



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen HSK
Division principale de la sécurité des installations nucléaires DSN
Divisione principale della sicurezza degli impianti nucleari DSN
Swiss Federal Nuclear Safety Inspectorate HSK



Strahlenschutzbericht 2006

Strahlenschutzbericht 2006

Rapport sur la radioprotection 2006

Radiological Protection Report 2006

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	4
Préface	5
Preface	6
A: STRAHLENSCHUTZ IN DEN KERNANLAGEN	
1. Kernkraftwerke	8
1.1 Kernkraftwerk Beznau (KKB)	8
Schutz des Personals	8
Strahlenschutzinstrumentierung	9
1.2 Kernkraftwerk Gösgen (KKG)	10
Schutz des Personals	10
Strahlenschutzinstrumentierung	10
1.3 Kernkraftwerk Leibstadt (KKL)	11
Schutz des Personals	11
Strahlenschutzinstrumentierung	11
1.4 Kernkraftwerk Mühleberg (KKM)	12
Schutz des Personals	12
Strahlenschutzinstrumentierung	13
2. Weitere Kernanlagen	14
2.1 Paul Scherrer Institut (PSI)	14
2.2 Zentrales Zwischenlager Würenlingen (ZZL)	15
2.3 Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL)	15
2.4 Universität Basel	15
3. Grafische Darstellungen	16
4. Dosimetrie	19
4.1 Einleitung	19
4.2 Personendosimetrie: akkumulierte Dosen 2006	19
4.3 Job-Dosimetrie	38
4.4 Bewertung der Strahlenexposition in den Kernanlagen der Schweiz	48
4.5 Erwartete Entwicklung der Exposition	48

B: UMWELTRADIOAKTIVITÄT BEI KERNANLAGEN, ÜBERWACHUNG

1. Überwachung der Kernanlagen: Emissionen und Immissionen	50
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	62
2.3 Systemverfügbarkeit und Störungen	63
2.4 Qualitätssicherung	64
2.5 Messergebnisse	65
3. Atmosphärische Ausbreitung	70
3.1 Kompetenzzentrum Ausbreitung	70
3.2 Modellberechnungen im Ereignisfall	70
3.3 Projekt CN-MET	70
3.4 Atmosphärisches Ausbreitungsmodell ADPIC/WINDBANK	72
4. Aeroradiometrische Messungen	75
4.1 Einleitung	75
4.2 Messungen und Messresultate 2006	75
5. Langzeitverhalten der Aeroradiometriresultate	80
5.1 Vorgehen	80
5.2 Ergebnisse	80
5.3 Fazit	87



Die vier jährlich erscheinenden Berichte der HSK.

Vorwort



Von Dr. H. Pfeiffer, Chef der Abteilung SANO (Strahlenschutz, Notfallplanung und Organisation)

Dies ist der dritte, zusammenfassende Jahresbericht über den Strahlenschutz im Aufsichtsbereich der HSK. In den Jahren davor wurden die verschiedenen Themenbereiche in mehreren Einzelberichten der HSK und anderer Bundesämter behandelt.

Dies ist der letzte Bericht, für den ich verantwortlich zeichne, da ich Ende des Jahres 2007 die HSK altershalber verlassen werde. Das gibt mir die Gelegenheit, auf rund vierzig Jahre Erfahrung im Umgang mit ionisierender Strahlung zurückzublicken.

Als Studenten der Kernphysik machten wir bereits unsere ersten Praktikumsversuche mit radioaktiven Quellen aller Art. Während der Diplomarbeit konnten wir Proben am Reaktor bestrahlen lassen und hatten dann unsere spezifischen, radioaktiven Quellen. Die einzige Strahlenschutzbelehrung, die wir damals erhielten, waren die Worte: « ... seid ein wenig vorsichtig mit den Quellen!» Wir waren damals sorglos im Umgang mit ionisierender Strahlung. Die Erkenntnisse über die Wirkung dieser Strahlung waren noch nicht im Detail bekannt oder waren nicht bis zu uns oder zu unseren Betreuern gelangt.

Dann trat ich als junger Wissenschaftler in die damalige Abteilung für die Sicherheit der Kernanlagen, ASK, ein. Die Radioökologie war in den Anfängen, und so studierten wir die wissenschaftlichen Publikationen und diskutierten heftig, zum Beispiel über den Transferfaktor von radioaktivem Iod von der Luft in die Kuhmilch. Es waren spannende Zeiten mit wenig administrativem Aufwand. Die Dosen des beruflich strahlenexponierten Personals waren hoch. In dieser Zeit wurde mit grossem personellem Engagement und mit erheblichem finanziellem Aufwand seitens der Betreiber der Kernkraftwerke wie auch der HSK erreicht, dass die tatsächlichen Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umwelt und die Dosen des Personals deutlich reduziert wurden.

Im Jahre 1994 trat die neue Strahlenschutz-Gesetzgebung in Kraft und damit eine Reduktion des Dosisgrenzwertes für beruflich strahlenexponierte Personen auf 20 mSv pro Jahr. Wie aus den Grafiken dieses Berichtes zu entnehmen ist, führte dies zu einer weiteren, deutlichen Reduktion der Kollektivdosis, d.h. der Summe aller Dosen des Personals einer Kernanlage.

Zugleich wurde das Gebot der Optimierung gesetzlich festgelegt. Für mich ist dies das wichtigste Werkzeug des heutigen Strahlenschutzes. Wie der vorliegende Bericht zeigt, sind die Abgaben radioaktiver Stoffe aus den Kernanlagen an die Umwelt sehr gering. Die Dosen des Personals haben stetig abgenommen. Nur noch wenige Spezialisten erhalten Dosen geringfügig über 10 mSv pro Jahr. Überschreitungen der Dosisgrenzwerte oder Inkorporationen von radioaktiven Nukliden deutlich über der Nachweisgrenze der Detektoren traten in den letzten Jahren im Aufsichtsbereich der HSK nicht mehr auf. Für mich bedeutet dies, dass das Gebot der Optimierung in allen Kernanlagen gelebt wird und der Strahlenschutz ein sehr hohes Niveau erreicht hat.

Können wir uns nun deshalb zurücklehnen und sollen wir gar das Personal oder die Mittel für den Strahlenschutz reduzieren? Dies ist eine berechtigte Fragestellung, die aber nicht leichtfertig oder selbstgefällig beantwortet werden darf. Es braucht sicher einen weiteren Aufwand, um das jetzt erreichte, hohe Niveau auch aufrecht zu erhalten. Bei einem Strahlenunfall, der nie ganz auszuschliessen ist, sind die Fachleute gefragt, die sowohl Anlagenkenntnisse als auch detailliertes Wissen und die Erfahrung im Strahlenschutz besitzen, um die Lage zu beherrschen.

Was bringt uns die Zukunft im Strahlenschutz? In der Fachwelt wird heute diskutiert, wie stark sich biologische Phänomene wie «individuelle Strahlenempfindlichkeit», «non targeted effects», «bystander effects» oder genomische Instabilität auf den praktischen Strahlenschutz auswirken könnten. Die Wissenschaft hat dazu noch nicht das letzte Wort gesprochen.

Es ist wichtig, dass die Behörden diese Themen aufmerksam verfolgen. Eine Revision der strengen gesetzlichen Vorschriften drängt sich aus meiner Sicht aber nicht auf.

Préface

Voici le troisième rapport annuel résumé, relatif à la protection contre les radiations dans le domaine de surveillance de la DSN. Au cours des années précédentes, ces thèmes ont été abordés dans différents rapports de la DSN et d'autres offices fédéraux.

Ce rapport sera pour moi le dernier, puisque je quitte la DSN à la fin de l'année 2007 pour prendre ma retraite. J'en profite pour faire ici un rapide survol de ces quelque quarante années d'expérience dans le domaine du rayonnement ionisant.

Les étudiants en physique nucléaire que nous étions faisaient déjà leurs premières expériences pratiques avec des sources radioactives de toutes sortes. Pour notre thèse de doctorat, nous pouvions faire irradier des échantillons et dispositions ensuite de sources radioactives spécifiques. La seule leçon de radioprotection que nous recevions alors consistait en ces mots: «... Faites un peu attention avec les sources!» Nous étions à l'époque insouciants face au rayonnement ionisant, ne connaissions pas encore en détail les effets de l'irradiation; les informations n'étaient parvenues ni à nos mentors, ni à nous-mêmes.

Jeune scientifique, je travaillais ensuite auprès de l'ancienne Division de la sécurité des installations nucléaires. La radioécologie n'en était qu'à ses débuts; nous étudions les publications scientifiques, discussions avec passion du facteur de transfert de l'iode radioactif de l'air dans le lait de vache par exemple. C'était une période passionnante et sans trop de frais administratifs. Les doses des personnes exposées aux rayonnements dans l'exercice de leur profession étaient élevées. A cette époque, l'important engagement personnel et les considérables moyens financiers consentis par les exploitants des centrales nucléaires et la DSN avaient permis de sensiblement réduire les rejets effectifs de substances radioactives dans l'environnement ainsi que les doses du personnel.

