Niederschlag an. Zudem lag die Station G-07 nicht im Ausbreitungsfeld des KKG für den entsprechenden Zeitraum und die Form des Werteverlaufs deutet auf Radonfolgeprodukte hin (siehe auch Darstellung B.4). Deshalb ist der Anstieg der Dosisleistung auf Auswascheffekte zurückzuführen. In der Nacht vom 31. August auf den 1. September wurde beim Durchzug einer Gewitterfront bei den MADUK-Stationen G-07 (Niedergösgen, SwissMetNet Station), G-08 (Gretzenbach, Werkhof) und G-15 (Obergösgen, Stegbach Trafostation) der Schwellwert von 50 nSv/h für die Nettodosisleistung mehrfach überschritten. Für G-07 wurde um 1.40 Uhr eine maximale Nettodosisleistung von 63 nSv/h gemessen, für G-08 um 2.00 Uhr 51 nSv/h und für G-15 um

1.50 Uhr 54 nSv/h. Die maximalen gemessenen Ortsdosisleistungen lagen für diese Stationen im Bereich von 236 bis 239 nSv/h. Auf Grund einer variierenden Windlage lagen die Stationen zwar im Ausbreitungsfeld des KKG, aber der gleichzeitig gemessene Niederschlag und die Form des Werteverlaufs (typisch für das Abklingen von Radonfolgeprodukten aus der Atmosphäre) deuten auf Auswascheffekte hin. Am 19. September wurde bei der MADUK-Station L-07 (Leuggern, Feuerwehrgebäude/ZSA) eine zweimalige Überschreitung des Schwellwertes für die Nettodosisleistung registriert. Die maximale Nettodosisleistung betrug um 17.30 Uhr 60 nSv/h, die maximale Ortsdosisleistung 171 nSv/h. Da die Station weder im Ausbreitungsfeld des KKL noch in dem des KKB lag und an den Meteotürmen von KKL und KKB leichter Niederschlag gemessen wurde, sind die Erhöhungen auf Auswascheffekte zurückzuführen. In der Nacht vom 8. auf den 9. Oktober wurde an den MADUK-Stationen M-03 (Mühleberg, SwissMetNet Station) und B-04 (Döttingen, Altersheim/ZSA) während rund drei Stunden eine Erhöhung der Ortsdosisleistung registriert, die zu Überschreitungen des Nettodosisleistungsschwellwertes von 50 nSv/h führten. Bei M-03 wurde der Schwellwert zwei Mal überschritten, wobei der Maximalwert um 23.40 Uhr mit 53 nSv/h erreicht wurde. Bei B-04 lagen vier Werte über der Schwelle,

Darstellung B.4: Verlauf der Minutenwerte für die MADUK-Station G-07 am 26. Juli 2008



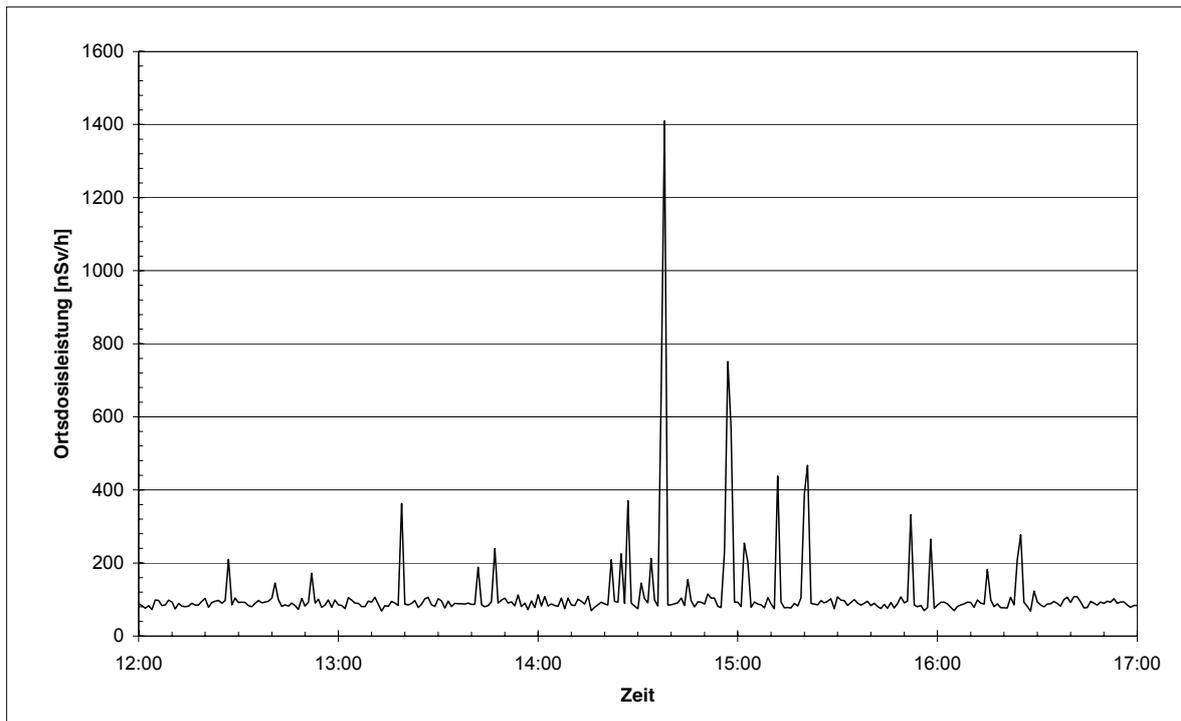
wobei der Maximalwert um 4.20 Uhr 57 nSv/h betrug. Beide Stationen lagen ausserhalb des Ausbreitungsfeldes des KKM bzw. KKB. Da zudem parallel zu den Anstiegen in der Ortsdosisleistung auch Niederschlag an den Meteomasten des KKM und des KKB gemessen wurde und der Werteverlauf auf Radonfolgeprodukte hindeutet, liegt die Ursache für die erhöhten Werte bei Auswascheffekten.

Am 24. Dezember lieferte die MADUK-Station L-07 (Leuggern, Feuerwehrgebäude/ZSA) zwischen 13.00 und 17.00 Uhr mehrere erhöhte Werte. Der maximale Zehnminutenwert betrug um 14.40 Uhr 299 nSv/h. Der zeitliche Verlauf der Werte war für einen Auswaschungseffekt untypisch, da einzelne Zehn- bzw. Einminutenwerte erhöht waren (siehe auch Darstellung B. 5). Einzelne Einminutenwerte zeigten Werte über 1000 nSv/h. Die vertiefte Analyse der Messdaten ins-

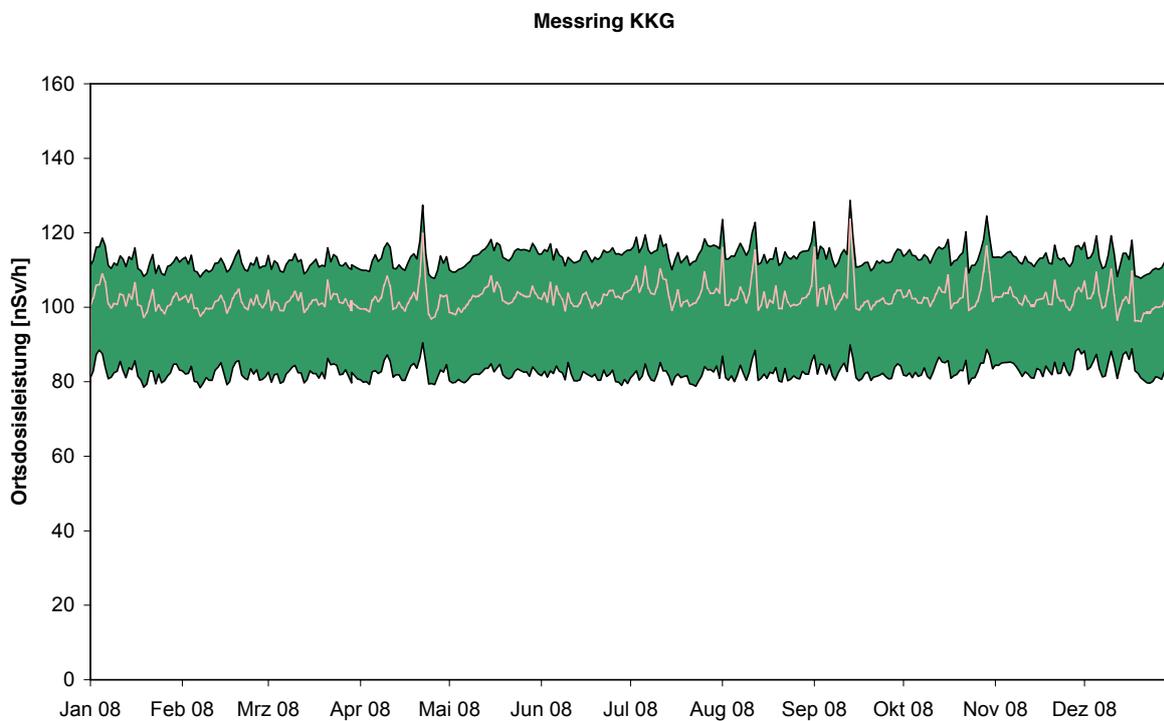
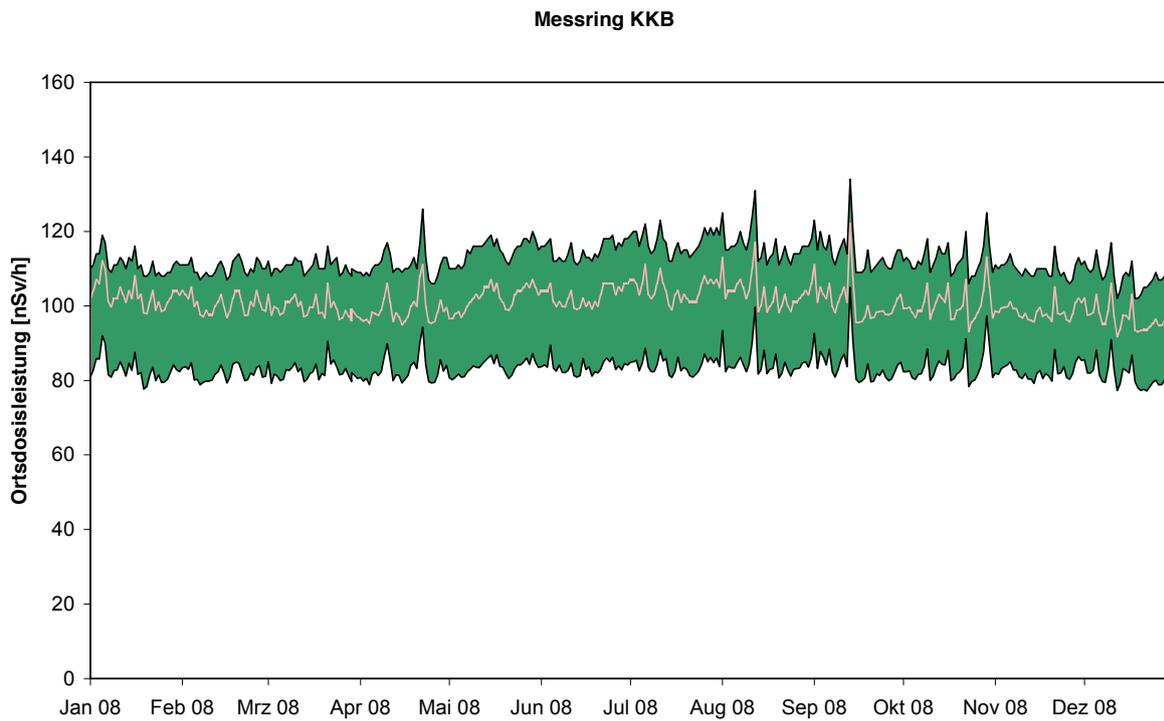
besondere der effektiven Zählraten auf dem Messwertsender zeigten, dass eines der beiden Niederdosiszählrohre teilweise massiv erhöhte Werte lieferte. Da die Zählraten des zweiten Niederdosiszählrohrs und des Hochdosiszählrohres keine wesentlichen Änderungen im entsprechenden Zeitraum zeigten, ist bei der Erhöhung von einer technischen Störung auszugehen. Die Ursache der Störung konnte nicht eruiert werden, da die Sonde seither wieder normale Werte liefert.

Die Darstellungen B.6 und B.7 zeigen die Maxima, die Minima und die Mediane der Tagesmittelwerte im Berichtsjahr in der Umgebung der Kernkraftwerke. Die Werte liegen im normalen Schwankungsbereich. Deutlich ist der Einfluss des Schneefalls im Dezember zu erkennen, der durch die zusätzliche Abschirmung der Bodenstrahlung zu einer Reduktion der Ortsdosisleistung führte.

Darstellung B.5: Verlauf der Minutenwerte für die MADUK-Station L-07 am 24. Dezember 2008