La nouvelle législation sur la protection contre les radiations entra en vigueur en 1994, entraînant une réduction de la valeur limite de dose pour les personnes exposées aux rayonnements dans l'exercice de leur profession à 20 mSv par an. Ainsi qu'il ressort des graphiques

de ce rapport, il en a résulté une réduction sensible de la dose collective, c'est-à-dire de la somme de toutes les doses d'irradiation du personnel d'une installation nucléaire.

Dans le même temps, l'offre d'optimisation a été légalement fixée. C'est à mon avis l'outil le plus important de l'actuelle protection contre les radiations.

Comme le montre le rapport, les rejets de substances radioactives des installations nucléaires dans l'environnement sont très faibles. Les doses du personnel ont régulièrement diminué. Seuls quelques rares spécialistes reçoivent des doses d'à peine plus de 10 mSv par an. Ces dernières années, la DSN n'a plus observé dans son domaine de surveillance de dépassements de la valeur limite de dose ou d'incorporations de nucléides radioactifs nettement au-dessus de la limite de détection des détecteurs. A mes yeux, cela signifie que l'offre d'optimisation est réelle dans toutes les installations nucléaires et que la radioprotection a atteint un niveau très élevé.

S'agit-il donc de nous reposer maintenant sur nos lauriers avec contentement, voire de réduire le personnel ou les moyens mis en œuvre pour la radioprotection? La question est justifiée mais dangereuse. On a besoin de plus de moyens pour maintenir le niveau élevé maintenant atteint. En cas d'accident d'irradiation – probabilité qu'on ne peut jamais tout à fait exclure –, les experts devront témoigner de bonnes connaissances de l'installation, mais aussi avoir un savoir détaillé et une grande expérience de la radioprotection pour maîtriser la situation.

Que nous réserve l'avenir en matière de radioprotection? Les spécialistes discutent aujourd'hui de l'intensité avec laquelle des phénomènes biologiques tels que la «sensibilité individuelle aux radiations», les «non targeted effects», les «bystander effects» ou l'instabilité génomique pourraient se répercuter sur la radioprotection pratique. La science n'a ici pas encore dit son dernier mot.

Il est important que les autorités suivent attentivement ces thèmes. Mais je ne pense pas qu'une révision des sévères prescriptions légales en vigueur s'impose.

Preface

This is the third year in which the Inspectorate has produced a summary report on its regulatory work in the field of radiological protection. Prior to that, the various topics were the subject of separate reports produced by the Inspectorate and other Federal offices.

For me, this is my final report as I shall be retiring and leaving the Inspectorate at the end of 2007. This gives me an opportunity to look back over some forty years of work with ionising radiation.

As students of nuclear physics, we used a wide range of radioactive sources in our first laboratory experiments and whilst doing our diploma theses, we were able to generate specific radioactive sources by irradiating assays in the reactor. The only instruction on radiological protection that we received was «to be a bit careful with our sources!» Ionising radiation was not something that caused us any concern. At the time, there was little detailed knowledge of the effects of radiation or if there was it did not find its way to us or our supervisors.

After that, I joined the then Swiss Nuclear Safety Division (ASK) as a young researcher. Radioecology was very much in its infancy and so our work included the study of published scientific data. We also had lively debates about issues such as the transfer factor for radioactive iodine from the atmosphere into cow's milk. They were exciting times with little administrative work. During this period, both the operators of nuclear power plants and the Inspectorate displayed considerable personal commitment and incurred major costs in bringing about a significant reduction in the amount of radioactive substances released into the environment and the exposure rates for persons occupationally exposed to radiation.

With the implementation of the new radiological protection legislation in 1994, the annual exposure limit for persons occupationally exposed to radiation was reduced to 20 mSv. As the graphs in this report show, this has produced a further significant reduction in the collective dose, i.e. the sum total of all doses for personnel working in nuclear power plants.

At the same time, the legislation enshrined the principle of optimisation. For me, optimisation is now the most important tool at our disposal in terms of radiological protection.

As the report shows, releases of radioactive materials from nuclear facilities into the environment are very low. Exposure doses for staff continue to decline and only a few specialists now receive annual doses slightly in excess of 10 mSv. In recent years, there have been no instances in facilities regulated by the Inspectorate of exposure in excess of dose limits or incorporation of radioactive nuclides clearly above detection limits. For me, that means that optimisation is a live principle in all nuclear facilities and radiological protection is now at a very high level.

Does that mean that we can sit back and relax or even that we can reduce the human and financial resources devoted to radiological protection? These are reasonable questions but dangerous ones. If we are to maintain what we have achieved, further resources will undoubtedly be needed. If there were to be an accident causing a radiation release – and the possibility cannot be excluded 100% – we would need experts familiar with the facility and an in depth knowledge and experience of radiological protection in order to bring the situation under control.

So what is the future of radiological protection? Amongst specialists, the discussion is now focussed on the severity of the impact on practical radiological protection of biological phenomena such as «individual radiosensitivity», «non targeted effects», «bystander effects» or genomic instability. The academic world has yet to give its final verdict.

It is important that the authorities follow these developments closely. However, I see no reason at present why we should revise the strict legal framework.

A: STRAHLENSCHUTZ IN DEN KERNANLAGEN

Bei der Auswertung der Daten richtet sich die HSK nach der «Empfehlung zur Rundung der Dosiswerte der anerkannten Personendosimetriestellen für die Meldung an die Kunden und ans Zentrale Dosisregister», die von der Eidgenössischen Kommission für Strahlenschutz und Überwachung der Radioaktivität (KSR) im Jahr 2004 verabschiedet und 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 0,075 mSv auf 0 gerundet. Messwerte zwischen 0,075 und 0,1 mSv werden auf 0,1 mSv gerundet. Trotz dieser Übereinkunft können einzelne nicht dosisrelevante Abweichungen zwischen den Auswertungen der Personendosimetriestellen und der HSK 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 der HSK dargestellt. Die Aufschlüsselung der Daten erfolgt nach Kernanlage, Fremd- und Eigenpersonal, Dosis- und Altersverteilung sowie Geschlecht. In den folgenden Tabellen bedeutet: M = Männer, F = Frauen. Ferner können aus den Tabellen Informationen über Extremitätendosen und Inkorporationen sowie die Aufteilung der Kollektivdosen auf Betrieb und Revision der betreffenden Anlage entnommen werden.

1. Kernkraftwerke

1.1 Kernkraftwerk Beznau (KKB)

Schutz des Personals

Im Kalenderjahr 2006 wurden im KKB folgende Kollektivdosen ermittelt. Da in den beiden Blöcken jeweils alternierend ein Brennelementwechsel oder ein Revisionsstillstand durchgeführt wird, sind als Vergleich die Zahlen der beiden letzten Jahre angeführt:

KKB 1			
Aktionen	Kollektivdosis in Personen-mSv		
	2006	2005	2004
Revisionsstillstand (2006, 2004)	355		443
Brennelementwechsel (2005)		152	
Leistungsbetrieb	47	51	54
Gesamte Jahreskollektivdosis	402	203	497

KKB 2			
Aktionen	Kollektivdosis in Personen-mSv		
	2006	2005	2004
Revisionsstillstand (2006, 2004)	75		68
Brennelementwechsel (2005)		451	
Leistungsbetrieb	47	51	54
Gesamte Jahreskollektivdosis	122	502	122

KKB 1 und 2			
Aktionen	Kollektivdosis in Personen-mSv		
	2006	2005	2004
Revisionsstillstand und BE-Wechsel	430	603	511
Leistungsbetrieb	94	102	108
Gesamte Jahreskollektivdosis	524	705	619

Im Kalenderjahr 2006 wurde in den beiden Blöcken des KKB eine Kollektivdosis von 524 Pers.-mSv verzeichnet. Die höchste im KKB registrierte Individualdosis betrug 8,7 mSv (2005: 11,0 mSv) und lag somit wieder unter-

halb des Dosisgrenzwerts der Strahlenschutzverordnung für beruflich strahlenexponierte Personen von 20 mSv pro Jahr sowie unterhalb des entsprechenden betriebseigenen Planungsziels von 10 mSv pro Jahr. Es traten weder Personenkontaminationen, die nicht mit einfachen Mitteln entfernt werden konnten, noch Inkorporationen auf.

Im **Block 1** der Anlage Beznau wurde im Berichtsjahr eine geplante Revisionsabstellung durchgeführt, die vom 9. Juni bis zum 6. Juli dauerte. Das Abfahren verlief ohne Hinweise auf Brennelementschäden. Durch die in den vergangenen Jahren optimierte wasserchemische Fahrweise zur Reduktion der ⁵⁸Co-Kontamination sind die Ortsdosisleistungen an den Komponenten des Primärkreislaufs gegenüber den Vorjahren im Mittel konstant geblieben. Der Kontaminationsgrad in den kontrollierten Zonen lag deutlich unterhalb der dort massgebenden Richtwerte.