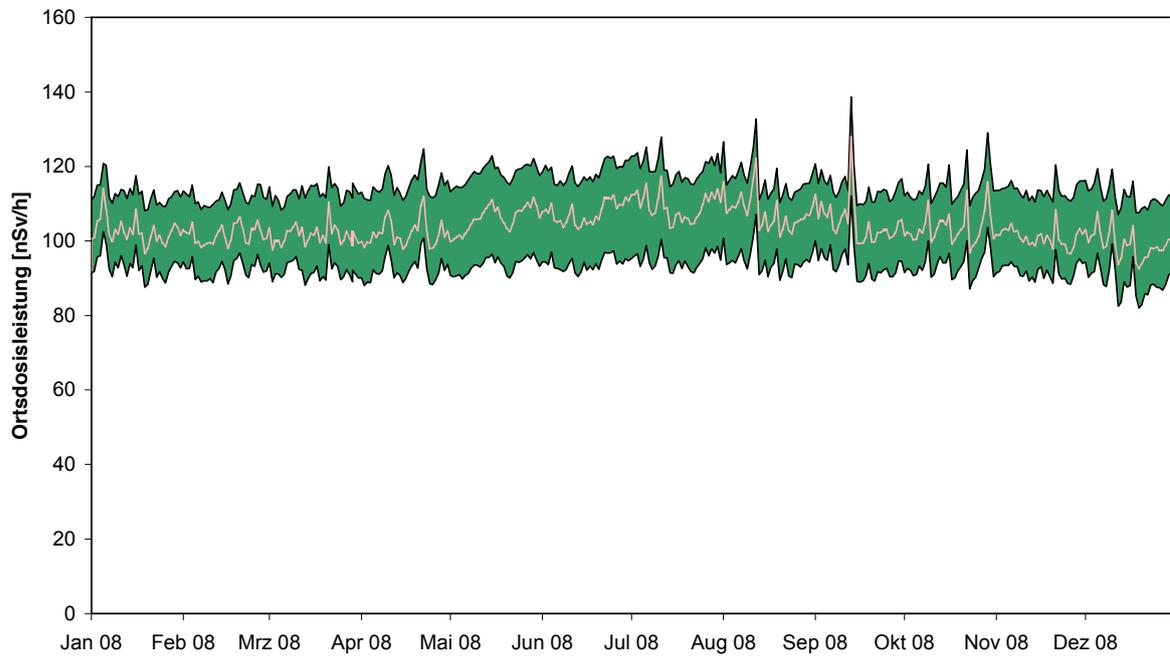


Darstellung B.6: Wertebereiche aus Tagesmittelwerten für die Messringe KKB, KKG

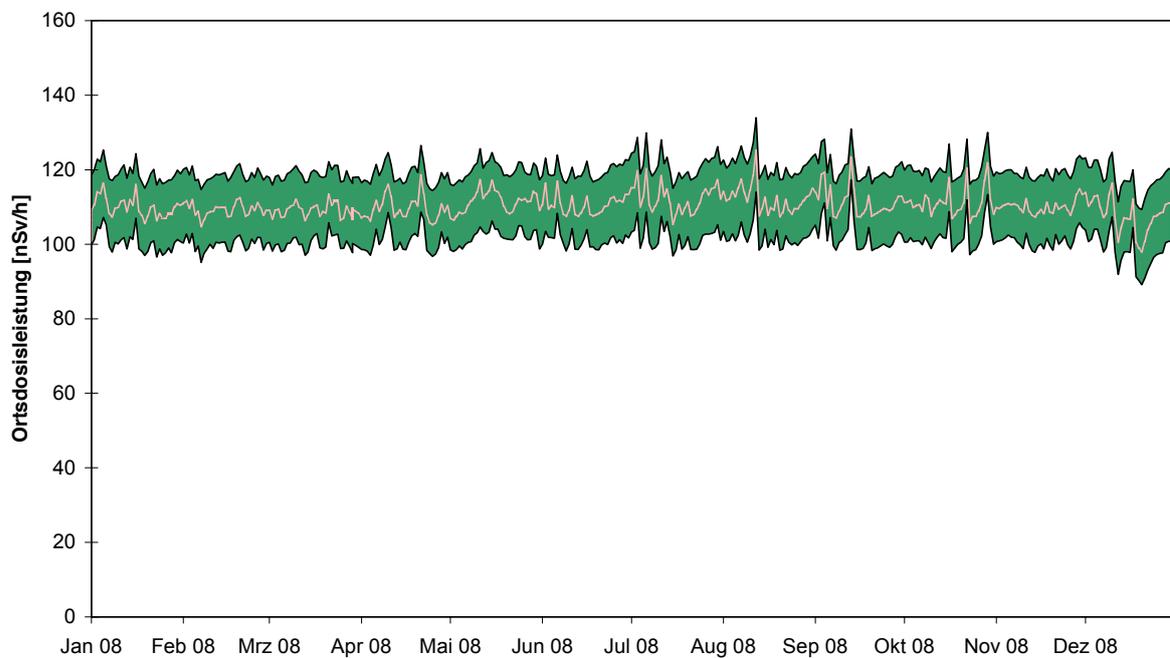


Darstellung B.7: Wertebereiche aus Tagesmittelwerten für die Messringe KKL, KKM

Messring KKL



Messring KKM



3. Atmosphärische Ausbreitung

3.1 Modellberechnungen im Ereignisfall

Die Organisation, die Zuständigkeiten und der Einsatz der Organe des Bundes bei einem Ereignis in einer Kernanlage mit einer bevorstehenden oder bereits erfolgten Freisetzung von radioaktiven Stoffen sind in der Verordnung über die Einsatzorganisation bei erhöhter Radioaktivität (VEOR) geregelt. Insbesondere ist das ENSI bei einer störfallbedingten Freisetzung von radioaktiven Stoffen aus einer schweizerischen Kernanlage für die zeitgerechte Beurteilung der radiologischen Gefährdung der Bevölkerung in der näheren Umgebung (Zonen 1 und 2) verantwortlich.

Das ENSI ist zuständig für die Prognosen der Entwicklung des Störfalls in der Anlage sowie der möglichen Ausbreitung der Radioaktivität in der Umgebung und für die Abschätzung von deren radiologischen Konsequenzen. Das ENSI berät zudem die Nationale Alarmzentrale (NAZ) über die Anordnung von Schutzmassnahmen für die Bevölkerung.

Die Eidgenössische Kommission für ABC-Schutz (Kom-ABC) hat in ihrem Konzept hinsichtlich der atmosphärischen Ausbreitungsrechnungen bei Unfällen in Kernanlagen die heute vorhandenen Mittel beurteilt und die Anforderungen an die Resultate der Berechnungen sowie die Verfügbarkeit und der Einsatz der benötigten Modelle festgelegt. Da die Anforderungen der Einsatzorganisation bei erhöhter Radioaktivität nicht durch ein einziges Ausbreitungsmodell erfüllt werden können, sind spezifische Modelle für den lokalen (Zonen 1 und 2), regionalen (Zone 3 und grenznahe Ausland) und grossräumigen (fernes Ausland) Bereich notwendig.

Die Beurteilung der radiologischen Gefährdung bildet die Grundlage für die Anordnung von Schutzmassnahmen für die Bevölkerung. Schutzmassnahmen sollten wenn möglich vorsorglich angeordnet werden. In der Vorphase, d.h. vor Freisetzungsbeginn, kann jedoch nicht auf Radioaktivitätsmessungen in der Umgebung zurückgegriffen werden. Die Gefährdung muss vielmehr mittels Modellrechnungen auf Grund der aktuellen Situation in der Anlage und der vorherrschenden Wetterbedingungen in der Umgebung abgeschätzt werden. Modellrechnungen dienen insbesondere dazu, das potenziell gefährdete Gebiet abzugrenzen, die notwendigen Schutzmassnahmen festzulegen und die Messstrategie zu optimieren.

3.2 Projekt CN-MET

Die dreidimensionale Darstellung der Atmosphäre und ihrer Entwicklung (Dynamik) ist ein wichtiges Element, um den Transport und die Diffusion einer kontaminierten Luftmasse zu berechnen. Dazu integrieren numerische Wettervorhersagemodelle die vorhandenen Messungen und liefern meteorologische Informationen auf lokaler Ebene. Mit modernsten Methoden («remote-sensing») können heute die Wind- und Temperaturprofile bis ca. 4 km über Boden genau erfasst werden. Diese Messungen verbessern die zeitliche Verfolgung des Zustandes der Atmosphäre bei einem radiologischen Störfall und sind damit eine optimale Informationsquelle für numerische Modelle.

Im Rahmen des Projektes SwissMetNet erneuert die MeteoSchweiz in den nächsten Jahren ihre meteorologischen Bodenmessnetze. Gegenwärtig ist jedes Kernkraftwerk mit einem Messturm und einer bodennahen SwissMetNet-Station ausgerüstet. Anlässlich der Erneuerung der meteorologischen Messstationen an den Standorten der Kernkraftwerke wurde evaluiert, ob und unter welchen Bedingungen die bis zu 110 m hohen Messtürme durch so genannte Profiler für Wind und Temperatur ersetzt werden können. MeteoSchweiz

Darstellung B.8: «remote-sensing»-Messanlage für Wind- und Temperaturprofile am Standort Payerne (Bildquelle MeteoSchweiz)



verfügt insgesamt über drei «remote-sensing»-Messanlagen für Wind- und Temperaturprofile (siehe Darstellung B.8) an den Standorten Payerne, Grenchen und Schaffhausen. Das ENSI strebt zusammen mit der MeteSchweiz die Ablösung der bestehenden Messtürme bei den Kernkraftwerken durch das Projekt CN-MET für Ende 2009 an.

Das Projekt CN-MET (Centrales Nucléaires et Météorologie) beinhaltet die Entwicklung eines feinmaschigen Modells zusammen mit der Integration eines «remote-sensing»-Systems. Das zu einer Maschenweite von 2 Kilometern angepasste Modell basiert auf dem aktuellen Prognosemodell mit 7 Kilometern Maschenweite und nützt ein darauf zugeschnittenes meteorologisches Messnetz aus, das Messungen am Boden mit Messungen in der planetaren Grenzschicht kombiniert. Das Projekt zielt mit der Erneuerung der Messnetze und der Prognosemodelle auf die Erstellung von qualitativ hochwertigen meteorologischen Informationen, um auch den Schutz der Bevölkerung bei einem radiologischen Störfall in einer Kernanlage zu verbessern.

Die Qualitätssicherung des feinmaschigen numerischen Modells COSMO2 ist eng gekoppelt mit der Echtzeit-Assimilation der im Rahmen von CN-MET vorgesehenen Messdaten der Bodenstationen und der «remote-sensing»-Systeme. Nur so können die Entwicklung der Atmosphäre bis in ausreichende Höhen (planetare Grenzschicht) sowie die Wind- und Temperaturfelder über dem schweizerischen Plateau kohärent beschrieben werden.

Im Jahr 2008 konnte MeteSchweiz die Wind- und Temperaturprofiler an den Standorten Schaffhausen und Grenchen in Betrieb nehmen. Die meteorologischen Daten der Messanlage in Schaffhausen konnten erfolgreich in das COSMO2-Modell integriert werden. Für die Messanlage in Grenchen ist die Implementierung der Daten in das Modell für Anfang 2009 vorgesehen.

Das Projekt CN-MET sieht eine Validierung der erstellten Wetterprognosen an den Standorten der Kernkraftwerke vor. Hierfür fand im Herbst 2008 an einem Standort zwischen Leibstadt und Beznau eine Messkampagne statt. Mit einem mobilen Wind- und Temperaturprofiler wurden in Kleindöttingen die lokalen meteorologischen Verhältnisse über einen Zeitraum von 12 Wochen gemessen und mit der Vorhersage aus dem COSMO2-Modell verglichen. Die detaillierte Prüfung der Ergebnisse durch das ENSI und MeteSchweiz findet im ersten Quartal 2009 statt. Eine zweite Messkampagne in der Nähe des Kernkraftwerks Mühleberg ist im Frühling 2009 geplant.

3.3 Atmosphärisches Ausbreitungsmodell ADPIC/WINDBANK

Im Ereignisfall ist vorgesehen, dass eine erste rasche Abschätzung der radiologischen Auswirkungen durch das in MADUK integrierte Ausbreitungs- und Dosisprogramm TIS/ADP erfolgt. Als Ergänzung dazu wird das wesentlich komplexere atmosphärische Ausbreitungsmodell ADPIC (Atmospheric Diffusion Particle-In-Cell Model), welches Topographie und lokale Windverhältnisse berücksichtigt, eingesetzt. Für Anwendungen in der unmittelbaren Umgebung der schweizerischen Kernanlagen werden die gemessenen Windfelder aus der WINDBANK (Windfeld-Datenbank) verwendet.

Das von Lawrence Livermore National Laboratory entwickelte Ausbreitungsmodell ADPIC wurde im Rahmen einer Modell-Evaluation aus einer Vielzahl von atmosphärischen Dispersionsmodellen, welche Ausbreitungsvorgänge im komplexen Gelände beschreiben können, als das für die Schweiz am besten geeignete Modell ausgewählt. Die Evaluation erfolgte auf Grund von Tracer-Experimenten im Raum Gösigen. Für einen operationellen Einsatz des Modells in der Schweiz waren umfangreiche Anpassungen notwendig, insbesondere bezüglich On-line Meteodaten-Erfassung, dreidimensionale Windfelddaten und Visualisierung der Ergebnisse.

Aktueller Stand

Das ADPIC/WINDBANK-System ist heute hinsichtlich Meteorologie für diagnostische und prognostische Berechnungen für alle Kernanlagen operationell:

- Routinemässige Berechnungen mit einer Einheitsquelle ($1\text{Bq/s }^{137}\text{Cs}$) werden automatisch rund um die Uhr im Stundentakt und für drei verschiedene Freisetzungshöhen durchgeführt.
- Im Ereignisfall (und bei Übungen) sind störfallspezifische Berechnungen spätestens innerhalb einer Stunde nach der Einsatzbereitschaft der ENSI-Notfallorganisation zu erwarten.

Der Hauptzweck der *Routineberechnungen* ist die Sicherstellung der dauernden Verfügbarkeit des Systems und die Überwachung der aktuellen Ausbreitungssituation (Diagnose und kurzfristige Prognose). Zudem können Routineberechnungen auch im Ereignisfall – insbesondere in der Anfangsphase, z.B. bei einem schnellen Störfall – für eine erste Beurteilung verwendet werden. Der Hauptzweck der *störfallspezifischen Berechnungen* in der Vor- und Wolkenphase ist die Beurteilung der Ge-

fährdung der Bevölkerung in der Umgebung des Kernkraftwerks bei einer späteren oder bereits erfolgten Freisetzung von radioaktiven Stoffen. Die Berechnungen dienen als Grundlage, um das möglicherweise gefährdete Gebiet abzugrenzen und über weitere eventuell notwendige Messungen oder Massnahmen entscheiden zu können. Nach dem Wolkendurchzug ist die Beurteilung der tatsächlichen Gefährdung der Bevölkerung auf Grund der in der Wolkenphase erhaltenen Dosen und den noch zu erwartenden Dosen infolge Deposition wichtig. Zudem helfen die Modellberechnungen zur Festlegung des Wolkendurchzuggebietes als Grundlage für die Optimierung der Messstrategie.

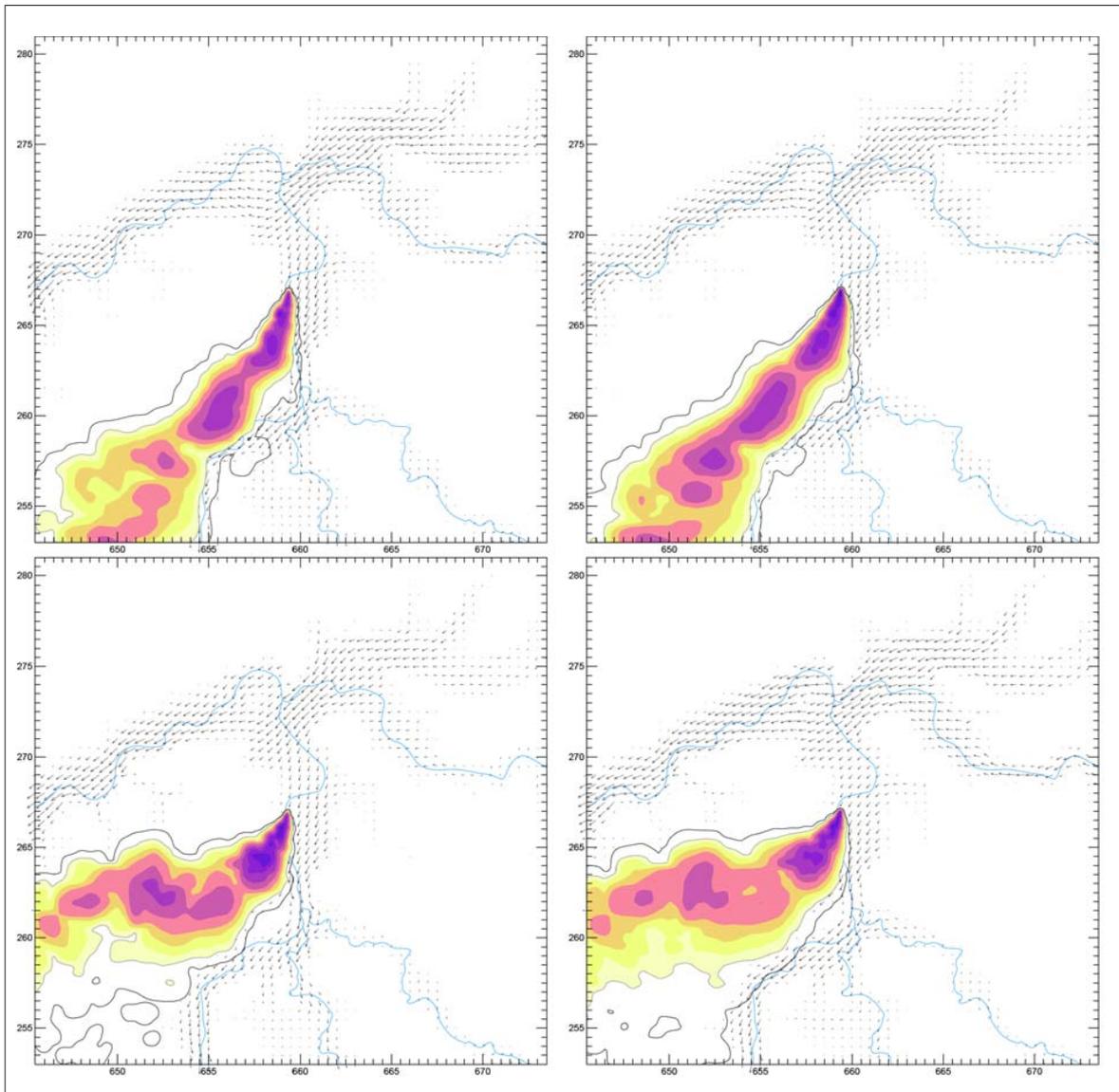
Für die Sicherstellung der Notfallbereitschaft im Ereignisfall muss neben der technischen Verfügbarkeit auch die personelle Bedienung des Systems gewährleistet sein.

Beispiele von ADPIC/WINDBANK-Berechnungen

Das Ausbreitungsmodell ADPIC/WINDBANK ermöglicht im Ereignisfall auf Grund von aktuellen meteorologischen Daten eine realistische Beurteilung der radiologischen Gefährdung der Bevölkerung. Hinsichtlich Meteorologie können sowohl diagnostische als auch prognostische Berechnungen durchgeführt werden. Das feinmaschige numerische Prognosemodell COSMO2 der MeteoSchweiz ist seit Mitte 2008 operationell und wird nun auch bei Ausbreitungsrechnungen im Rahmen der Notfallorganisation eingesetzt.

In den Darstellungen B.9 bis B.12 werden Beispiele von ADPIC/WINDBANK-Simulationen für die vier Kernanlagen dargestellt. Es handelt sich dabei jeweils um fiktive Freisetzungen radioaktiver Stoffe. Die Beispiele stammen aus den routinemässig durchgeführten Berechnungen und beruhen auf echten Wettersituationen. Basierend auf gemessenen bzw. auf prognostizierten Winddaten werden die Ergebnisse von Ausbreitungsrechnungen mit den operationellen Stationen der MeteoSchweiz und mit der WINDBANK-Methode miteinander verglichen.