Die Arbeiten führten zu einer Kollektivdosis von 355 Pers.-mSv, geplant waren 363 Pers.-mSv. Erreicht wurde die niedrigere Kollektivdosis durch strahlenschutzgerechtes Verhalten aller Mitarbeiter, ein gut ausgearbeitetes und umgesetztes Absperrungs- und Abschirmungskonzept sowie weitere Optimierungsmassnahmen. Beispielsweise konnte bei den Fräsarbeiten am Dampferzeuger-Mannloch mit einem speziellen Training an einem inaktiven Mock-Up und der Auswahl eines fernbedienbaren Verfahrens sowie der Verwendung eines bleiabgeschirmten Deckels die Strahlenexposition der Mitarbeiter deutlich reduziert werden. Die gute Übereinstimmung der gemessenen Kollektivdosen für die einzelnen Jobs mit den jeweiligen Planungswerten im Rahmen der bekannten Unsicherheiten bescheinigen eine realistische Strahlenschutzplanung sowie eine gute Übereinstimmung der ausgeführten Arbeiten mit dem Revisionsplan.

Bei der im Jahr 2004 mit einem Fugenband zusätzlich abgedichteten Bodenfuge im Ringraum zwischen Boden und Stahldruckschale des Containments wurde im Berichtsjahr das Fugenband nach Absprache mit der HSK wieder vollständig entfernt. Die darunter befindliche Bitumenabdichtung wurde zur Feuchtigkeitsmessung partiell entfernt. Es zeigte sich, dass durch das Fugenband ein markanter Feuchtigkeitsanstieg im Spalt verursacht worden ist. Die HSK ist mit KKB einig, dass diese Feuchtigkeit längerfristig eliminiert werden muss. Da bei der Öffnung der Bodenfuge jedoch auch die Ansprüche des Strahlenschutzes berührt werden, wurde KKB aufgefordert, die Strahlenschutzaspekte des Vorhabens zu beschreiben sowie Art, Umfang und Zeitpla-

nung allfälliger Optimierungsmassnahmen festzulegen. Im **Block 2** der Anlage Beznau wurde in der Zeit zwischen 15. und 25. August ein Brennelementwechsel durchgeführt. Das Abfahren verlief ebenfalls ohne Hinweise auf Brennelementschäden. Der radiologische Zustand in den aktiven Systemen hat sich nicht geändert, der Kontaminationsgrad in den kontrollierten Zonen kann identisch zum Block 1 als sehr zufrieden stellend beschrieben werden. Die anspruchsvolle Planungsdosis von 78 Pers.-mSv ist aufgrund der reibungslosen Arbeitsabläufe und des verbesserten strahlenschutzgerechten Verhaltens der Mitarbeiter mit 75 Pers.-mSv leicht unterboten worden.

Die HSK stellte bei mehreren Inspektionen fest, dass in den beiden Anlagen des KKB ein konsequenter und gesetzeskonformer operationeller Strahlenschutz durchgeführt wird.

Strahlenschutzinstrumentierung

Die Strahlenschutzinstrumentierung des KKB wurde im Rahmen verschiedener Inspektionen und Fachgespräche von der HSK stichprobenweise überprüft.

Des Weiteren hat sich die HSK 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 betreibt die zusätzliche Probenahmestelle für die systematische Messung der gasförmigen Abgaben von Tritium (³H) und Radiokohlenstoff (¹⁴C), welche der Beweissicherung und der Ermittlung der für die Dosisberechnungen angenommenen ¹⁴C-Abgaben dient, auch nach dem formalen Abschluss der von der HSK geforderten, einjährigen Betriebsphase weiter. Die berechnete Dosis für ¹⁴C (vgl. Teil B, Kapitel 1) basiert daher im Berichtsjahr weiterhin auf tatsächlichen Messergebnissen.

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

■ Die vierteljährlichen Kontrollmessungen der HSK und die halbjährlich gemeinsam mit dem BAG durchgeführten Vergleichsmessungen von Aerosol- und Iod-filtern sowie von Abwasserproben zeigten Übereinstimmung mit den Werten des Kernkraftwerks Beznau.

■ Das KKB beteiligte sich im Berichtsjahr mit dem DIS-System an der von BAG und HSK gemeinsam organisierten 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 2006 wurden im KKG folgende Kollektivdosen ermittelt (als Vergleich dazu die Zahlen aus dem Jahr 2005):

Aktionen	Kollektivdosis in Personen-mSv	
	2006	2005
Revisionsstillstand	445	1145
Leistungsbetrieb	96	120
Gesamte Jahreskollektivdosis	541	1265

Im Kalenderjahr 2006 belief sich die Kollektivdosis im KKG auf 541 Pers.-mSv. Die höchste im KKG registrierte Individualdosis betrug 10,5 mSv (2005: 14,2 mSv). Der Dosisgrenzwert der Strahlenschutzverordnung für beruflich strahlenexponierte Personen von 20 mSv pro Jahr wurde somit nicht überschritten.

Eine während Arbeiten beim Ladebecken aufgetretene Personen-Kontamination wurde als Ereignis Kategorie B der HSK vorschriftsgemäss gemeldet. Die betroffene Person wurde vom Strahlenschutz dekontaminiert und konnte bereits am nächsten Tag die kontrollierte Zone wieder betreten. Die von KKG der HSK vorgeschlagenen Massnahmen zur Vermeidung einer Wiederholung eines solchen Vorfalles wurden fristgerecht umgesetzt.

Die Anlage wurde vom 3. bis am 25. Juni für die Jahres-Hauptrevision abgestellt. Aufgrund des bereits vor Beginn der Revision festgestellten Brennstoffschadens stiegen während des Abfahrens der Anlage zum Revisionsstillstand die Aktivitätskonzentrationen der Iodnuclide und der Edelgase im Primärwasser im erwarteten Ausmass an. Während des Revisionsstillstandes wurden der defekte Brennstab sowie ein leicht beschädigter Nachbarstab aus dem Kern entfernt und durch Dummy-Stäbe ersetzt.

Für die Überprüfung des Einflusses der Zink-Dosierung wurden in der Anlage an definierten Stellen Thermolumineszenz-Dosimeter angebracht. Die Auswertungen

der Daten zeigten bei der Dosisleistung der Primäranlage leicht sinkende Tendenz.

Die Arbeiten während der Jahres-Hauptrevision führten zu einer Kollektivdosis von 445 Pers.-mSv. Geplant waren 495 Pers.-mSv. Während der Revision wurde bei mehr als 10000 Begehungen der kontrollierten Zone ein Fall einer leichten Personenkontamination festgestellt, die nicht durch herkömmliche Mittel entfernt werden konnte. Die betroffene Person konnte ihre Arbeit aber am selben Tag wieder aufnehmen. Es traten keine Inkorporationen auf.

Die HSK stellte bei mehreren Inspektionen fest, dass im KKG ein konsequenter und gesetzeskonformer operationeller Strahlenschutz praktiziert wird.

Strahlenschutzinstrumentierung

Die Strahlenschutzinstrumentierung des KKG wurde im Rahmen verschiedener Inspektionen und Fachgespräche von der HSK stichprobenweise überprüft. Des Weiteren hat sich die HSK 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.

Die im Berichtsjahr vom KKG fortgeführten Messungen hinsichtlich der ^{14}C -Abgaben mit der Abluft stimmen mit den aus früheren Messkampagnen zu erwartenden Werten und mit Literaturangaben überein.

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

- Die vierteljährlichen Kontrollmessungen der HSK und die halbjährlich gemeinsam mit dem BAG durchgeführten Vergleichsmessungen von Aerosol- und Iodfiltern sowie von Abwasserproben zeigten Übereinstimmung mit den Werten des Kernkraftwerks Gösgen.
- An der vom Bundesamt für Gesundheit (BAG) und der HSK gemeinsam organisierten, jährlich stattfindenden Vergleichsmessung für Personendosimetriestellen hat die Dosimetriestelle des KKG im Berichtsjahr, wie in der Anerkennungsverfügung gefordert, teilgenommen und den Nachweis der am Referenzpunkt erforderlichen Messgenauigkeit von $\pm 10\%$ erbracht.

1.3 Kernkraftwerk Leibstadt (KKL)

Schutz des Personals

Im Kalenderjahr 2006 wurden im KKL folgende Kollektivdosen ermittelt (als Vergleich dazu die Zahlen aus dem Jahr 2005):

Aktionen	Kollektivdosis in Personen-mSv	
	2006	2005
Revisionsstillstand	616	399
Leistungsbetrieb	269	171
Gesamte Jahreskollektivdosis	885	570

Im Kalenderjahr 2006 belief sich die im KKL verzeichnete Kollektivdosis auf 885 Pers.-mSv. Die höchste im KKL akkumulierte Individualdosis beträgt im Berichtsjahr 10,4 mSv (2005: 13 mSv) und liegt damit unter dem Dosisgrenzwert der Strahlenschutzverordnung für beruflich strahlenexponierte Personen von 20 mSv.