Darstellung B.9: Beispiele von ADPIC/WINDBANK-Simulationen für KKB
(Vergleich Diagnose/Prognose)



Situation am 8. Januar 2009 um 06.00 Uhr Lokalzeit

Ausbreitungsrechnungen mit einer Einheitsquelle von 1 Bq/s ^{137}Cs

Effektive Abgabehöhe 50 m über Boden

Vordergrund: integrierte Luftaktivität in Bodennähe in $\text{Bq}\cdot\text{s}/\text{m}^3$

Hintergrund: 3D-Windfeld auf 400 m über Meer

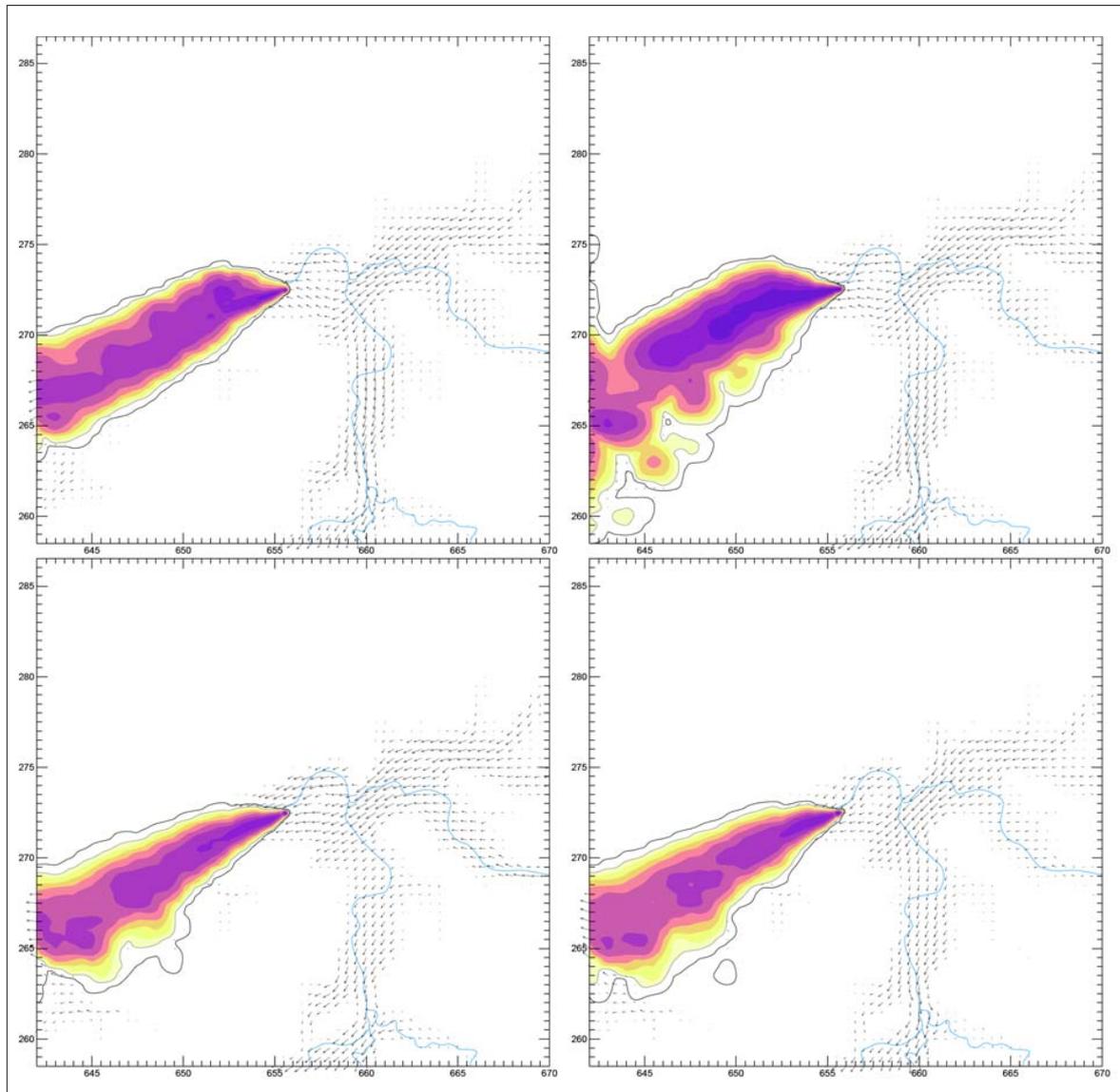
Oben: Ausbreitungsrechnungen nur mit den operationellen Stationen der MeteoSchweiz

(links: mit gemessenen Winddaten, rechts: mit prognostizierten Winddaten aus COSMO2)

Unten: Ausbreitungsrechnungen mit der bevorzugten WINDBANK-Methode

(links: mit gemessenen Winddaten, rechts: mit prognostizierten Winddaten aus COSMO2)

Darstellung B.10: Beispiele von ADPIC/WINDBANK-Simulationen für KKL
(Vergleich Diagnose/Prognose)



Situation am 7. Januar 2009 um 22.00 Uhr Lokalzeit

Ausbreitungsrechnungen mit einer Einheitsquelle von 1 Bq/s ^{137}Cs

Effektive Abgabehöhe 50 m über Boden

Vordergrund: integrierte Luftaktivität in Bodennähe in $\text{Bq}\cdot\text{s}/\text{m}^3$

Hintergrund: 3D-Windfeld auf 400 m über Meer

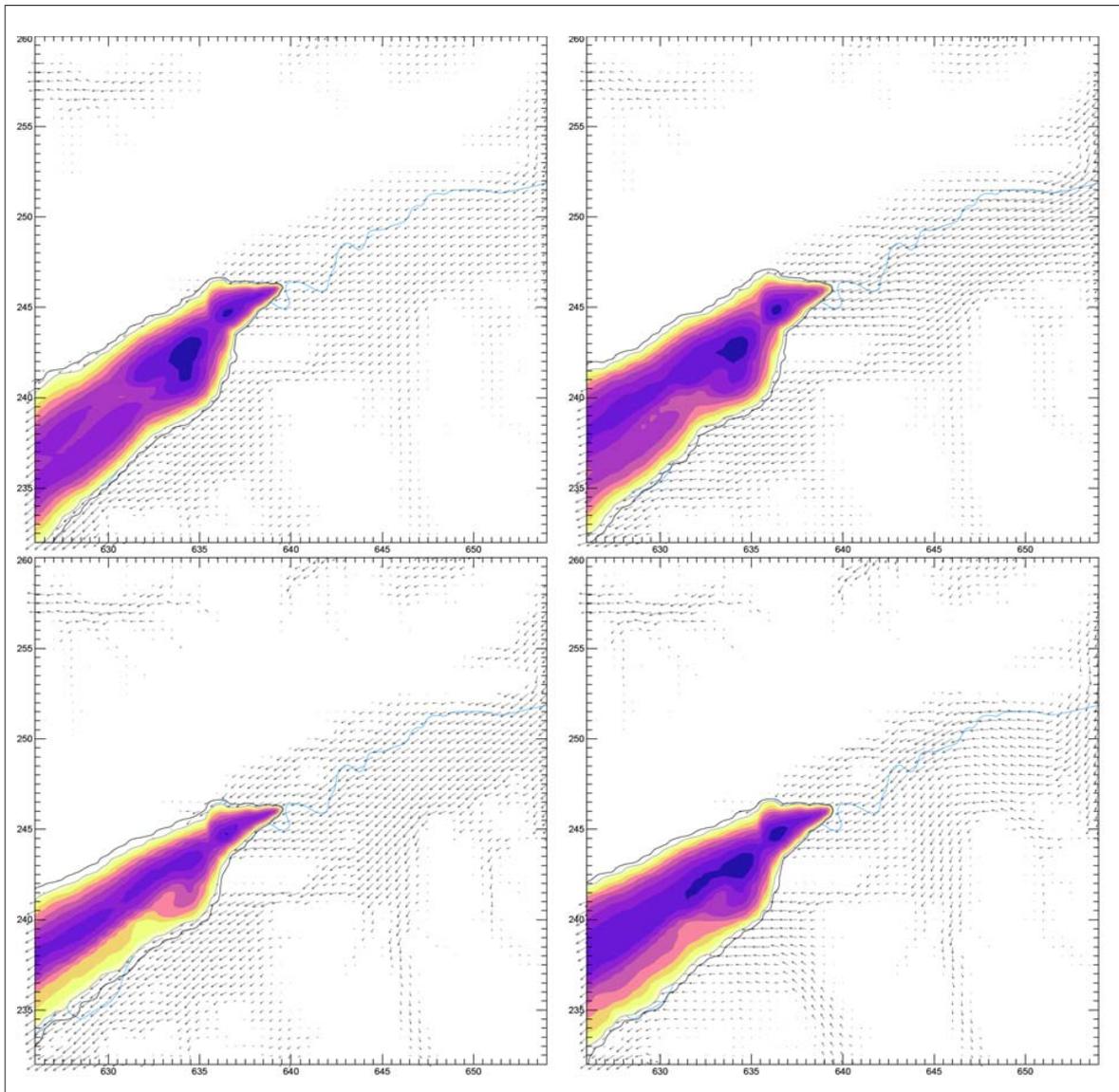
Oben: Ausbreitungsrechnungen nur mit den operationellen Stationen der MeteoSchweiz

(links: mit gemessenen Winddaten, rechts: mit prognostizierten Winddaten aus COSMO2)

Unten: Ausbreitungsrechnungen mit der bevorzugten WINDBANK-Methode

(links: mit gemessenen Winddaten, rechts: mit prognostizierten Winddaten aus COSMO2)

Darstellung B.11: Beispiele von ADPIC/WINDBANK-Simulationen für KKG
(Vergleich Diagnose/Prognose)



Situation am 8. Januar 2009 um 00.00 Uhr Lokalzeit

Ausbreitungsrechnungen mit einer Einheitsquelle von 1 Bq/s ^{137}Cs

Effektive Abgabehöhe 100 m über Boden

Vordergrund: integrierte Luftaktivität in Bodennähe in Bq·s/m³

Hintergrund: 3D-Windfeld auf 500 m über Meer

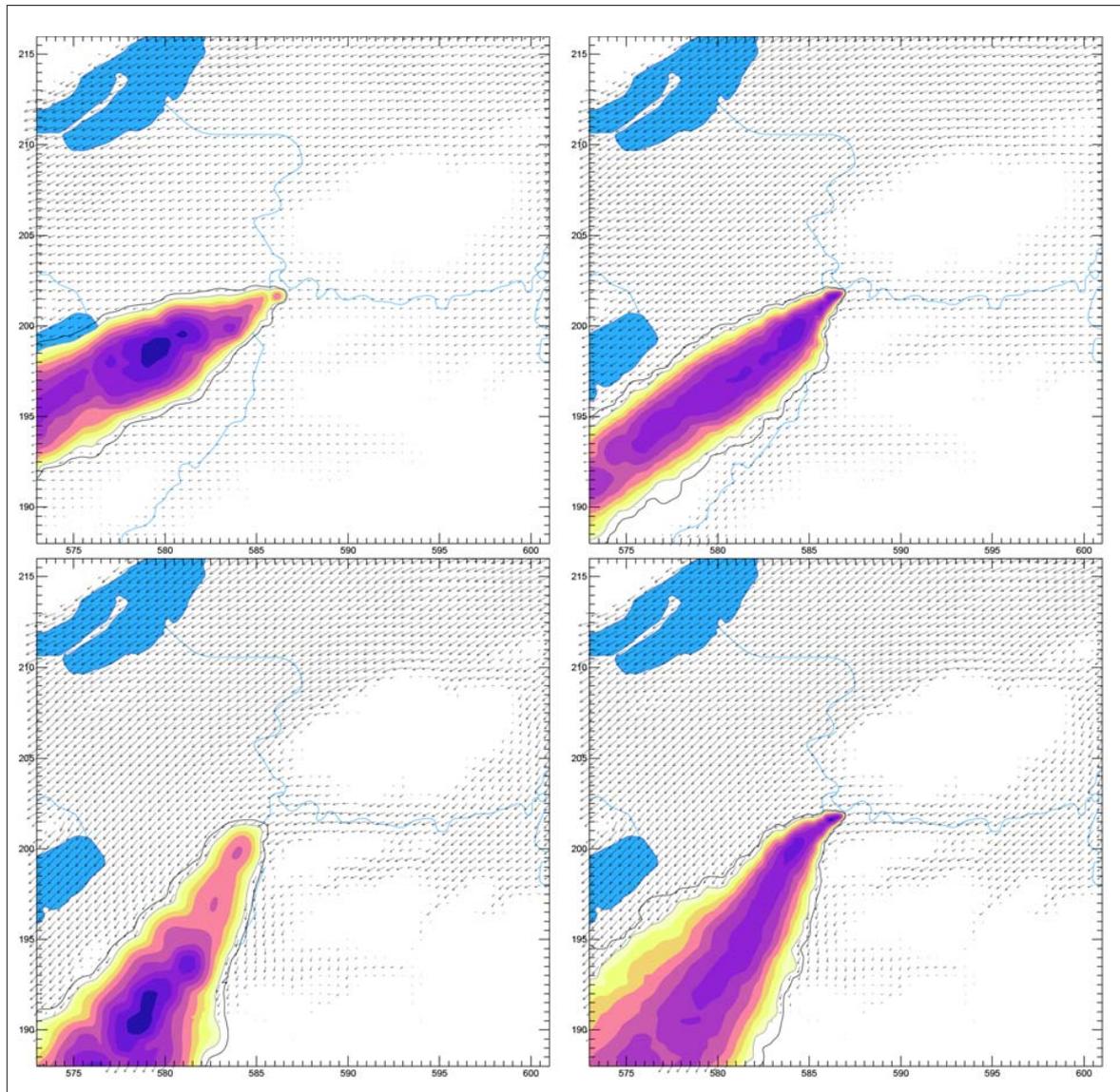
Oben: Ausbreitungsrechnungen nur mit den operationellen Stationen der MeteoSchweiz

(links: mit gemessenen Winddaten, rechts: mit prognostizierten Winddaten aus COSMO2)

Unten: Ausbreitungsrechnungen mit der bevorzugten WINDBANK-Methode

(links: mit gemessenen Winddaten, rechts: mit prognostizierten Winddaten aus COSMO2)

Darstellung B.12: Beispiele von ADPIC/WINDBANK-Simulationen für KKM
(Vergleich Diagnose/Prognose)



Situation am 8. Januar 2009 um 09.00 Uhr Lokalzeit

Ausbreitungsrechnungen mit einer Einheitsquelle von 1 Bq/s ^{137}Cs

Effektive Abgabehöhe 100 m über Boden

Vordergrund: integrierte Luftaktivität in Bodennähe in Bq·s/m³

Hintergrund: 3D-Windfeld auf 600 m über Meer

Oben: Ausbreitungsrechnungen nur mit den operationellen Stationen der MeteoSchweiz
(links: mit gemessenen Winddaten, rechts: mit prognostizierten Winddaten aus COSMO2)

Unten: Ausbreitungsrechnungen mit der bevorzugten WINDBANK-Methode
(links: mit gemessenen Winddaten, rechts: mit prognostizierten Winddaten aus COSMO2)

4. Aeroradiometrische Messungen

4.1 Einleitung

Die Aeroradiometrischen Messungen in der Schweiz begannen im Jahr 1986. Methodik und Software für Kalibrierung, Datenerfassung, Datenverarbeitung und Kartendarstellung wurden am Institut für Geophysik der ETH Zürich entwickelt (Schwarz 1991). In der Zeit von 1989 bis 1993 wurde die Umgebung der schweizerischen Kernanlagen jährlich auf einer Fläche von jeweils 50 km² aeroradiometrisch vermessen. Im Jahre 1994 ging man zu einem Zweijahresrhythmus über, wobei abwechslungsweise zwei bzw. drei Gebiete mit Kernanlagen vermessen werden. 1992 und 1995 wurden ebenfalls am Institut für Geophysik der ETH Zürich zwei neue Messgeräte gebaut (16.8 und 4.0 l Detektoren). Seit den Messflügen 2001 kommt eine neu entwickelte Online-Datenauswertungs- und Kartierungssoftware zum Einsatz (Bucher 2001).

Im Jahre 1994 wurde die Aeroradiometrie in die Einsatzorganisation Radioaktivität des Bundes integriert. Als mögliche Einsatzfälle stehen Transport- und Industrieunfälle mit radioaktivem Material, KKW-Störfälle, Abstürze von Satelliten mit Nuklearreaktoren und «Dirty Bombs»

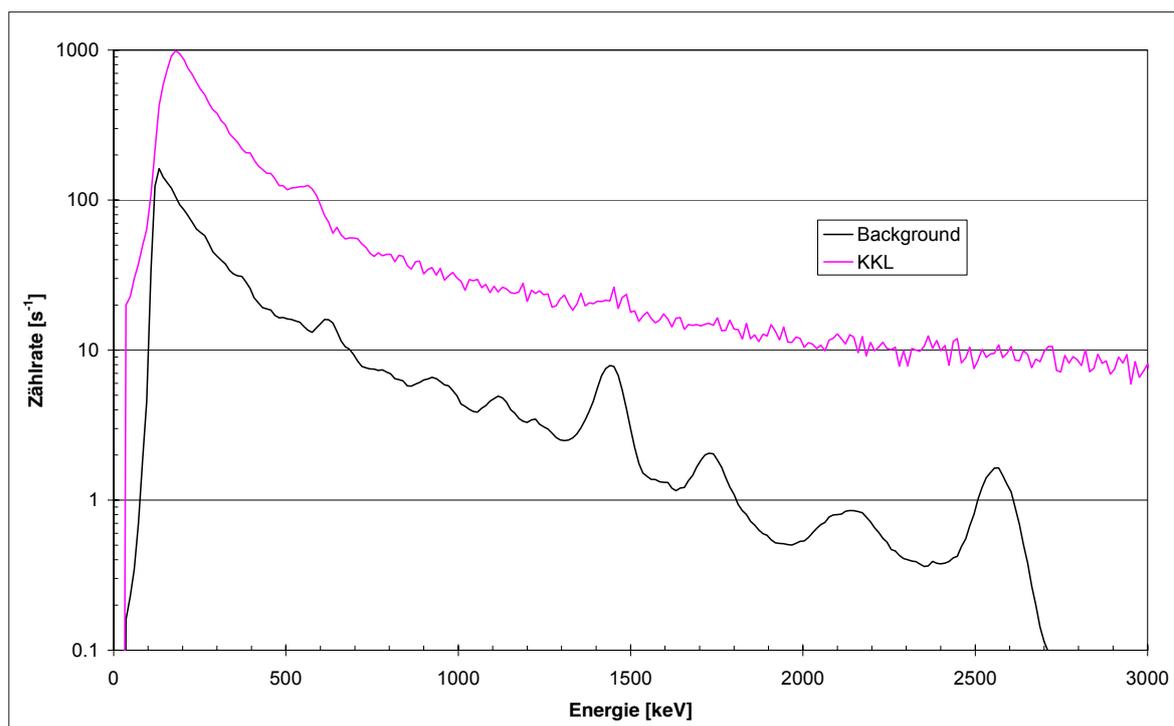
im Vordergrund. Die jährlichen Messprogramme werden durch die Fachgruppe Aeroradiometrie, einer Untergruppe der Messorganisation im Fachbereich A der KomABC, zusammengestellt. Der Einsatz erfolgt unter der Regie der Nationalen Alarmzentrale (NAZ). Unterhalt und Bereitstellung des Messsystems erfolgen seit 2004 durch das Paul Scherrer Institut (PSI).