Personenkontaminationen, die nicht mit den üblichen Mitteln entfernt werden konnten, sowie Inkorporationen sind weder während des Leistungsbetriebs noch während der Jahres-Hauptrevision aufgetreten.

Die Anlage wurde vom 30. Juli bis am 21. August für die Jahres-Hauptrevision abgestellt. Die radiologische Situation war dank dem schadensfreien Brennstoff günstig.

Die Dosisplanungen für die Schweissnahtprüfungen am RDB-Zylinder, die Inspektion der Recirc-Pumpe B, die Instandhaltung des Saugschiebers Recirc A und die Schweissnahtprüfungen an der Recirc-Schleife ergaben Kollektivdosen über 50 Pers.-mSv. KKL reichte gemäss der HSK-Richtlinie R-15 rechtzeitig vor dem Revisionsbeginn eine entsprechende detaillierte Strahlenschutzplanung bei der HSK ein. Intern erstellt das KKL Strahlenschutzplanungen für alle Arbeiten, bei denen voraussichtlich eine Kollektivdosis höher als 10 Pers.-mSv akkumuliert werden.

Wegen technischer Probleme mit der Prüfausrüstung für die Schweissnahtprüfungen am RDB-Zylinder konnten nur etwa 66% des geplanten Prüfumfanges (Nähte) geprüft werden. Die dadurch erschwerten Arbeitsbedingungen und längere Aufenthaltszeiten für das Personal vor Ort im Strahlenfeld führten dazu, dass die geplante Kollektivdosis von 53 Pers.-mSv um 37 Pers.-mSv überschritten wurde. Die ständige Begleitung der Arbeiten durch den KKL-Strahlenschutz hat die radiologische Sicherheit gewährleistet.

Da die visuelle Inspektion der Recirc-Pumpe B mit Endoskopie keinen Hinweis auf Schäden am Läufer zeigte, konnte deshalb auf eine Inspektion der Recirc-Pumpe A verzichtet werden. Im Vorfeld wurde an einem inaktiven Mock-up der Pumpe ausserhalb der kontrollierten Zone geübt. Diese inaktiven Übungen der verantwortlichen Mannschaft wurden unter Aufsicht des KKL-Strahlenschutzes durchgeführt.

Im Maschinenhaus wurden im Rahmen des VIP-Projektes noch 18 abgeschirmte, teils mit Dosimetern ausgestattete Kameras montiert. Im Drywell wurde versuchs- halber ebenfalls eine Kamera montiert. Die Kameras dienen der betrieblichen Überwachung von ausgewählten Komponenten von Orten mit höheren Ortsdosisleistungen. Anzahl und Umfang der Rundgänge in den kontrollierten Zonen können damit reduziert werden, was auf die Individual- und Kollektivdosen einen positiven Einfluss haben wird. Weitere mögliche Kamera-Standorte wurden identifiziert.

Im Herbst des Berichtsjahrs wurde eine von den drei Hauptpumpen des Nach- und Notkühlsystems (RHR) ausgebaut und eine regelmässig wiederkehrende Totalrevision in der Heissen Werkstatt des KKL unterzogen. Diese Arbeiten wurden unter der ständigen Aufsicht des KKL-Strahlenschutzes durchgeführt. Die geplante Jobdosis wurde eingehalten und lag unterhalb der Meldeschwelle von 50 Pers.-mSv.

Die interne und sehr umfassende Überprüfung des radiologischen Zonenkonzepts wird weitergeführt. Diese Arbeit hat zum Ziel, potenzielle Schwachstellen aufzuspüren, zu dokumentieren, geeignete Massnahmen zur Behebung vorzuschlagen und diese auch durchzuführen.

Die HSK führte im Berichtsjahr mehrere Inspektionen durch, wobei die radiologische Situation in den kontrollierten Zonen in der Anlage überprüft wurde. Ferner wurden u.a. die Entwicklung der Arbeiten und die akkumulierten und prognostizierten Individual- und Kollektivdosen mit Vertretern des KKL-Strahlenschutzes besprochen. Die HSK stellte bei diesen Inspektionen fest, dass im KKL ein konsequenter und gesetzeskonformer operationeller Strahlenschutz praktiziert wird.

Strahlenschutzinstrumentierung

Die Strahlenschutzinstrumentierung des KKL wurde im Rahmen mehrerer Inspektionen und Fachgespräche von der HSK stichprobenweise überprüft. Des Weiteren hat sich die HSK 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.

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

- Die vierteljährlichen Kontrollmessungen der HSK und die halbjährlich gemeinsam mit dem BAG durchgeführten Vergleichsmessungen von Aerosol- und Iodfiltern sowie von Abwasserproben zeigten Übereinstimmung mit den Werten des Kernkraftwerks Leibstadt.
- An der vom Bundesamt für Gesundheit (BAG) und der HSK gemeinsam organisierten, jährlich stattfindenden Vergleichsmessung für Personendosimetriestellen hat die Dosimetriestelle des KKL im Berichtsjahr, wie in der Anerkennungsverfügung gefordert, teilgenommen und den Nachweis der am Referenzpunkt erforderlichen Messgenauigkeit von $\pm 10\%$ erbracht.

1.4 Kernkraftwerk Mühleberg (KKM)

Schutz des Personals

Im Kalenderjahr 2006 wurden im KKM folgende Kollektivdosen ermittelt (als Vergleich dazu die Zahlen aus dem Jahr 2005):

Aktionen	Kollektivdosis in Personen-mSv	
	2006	2005
Revisionsstillstand	709	871
Leistungsbetrieb	354	540
Gesamte Jahreskollektivdosis	1063	1411

Im Kalenderjahr 2006 belief sich die Kollektivdosis im KKM auf 1063 Pers.-mSv. Der Kollektivdosiswert von 709 Pers.-mSv aus dem Revisionsstillstand ist im Wesentlichen auf vermehrte Prüfungen und Instandhaltungsarbeiten im Drywell sowie im Reaktorbecken zurückzuführen. Trotz zusätzlicher und längerer Arbeitseinsätze in der kontrollierten Zone wurde der

Planungswert von 860 Pers.-mSv nicht überschritten. Die höchste registrierte Individualdosis betrug 10,7 mSv (2005: 16,9 mSv). Sie liegt deutlich unter dem Dosisgrenzwert der Strahlenschutzverordnung für beruflich strahlenexponierte Personen von 20 mSv pro Jahr.

Die Anlage wurde vom 13. August bis am 6. September für die Jahres-Hauptrevision abgestellt.

Der radiologische Zustand der Anlage war dank der schadenfreien Brennelemente und aufgrund der Abschaltung der Wasserstoff-Einspeisung zwei Tage vor dem Abfahren des Reaktors zur Jahresrevision gut. Im Januar 2006 wurde im Rahmen des Projektes On-Line NobelChem (OLNC) eine wasserlösliche Platinverbindung in das Reaktorwasser des KKM eingespeist. Primäres Ziel der Massnahme war, die Einbauten im Reaktordruckbehälter vor Spannungsrisskorrosion zu schützen. Als positiver Nebeneffekt zeigte sich in der Jahresrevision 2006 eine Verringerung der Dosisleistung um 21 Prozent an den Umwälzschleifen. Der Durchschnitt der Messwerte an 30 fest definierten Messpunkten betrug 2,70 mSv/h. Um die geplanten Arbeiten im Drywell durchzuführen, wurden geeignete Abschirmmassnahmen getroffen. Beim Öffnen des Deckels des Reaktordruckbehälters wurden nur geringe Luftkontaminationen in der näheren Umgebung des Deckels gemessen. In der Anlage traten keine unzulässigen Kontaminationen auf, wie laufend durchgeführte Kontrollmessungen an Luft- und Oberflächenproben bestätigten.

Aus Sicht des Strahlenschutzes fanden während der Jahresrevision mehrere anspruchsvolle Arbeiten statt: Beim Umbau des Umwälzschleifen-Saugchiebers 02V43A wurden Kontaminationen von weit mehr als 400 Richtwerten festgestellt, es gab Wischteste mit Dosisleistungen im Bereich von 60 mSv/h. Die Jobdosis für den Umbau betrug 27,8 Pers.-mSv.

Der Verschluss des Stutzens N9 wurde vorgängig an einem Mock-up in der kalten Werkstatt geübt. Die Arbeiten verliefen im Wesentlichen wie geplant. Abweichungen ergaben sich bei der Dosisleistung im Arbeitsbereich, die aufgrund von Hot Spots von bis zu 40 mSv/h ca. 4-mal höher lag als die Messwerte von 10 bis 12 mSv/h aus dem Jahr 2005, die für die Planung verwendet worden waren. Die Hot Spots konnten weder mittels Spülen entfernt noch sinnvoll abgeschirmt werden. Die Dosisplanung wurde deshalb für diesen Job von 14 Pers.-mSv auf 35 Pers.-mSv erhöht. Durch Optimierungsmassnahmen konnten die Arbeiten mit einer Jobdosis von 28 Pers.-mSv abgeschlossen werden.