Während der Jahre 2004 und 2005 wurden die Messsysteme erneuert und dabei die Online-Datenauswertungs- und Kartierungssoftware im Messsystem integriert. 2006 wurde ein zweiter Detektor mit 16.8 l Volumen beschafft, kalibriert und bei den Messflügen 2007 erstmals eingesetzt.

4.2 Messungen und Messresultate 2008

Bei den Messflügen im Mai 2008 wurde turnusgemäss die Umgebung der Kernkraftwerke Beznau (KKB) und Leibstadt (KKL), der Forschungseinrichtung Paul Scherrer Institut (PSI) und des Zwischenlagers für radioaktive Abfälle in Würenlingen (ZWILAG) abgedeckt. Zusätzlich

Darstellung B.13: Photonenspektrum über dem KKL im Vergleich zum Background ausserhalb der Betriebsareale



wurden im Rahmen der Fussball-Europameisterschaft EURO08 die Städte Bern, Genf, Teile von Basel sowie Public-Viewing-Zonen in der weiteren Umgebung von Basel aeroradiometrisch vermessen. Im Folgenden werden nur die Resultate der Messungen in der Umgebung der Kernanlagen diskutiert.

Die Messresultate im Gebiet KKB, KKL, PSI und ZWILAG zeigten ein ähnliches Bild wie in vorangegangenen Messkampagnen. KKB und ZWILAG konnten aeroradiometrisch nicht erkannt werden. Das KKL konnte anhand von hochenergetischer Photonenstrahlung erkannt werden (Darstellung B.13). Diese Strahlung wird durch das Aktivierungsprodukt ^{16}N erzeugt, welches bei Siedewasserreaktoren durch die Frischdampfleitung in die Turbinen im Maschinenhaus gelangt. Da das Dach des Maschinenhauses vergleichsweise wenig abschirmt, kann die hochenergetische Gammastrahlung des ^{16}N aus der Luft gut gemessen werden. Ausserhalb des Betriebsareals sind keine erhöhten Werte erkennbar.

Auf dem Gelände des Paul Scherrer Instituts konnten zwei Anomalien erkannt werden. Beim PSI-Ost wurden im Bereich des Bundeszwischenlagers (BZL), dem Betriebsgebäude für radioaktive Abfälle und dem Hotlabor die Gammalinien von ^{60}Co nachgewiesen (Darstellung B.14).

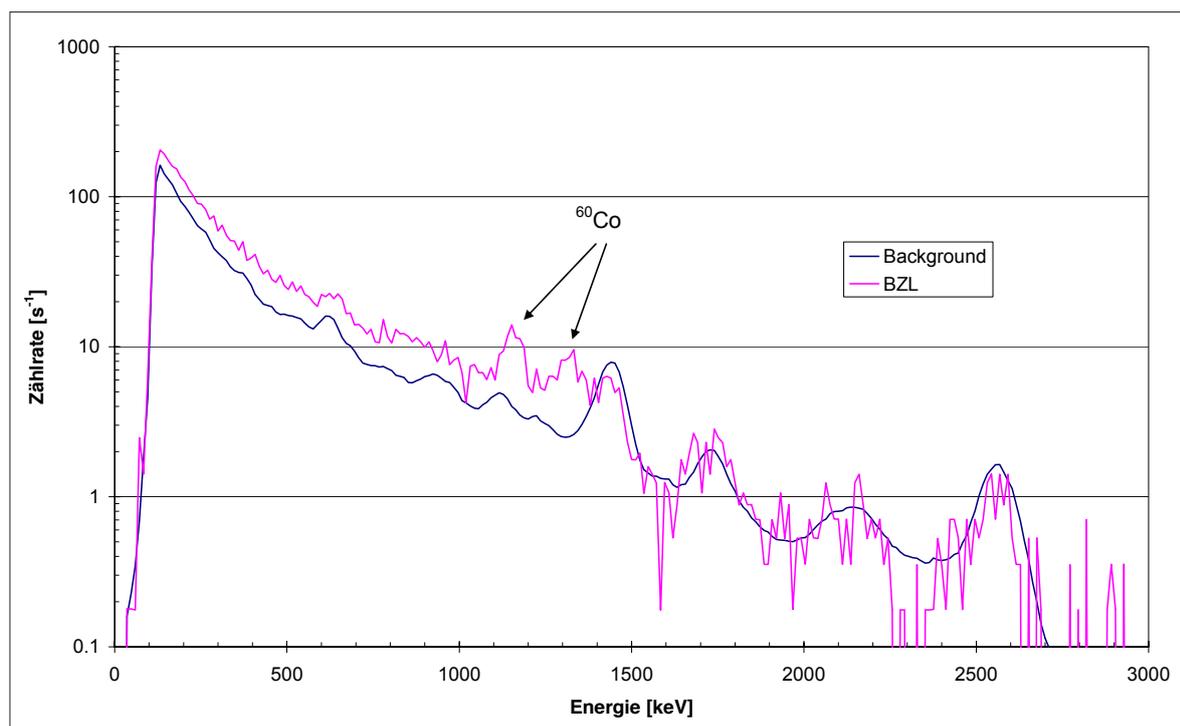
Über dem PSI-West wurden im Bereich des Fortluftkamins Anzeichen von Annihilationsstrahlung bei 511 keV und schwache Photonenemissionen des Aktivierungsprodukts ^{41}Ar bei 1294 keV registriert.

In der Karte der Ortsdosisleistung (Darstellung B.15) ist das KKL deutlich anhand von erhöhten Werten erkennbar. Beim PSI-Ost ist nur eine leichte Erhöhung sichtbar, die jedoch die Maximalwerte des natürlichen Hintergrundes nicht übersteigt. Die übrigen Muster sind auf topografische und geologische Unterschiede zurückzuführen. PSI-West, KKB und ZWILAG sind auf Grund der Ortsdosisleistungen nicht erkennbar. Die tiefsten Werte findet man über den Gewässern, da die terrestrische Strahlung dort durch das Wasser abgeschirmt wird.

Ausserhalb der umzäunten Werksareale sind keine erhöhten Werte erkennbar. Die Wertevariation ist auf variable natürliche Radioelementgehalte im Untergrund zurückzuführen.