Die Modifikation der Leitungsführung an den Pumpen der Reaktorwasser-Reinigung verursachte eine Jobdosis von 27 Pers.-mSv.

An den Ausgangsmonitoren festgestellte Kontaminationsfälle wurden vom Strahlenschutz des KKM schnell ausgewertet. Als «Gute Praxis» von der HSK bewertet wurde die Erfassung und Zuordnung der leichten Personenkontaminationen. Die Fälle wurden sofort in eine Datenbank eingetragen, die über grafische Auswertmöglichkeiten ein rasches Erkennen von Kontaminationschwerpunkten in der Anlage ermöglichte. Es wurden vom KKM dann schnell gezielte Massnahmen zur Reinigung ergriffen. Im Berichtszeitraum traten keine Personenkontaminationen auf, die nicht durch einfache Mittel entfernt werden konnten. Die Triagemessungen mit Quick-Counter des gesamten Personals während der Jahres-Hauptrevision ergaben keine Befunde, die auf Inkorporationen hindeuteten. Die HSK anerkennt die Anstrengungen des KKM zur Senkung der Individualdosen des Personals.

Durch mehrere Inspektionen in der Anlage konnte sich die HSK vergewissern, dass die Massnahmen des Strahlenschutzes im KKM zur Überwachung der Tätigkeiten in den kontrollierten Zonen sowie zur Betreuung des Eigen- und Fremdpersonals auf dem Stand der Technik sind. Die HSK stellte bei diesen 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 von der HSK stichprobenweise überprüft. Des Weiteren hat sich die HSK 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.

Im Jahr 2003 wurde im KKM eine zusätzliche Probenahmestelle für die systematische Messung der Abgaben von ^3H und ^{14}C mit der Kaminfortluft in Betrieb genommen. Die Messstelle dient der Beweissicherung und der Überprüfung der für die Dosisleistungsberechnungen angenommenen ^{14}C - und ^3H -Abgaben. Aufgrund von Betriebsstörungen der Messstelle konnten allerdings bis zum Ende des Berichtsjahres noch während keiner zusammenhängenden, einjährigen Periode eine Messung durchgeführt werden, wie dies von der HSK verlangt wurde. Aus diesem Grund wurde die Messkampagne insbesondere für die ^{14}C -Abgaben auch während des Jahres 2005 fortgeführt. Die Auswertungen dieser Messungen zeigen eine gute Übereinstimmung mit den aus der Literatur und aus früheren Messkampagnen zu erwartenden ^{14}C -Abgaben. Die berechnete Dosis für ^{14}C (vgl. Teil B, Kapitel 1) basiert in diesem Jahr auf den in dieser Messkampagne ermittelten Abgabewerten.

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

- Die vierteljährlichen Kontrollmessungen der HSK und die halbjährlich gemeinsam mit dem BAG durchgeführten Vergleichsmessungen von Abwasserproben und Aerosol- und Iodfiltern sowie teilweise von Abgasproben zeigten Übereinstimmung mit den Messwerten des Kernkraftwerks Mühleberg.
- An der vom Bundesamt für Gesundheit (BAG) und der HSK gemeinsam organisierten, jährlich stattfindenden Vergleichsmessung für Personendosimetriestellen hat die Dosimetriestelle des KKM im Berichtsjahr, wie in der Anerkennungsverfügung gefordert, teilgenommen und den Nachweis der am Referenzpunkt erforderlichen Messgenauigkeit von $\pm 10\%$ 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 SAPHIR und DIORIT sind Kernanlagen und werden deshalb durch die HSK beaufsichtigt.

Im Jahr 2006 akkumulierten die 1342 als beruflich strahlenexponiert eingestuft Personen am gesamten PSI (Aufsichtsbereiche des BAG und der HSK) eine Kollektivdosis von 183,4 Pers.-mSv (2005: 177,7 Pers.-mSv). Die Kollektivdosis im Aufsichtsbereich der HSK betrug im Berichtsjahr 19,0 Pers.-mSv (2005: 22,2 Pers.-mSv) und ist damit auf den niedrigsten Wert seit der Inbetriebnahme der Kernanlagen am PSI gesunken. Die höchste Individualdosis im Berichtsjahr betrug 6,6 mSv (2005: 7,1 mSv), wobei im Aufsichtsbereich der HSK 1,2 Pers.-mSv akkumuliert wurden. Weitere Angaben zu den Personendosen des PSI sind im Kapitel 4 «Dosimetrie» zu finden.

Aus den bilanzierten Abgaben radioaktiver Stoffe über die Fortluftanlagen und über das Abwassersystem des PSI wurde eine Dosis von 0,006 mSv/Jahr für eine Person am ungünstigsten Aufenthaltsort ausserhalb des überwachten PSI-Areals nach HSK-Richtlinie R-41 berechnet. Diese Dosis liegt deutlich unterhalb des quellenbezogenen Dosisrichtwerts von 0,15 mSv/Jahr für radioaktive Abgaben gemäss PSI-Abgabereglement.

Die im Kalenderjahr von der HSK in den Kernanlagen des PSI durchgeführten Inspektionen zeigten einen fachgerechten operationellen Strahlenschutz. Eine Forderung wurde bezüglich der neuen Einstufung nach Zonentypen im Lagerbereich der Anlagen für die Entsorgung radioaktiver Abfälle gestellt, da der derzeitige Zonentyp nicht der radiologischen Situation entspricht. Strahlenschutzrelevante Vorhaben im Hotlabor und im Abfalllabor wurden ordentlich geplant und vorbereitet. Die Rückbauarbeiten der ehemaligen Forschungsreak-

toren SAPHIR und DIORIT konnten aufgrund der niedrigen radiologischen Gefährdung ohne besondere Massnahmen durchgeführt werden.

Im Jahr 2006 wurden insgesamt 565 Tonnen verschiedener Materialien für die Entlassung aus dem Strahlenschutzrecht die Inaktivität durch Freimessungen vom PSI nachgewiesen und der HSK gemeldet. Der grösste Teil davon stammt aus dem Rückbau der beiden Forschungsreaktoren DIORIT und SAPHIR. Mehrere Inaktiv-Freimessungen wurden von der HSK inspiziert, wobei stets Übereinstimmung mit den Vorschriften innerhalb der tolerierbaren Messungenauigkeiten festgestellt wurde.

Das PSI hat das QM-System für den Transport radioaktiver Stoffe im Jahr 2006 nochmals überarbeitet, wobei hauptsächlich die Zuständigkeiten bereichsübergreifend geregelt wurden. Bei einem Audit konnten sich die Aufsichtsbehörden HSK und BAG davon überzeugen, dass das PSI nun die komplexen Aufgaben in diesem Bereich organisatorisch, personell und administrativ bewältigen kann. Nach der Erfüllung weiterer Verbesserungswünsche der HSK wurde das QM-System Ende des Jahres offiziell anerkannt. Die Kompetenz und Umsichtigkeit der im Transportbereich Agierenden zeigt an der Tatsache, dass im Berichtsjahr die Transporte vom PSI ohne Mängel erfolgten und bei Transporten aus dem Ausland mehrere Unstimmigkeiten erkannt und der HSK gemeldet wurden.

Die HSK hat festgestellt, dass in den im HSK-Aufsichtsbereich stehenden PSI-Anlagen konsequenter und gesetzeskonformer Strahlenschutz praktiziert wird.

Strahlenschutzinstrumentierung

Im Berichtsjahr gab die HSK den Einsatz des früheren Ganzkörpermessplatzes für Triagemessungen nach Überprüfung der vom PSI eingereichten Dokumentationen zur Kalibrierung und Wartung des Gerätes frei. Das Gerät entspricht vollumfänglich den Empfehlungen der Eidg. Kommission für Strahlenschutz und Überwachung der Radioaktivität (KSR).

Weiterhin gab die HSK die Ausserbetriebnahme der Aktivitätsmessung des Pumpensumpfs im stillgelegten Forschungsreaktor SAPHIR frei, dies aufgrund der Tatsache, dass beim gegenwärtigen Stand der Rückbauar-

beiten nur noch geringe Aktivitätsmengen über diesen Abwasserstrang zu erwarten sind und die Abgaben im Rahmen der Gesamtüberwachung der flüssigen Abgaben des PSI Ost weiterhin erfasst und bilanziert werden.

2.2 Zentrales Zwischenlager Würenlingen (ZZL)

Im Kalenderjahr 2006 wurde im ZZL eine Kollektivdosis von 20,7 Pers.-mSv ermittelt. Der geplante Wert von 16,8 Pers.-mSv wurde damit überschritten. Der Hauptgrund für diese Überschreitung liegt in den ungeplanten Reparaturarbeiten an der Ausmauerung des Drehherdes in der Plasma-Anlage, die eine zusätzliche Kollektivdosis von 10 Pers.-mSv verursachten. Die höchste registrierte Einzeldosis betrug im Kalenderjahr 5,2 mSv. Es wurden während der aktuellen Berichtsperiode weder Personenkontaminationen, die nicht mit herkömmlichen Mitteln entfernt werden konnten, noch Inkorporationen festgestellt. Die vom Strahlenschutz durchgeführten Kontrollen der Atemluft und Oberflächen in den kontrollierten Zonen des ZZL gaben keine Hinweise auf unzulässige Kontaminationen.

Die anspruchvollsten Arbeiten für den ZWILAG-Strahlenschutz waren im Berichtsjahr unter anderem die beiden Verbrennungskampagnen sowie mehrere Antransporte und Einlagerungen von Behältern mit abgebrannten Brennelementen und Glaskokillen aus den schweizerischen Kernkraftwerken und aus der Wiederaufbereitung. Weiter wurden Abfallfässer und Endlagergebäude angeliefert und eingelagert. In der Konditionierungsanlage wurden Komponenten aus dem Kernkraftwerk Gösgen versuchsweise dekontaminiert. Die Arbeiten wurden unter der ständigen Aufsicht des ZWILAG-Strahlenschutzes und unter Einhaltung der gesetzlichen und internen Vorgaben durchgeführt. Die HSK stellte bei mehreren Inspektionen fest, dass im ZWILAG ein guter Strahlenschutz praktiziert 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 systè-

mes (LRS) zugeteilt, das dem Institut de physique de l'énergie et des particules (IPEP) angehört. Im Jahr 2006 stand der CROCUS-Reaktor Ingenieur- und Physikstudenten der EPFL, Kursteilnehmern der Reaktorschule des PSI sowie Studenten der Ingenieurschule Genf während 252 Stunden bei kleiner Leistung (unter 100 W) für Ausbildungszwecke zur Verfügung. Dabei wurden 183 Wh thermische Energie erzeugt. Am Experiment CARROUSEL wurden Praktika zur Wirkung unterschiedlicher Moderatoren und Absorber auf den Neutronenfluss durchgeführt. Die Neutronenquelle LOTUS wurde nicht in Betrieb genommen. Im Berichtsjahr traten keine meldepflichtigen radiologischen Vorkommnisse gemäss HSK-Richtlinie R-25 auf. Die Dosen des Personals lagen unterhalb der Nachweisgrenze des eingesetzten Dosimeters. Die Abgabe radioaktiver Stoffe über den Luft- und Abwasserpfad war radiologisch unbedeutend. Anlässlich einer Inspektion überzeugte sich die HSK davon, dass sich die Anlagen in einem ordentlichen, sauberen und sicherheitstechnisch einwandfreien Zustand befinden und die Vorschriften betreffend Strahlenschutz für das Personal und die Umwelt eingehalten werden.

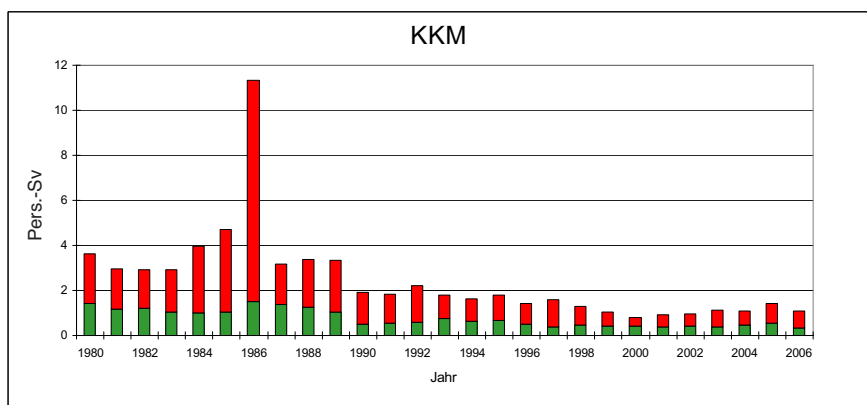
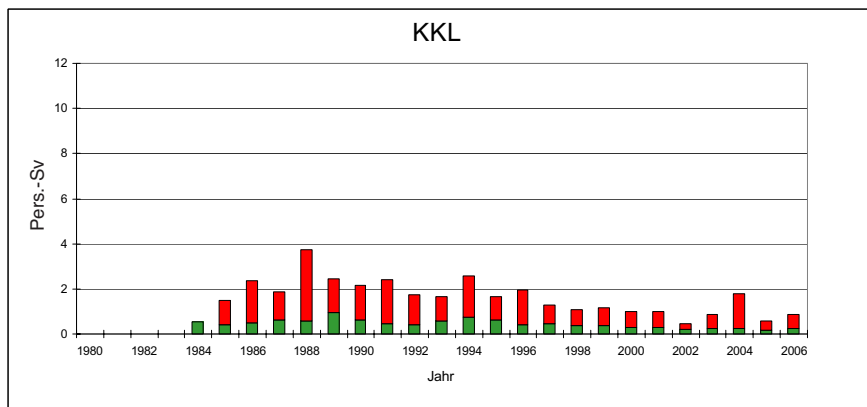
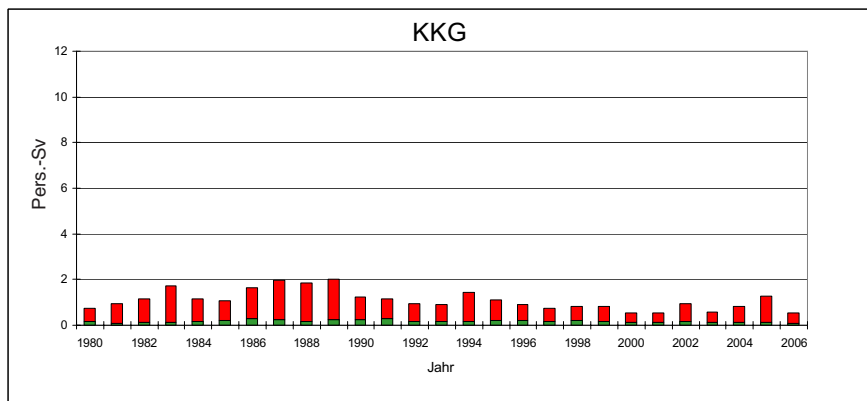
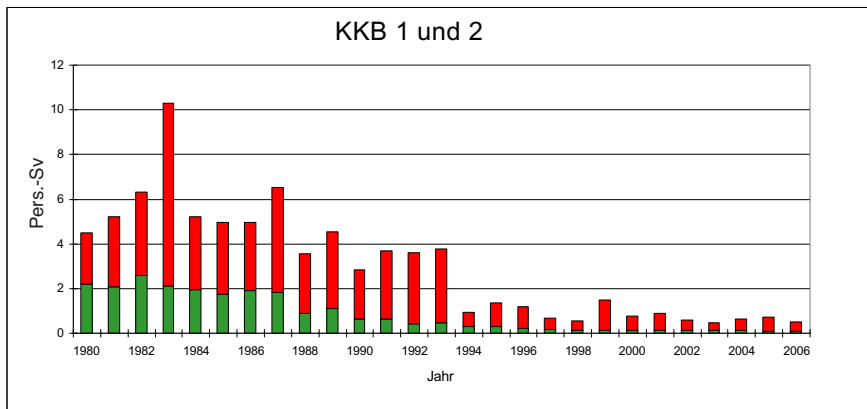
2.4 Universität Basel

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. Im Jahr 2006 stieg die produzierte Energie von 18 kWh im Jahr 2005 auf 36,6 kWh. Der Reaktorbetrieb erfolgte im Kalenderjahr 2006 störungsfrei bei einer thermischen Leistung von rund 1 kW. Es konnten keine Kontaminationen im Reaktorwasser oder in der Reaktorhalle nachgewiesen werden. Die Individualdosen sowie die Kollektivdosen lagen unterhalb der Nachweisgrenze des eingesetzten Dosimeters. Die Abgabe radioaktiver Stoffe über den Luft- und Abwasserpfad war unbedeutend. In Zusammenarbeit mit der Universität und dem Baudepartement der Stadt Basel wurden die Nachrüstungsarbeiten für die Sicherheit und den Brandschutz im März 2006 abgeschlossen. Die Brandschutzmassnahmen wurden von der HSK inspiziert und deren Übereinstimmung mit den Anforderungen bestätigt. Das Betriebs-, Notfall- und Strahlenschutzreglement wurde im Jahr 2006 erweitert und revidiert. An ihrer Jahresinspektion 2006 überprüfte die HSK den Stand der Betriebsdokumentation und stellte Normalität fest.