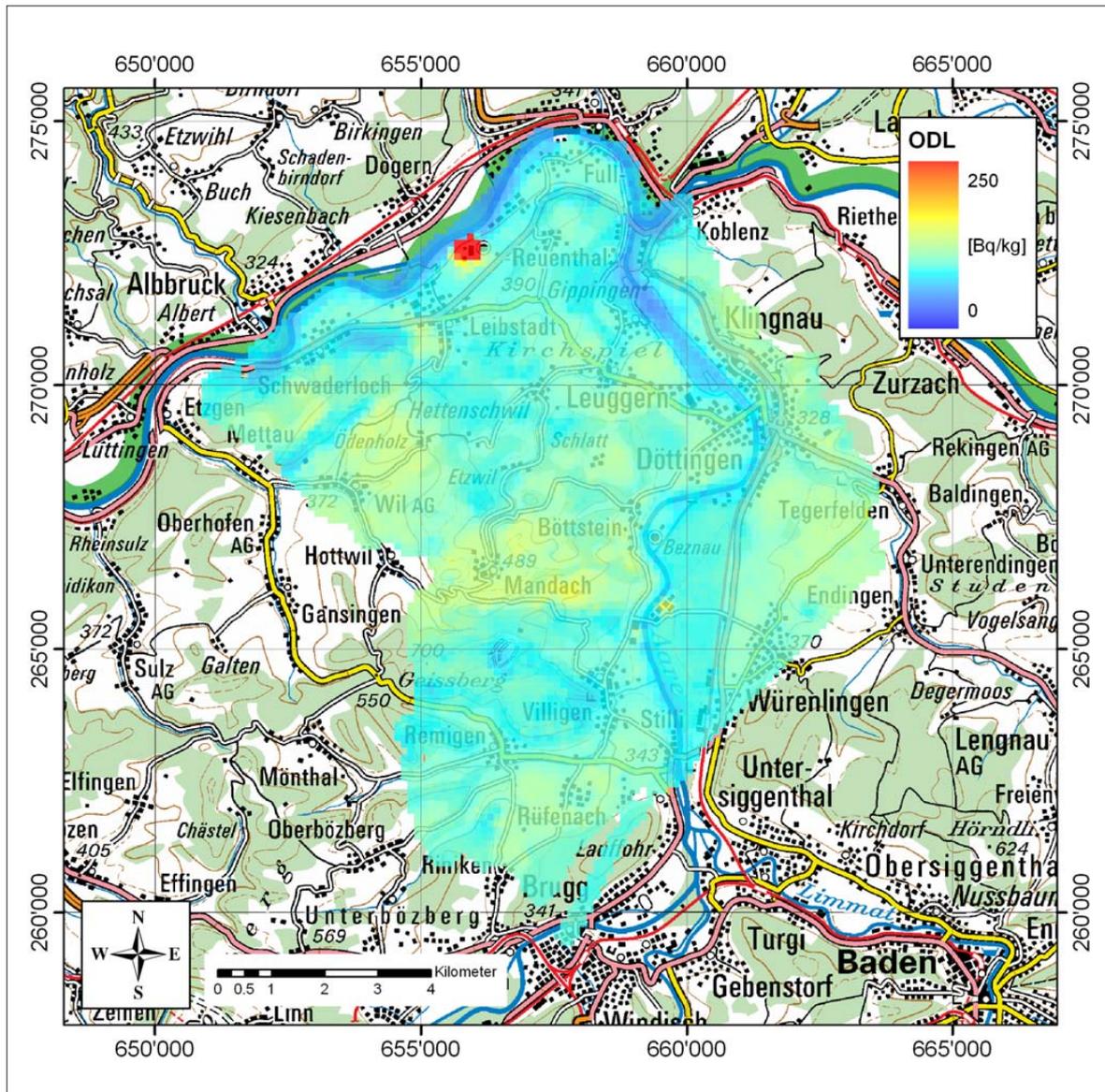
Das nach Schwarz et al. (1991) modifizierte MMGC-Ratio (Verhältnis zwischen Zählrate im Energiebereich 1400–3000keV zu Zählrate im Energiebereich 400–1400keV) zeigt deutliche Erhöhungen bei KKL, PSI-Ost und PSI-West (Darstellung B.16). Wie bei der Ortsdosisleistungskarte sind auch hier KKB und ZWILAG nicht erkennbar.

Darstellung B.14: Photonenspektrum über dem PSI-Ost im Vergleich zum Background ausserhalb der Betriebsareale

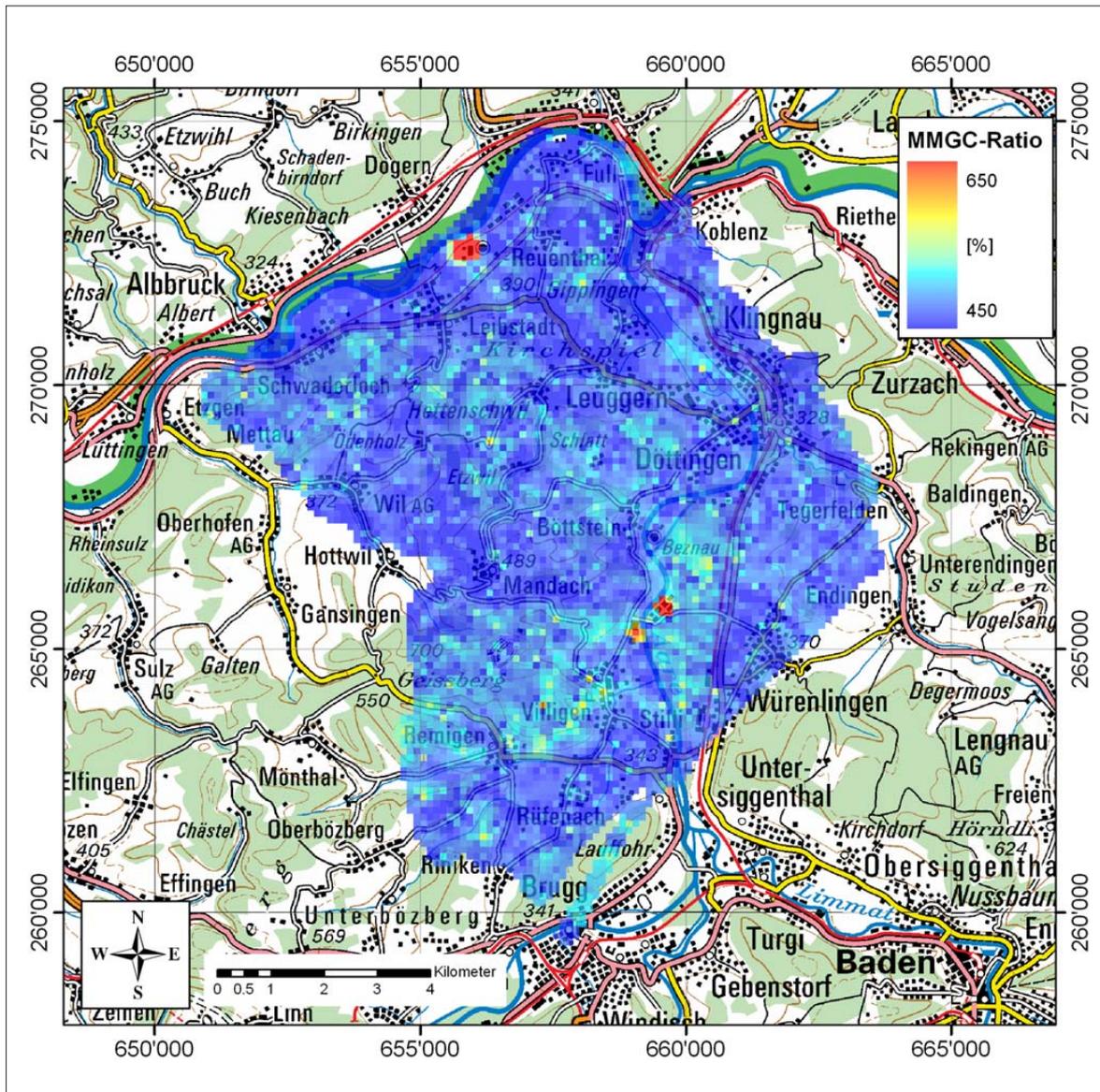


Darstellung B.15: Karte der Ortsdosisleistung im Messgebiet KKB-KKL-PSI-ZWILAG

Kartendaten PK200 © swisstopo (DV084391)



Darstellung B.16: Modifiziertes MMGC-Ratio im Messgebiet KKB-KKL-PSI-ZWILAG
 Kartendaten PK200 © swisstopo (DV084391)



4.3 Literatur

- [1] Schwarz, G. F., 1991: Methodische Entwicklungen zur Aerogammaspektrometrie. Beiträge zur Geologie der Schweiz, Geophysik Nr. 23, Schweizerische Geophysikalische Kommission.
- [2] Bucher, B., 2001: Methodische Weiterentwicklungen in der Aeroradiometrie. Dissertation Nr. 13973, ETH Zürich.
- [3] Schwarz, G. F., Klingelé, E. E., Rybach, L., 1991: Aeroradiometrische Messungen in der Umgebung der schweizerischen Kernanlagen. Bericht für das Jahr 1991 zuhanden der Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK). Interner Bericht, Institut für Geophysik, ETH Zürich.

Impressum

ENSI Strahlenschutzbericht 2008

Herausgeber

Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI
CH-5232 Villigen-ENSI

Telefon ++41(0)56 310 38 11

Telefax ++41(0)56 310 39 95

Neue Adresse ab Frühjahr 2010:

Industriestrasse 19, CH-5200 Brugg

zu beziehen bei

Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI
Informationsdienst

CH-5232 Villigen-ENSI

oder per E-Mail

Info@ensi.ch

Zusätzlich zu diesem Strahlenschutzbericht...

...informiert das ENSI in drei weiteren
jährlichen Berichten aus seinem Arbeits-
und Aufsichtsgebiet.

abrufbar unter

www.ensi.ch

ENSI-AN-6803

ISSN 1661-2914

© ENSI, Mai 2009

ENSI-AN-6803
ISSN 1661-2914

ENSI, CH-5232 Villigen-ENSI (Schweiz), Telefon +41 (0)56 310 38 11, Fax +41 (0)56 310 39 95 und +41 (0)56 310 39 07, www.ensi.ch