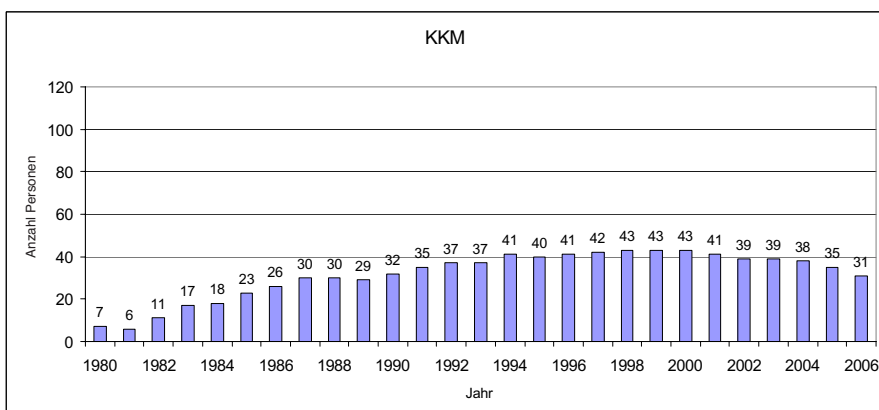
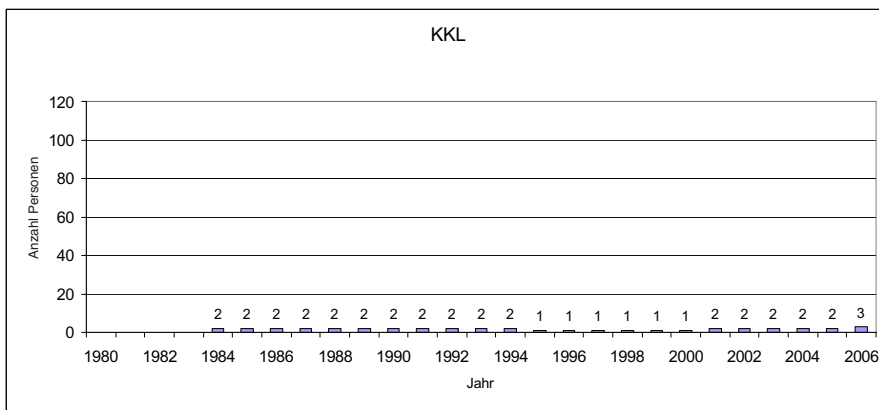
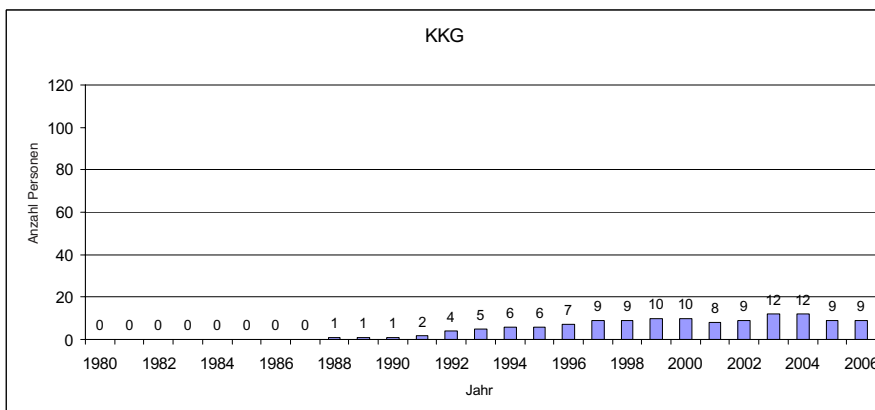
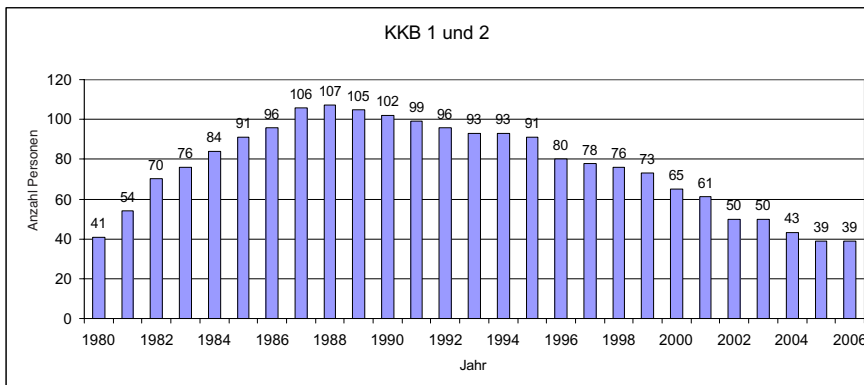
3. Grafische Darstellungen

Darstellung A.1: Jahreskollektivdosen (Pers.-Sv) der Kernkraftwerke, 1980 bis 2006.

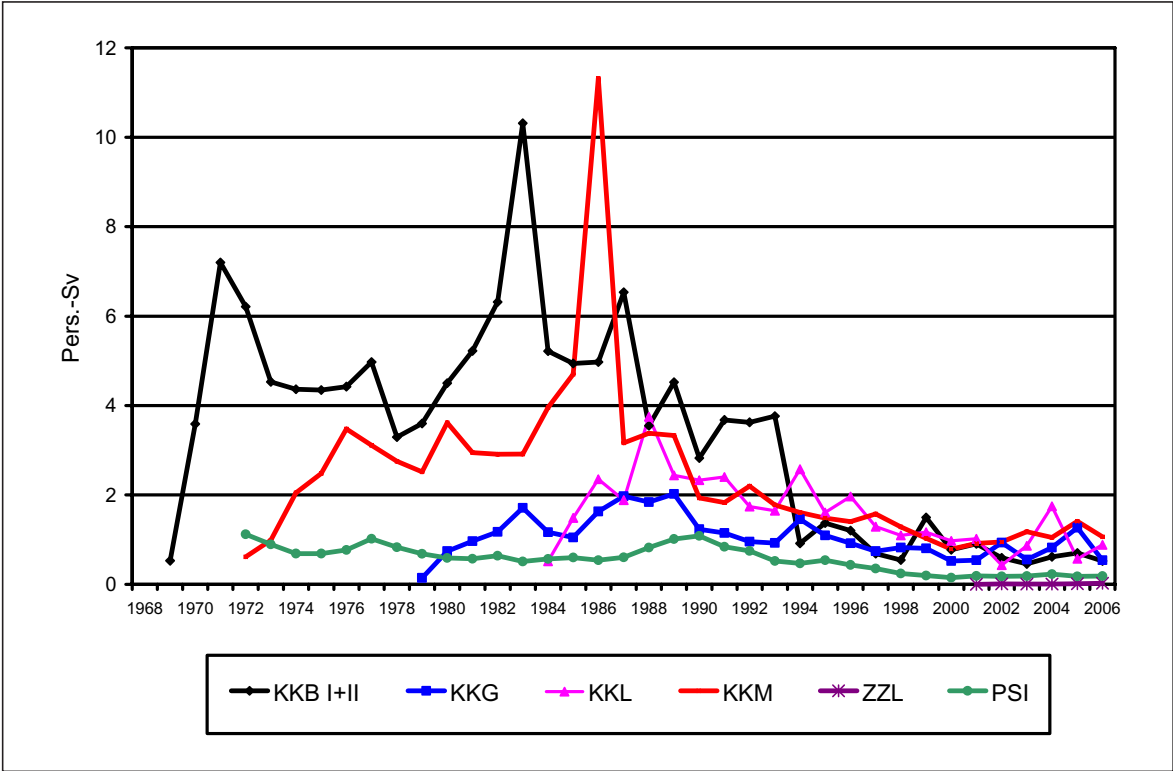
Rot bezeichnet die Daten aus den Stillständen, Grün diejenigen aus dem Leistungsbetrieb.



Darstellung A.2: Anzahl Personen mit einer beruflichen Lebensdosis über 200 mSv, Kernkraftwerke, 1980 bis 2006.



Darstellung A.3: Jahreskollektivdosen (Pers.-Sv) in den Kernanlagen, 1968 bis 2006.



4. Dosimetrie

4.1 Einleitung

Als zuständige Aufsichtsbehörde hat die HSK zu prüfen, ob bei der Exposition des Personals die gesetzlichen Limiten sowie die regulatorischen Richtwerte eingehalten werden. Seit dem 1. Oktober 1994 bildet die Strahlenschutzverordnung (StSV) die gesetzliche Grundlage zur Überwachung des beruflich und des nichtberuflich strahlenexponierten Personals in der Schweiz. Im Oktober 1997 wurde die Richtlinie HSK R-12, «Erfassung und Meldung der Dosen des strahlenexponierten Personals der Kernanlagen und des Paul Scherrer Instituts» revidiert und in Kraft gesetzt. Sie regelt technische Details über die Form und den Umgang der von den Anlagen im HSK-Aufsichtsbereich zu meldenden Individualdosen und arbeitspezifischen Kollektivdosen. Aufgabe der HSK ist es, die Angaben aus den einzelnen Anlagen kritisch zu prüfen, aufzuarbeiten, statistisch auszuwerten und entsprechend der Vorgaben der Strahlenschutzverordnung ans Bundesamt für Gesundheit (BAG), Zentrales Dosisregister, zu melden. Die Resultate dieser Arbeiten sind im vorliegenden Bericht dargestellt.

Die Strahlenschutzverordnung schreibt vor, dass die maximale Exposition jeder einzelnen beruflich strahlenexponierten Person 20 mSv pro Jahr nicht überschreiten darf. Eine Exposition bis 50 mSv pro Jahr ist nur zulässig, wenn die Fünfjahres-Dosis unter 100 mSv bleibt und der Strahlenschutz optimiert ist. Zudem ist in diesem Fall die vorgängige Zustimmung der Aufsichtsbehörde erforderlich. Davon wurde seit der Einführung dieser Regelung im Jahr 1994 im Aufsichtsbereich der HSK kein Gebrauch gemacht.

Weiter schreibt die Strahlenschutzverordnung vor, dass die radiologischen Schutzmassnahmen optimiert werden müssen. Die HSK prüft vor jeder geplanten Abstellung eines Kernkraftwerks die der HSK eingereichten Strahlenschutzplanungen. Für Arbeiten mit einer erwarteten Jobdosis von über 50 Pers.-mSv legen die Bewilligungsinhaber die ausgearbeiteten Planungen rechtzeitig der Behörde vor.

In der HSK-Richtlinie R-11, «Strahlenschutzziele im Normalbetrieb von Kernanlagen», ist für die jährliche Kollektivdosis einer Anlageneinheit (Block) ein Wert von maximal 1,5 Pers.-Sv festgelegt, bei dessen Überschreitung die HSK die Optimierungsmassnahmen des Betreibers detailliert prüft.

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

4.2 Personendosimetrie: akkumulierte Dosen 2006

Das dosimetrierte Personal in den Kernanlagen wird in zwei Kategorien eingeteilt: Es sind dies das Eigenpersonal, in den Tabellen mit «EP» gekennzeichnet, und das Fremdpersonal, in den Tabellen mit «FP» gekennzeichnet. 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 HSK-Richtlinie R-12 werden die akkumulierten Dosen dieser zwischen den Kernanlagen wechselnden Personen einerseits als Eigenpersonal-Dosen der einen Anlage und andererseits als Fremdpersonal-Dosen einer anderen Anlage gemeldet. Da beide Dosimetriestellen dieselben Dosen melden, führt dies 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 aus den einzelnen Kraftwerken nicht der Gesamtsumme der Personen. Ausserdem ergeben sich Ungenauigkeiten durch Rundungen.

Für das Jahr 2006 haben die fünf Dosimetriestellen (KKB, KKG, KKL, KKM und PSI) im Aufsichtsbereich der HSK insgesamt 5185 beruflich strahlenexponierte Personen mit einer Kollektivdosis von 3212,1 Pers.-mSv gemeldet (Mehrfachbuchungen bereinigt). Die an den Universitäten verwendeten Dosimeter (12 Personen) werden entweder vom Institut Universitaire de Radio-physique appliquée (IRA) oder von der SUVA ausgewertet. Die Meldungen der Dosimetriestelle des PSI umfassen Dosen, die sowohl in Anlagen aus dem Aufsichts-

Tabelle A.1: Zusammenfassung der Kollektivdosen in den schweizerischen Kernanlagen im Jahr 2006.

Bereich	Anzahl überwachte Personen (EP+FP)	Kollektivdosis (Pers.-mSv)
KKB 1 und 2	929	523,6
KKG	950	540,7
KKL	1435	885,2
KKM	1014	1062,6
ZZL	101	20,7
PSI	1342	183,4
Universitäten	12	0
Aufsichtsbereich der HSK	5185	3212,1

bereich des BAG als auch in Anlagen aus dem Aufsichtsbereich der HSK akkumuliert wurden.

Im Berichtsjahr traten keine Überschreitungen des Grenzwertes für beruflich strahlenexponierte Personen von 20 mSv pro Jahr auf. Die höchste Individualdosis betrug 10,7 mSv und wurde im KKM ermittelt (siehe dazu auch Kapitel 1.4).

Die mittlere Dosis pro Person (Personen-Tiefendosis $H_p(10)$) liegt in den Druckwasser-Reaktoren bei 0,57 mSv (0,98 mSv), in den Siedewasser-Reaktoren bei

0,80 mSv (0,83 mSv) pro Person und Jahr. In Klammern die Werte aus dem Jahr 2005.

In einzelnen Anlagen werden auch nicht beruflich strahlenexponierte Personen mit Dosimetern überwacht. Diese Dosen werden ebenfalls der HSK gemeldet. Im Jahr 2006 haben insgesamt 270 Personen aus diesem Personenkreis eine Kollektivdosis von 1,6 Pers.-mSv akkumuliert. Der Jahresgrenzwert von 1 mSv pro Person gemäss Artikel 37 der StSV wurde eingehalten.

Ganzkörperdosen des beruflich strahlenexponierten Personals durch äussere Bestrahlung 2006. Anzahl Personen und mittlere Jahresdosis.

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	EP	FP	EP+FP	EP	FP	EP+FP
0.0 - 1.0	336	422	758	262	516	778	327	845	1172	164	539	703	1089	1833	2922
> 1.0 - 2.0	41	63	104	26	64	90	50	76	126	38	96	134	154	264	418
> 2.0 - 5.0	25	35	60	27	40	67	24	87	111	53	83	136	129	241	370
> 5.0 - 10.0	4	3	7	6	8	14	5	20	25	23	15	38	38	62	100
> 10.0 - 15.0				1		1		1	1	2	1	3	3	2	5
> 15.0 - 20.0															
> 20.0 - 50.0															
> 50.0															
Total Personen	406	523	929	322	628	950	406	1029	1435	280	734	1014	1413	2402	3815
Mittel pro Person [mSv]	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	1.6	0.9	1.0	0.8	0.8	0.8

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

Tabelle A.2b: Kernanlagen und Forschung

Dosisverteilung [mSv]	PSI			Universitäten ²⁾	Total Forschung	ZZL			Total KKW	Total Kernanlagen und Forschung ¹⁾
	EP	FP	EP+FP			EP	FP	EP+FP		
0.0 - 1.0	991	311	1302	12	1314	30	66	96	2922	4248
> 1.0 - 2.0	18	6	24		24	1		1	418	442
> 2.0 - 5.0	11	1	12		12		3	3	370	385
> 5.0 - 10.0	4		4		4		1	1	100	105
> 10.0 - 15.0									5	5
> 15.0 - 20.0										
> 20.0 - 50.0										
> 50.0										
Total Personen	1024	318	1342	12	1354	31	70	101	3815	5185
Mittel pro Person [mSv]	0.2	0.1	0.2	0.0	0.1	0.1	0.3	0.2	0.8	3212.1

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

2) EPF Lausanne und Universität Basel.

Ganzkörperdosen des beruflich strahlenexponierten Personals durch äussere Bestrahlung 2006.

Tabelle A.3a: Kernkraftwerke

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	62.1	71.0	133.1	36.1	64.2	100.3	54.4	134.2	188.6	26.1	121.4	147.5	179.5	328.8	508.3
> 1.0 - 2.0	61.2	89.5	150.7	39.0	90.7	129.7	71.0	108.1	179.1	58.7	138.5	197.2	228.3	376.2	604.5
> 2.0 - 5.0	81.4	113.3	194.7	84.0	130.3	214.3	74.3	261.8	336.1	171.7	254.3	426.0	411.3	762.1	1173.4
> 5.0 - 10.0	27.5	17.6	45.1	34.5	51.4	85.9	28.7	142.3	171.0	157.1	103.3	260.4	247.1	423.5	670.6
> 10.0 - 15.0				10.5		10.5		10.4	10.4	21.0	10.5	31.5	31.5	20.9	52.4
> 15.0 - 20.0															
> 20.0 - 50.0															
> 50.0															
Total [Pers.-mSv]	232.2	291.4	523.6	204.1	336.6	540.7	228.4	656.8	885.2	434.6	628.0	1062.6	1097.7	1911.5	3009.2
Höchste Einzeldosis [mSv]	8.7	6.7	8.7	10.5	8.1	10.5	7.0	10.4	10.4	10.7	10.5	10.7	10.7	10.5	10.7

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	67.2	14.8	82.0	0.0	116.0	1.6	5.4	7.0	508.3	594.8
> 1.0 - 2.0	26.1	7.9	34.0		76.6	1.1		1.1	604.5	638.1
> 2.0 - 5.0	40.5	2.1	42.6		67.4		7.4	7.4	1173.4	1226.2
> 5.0 - 10.0	24.8		24.8		24.8		5.2	5.2	670.6	700.6
> 10.0 - 15.0									52.4	52.4
> 15.0 - 20.0										
> 20.0 - 50.0										
> 50.0										
Total [Pers.-mSv]	158.6	24.8	183.4	0.0	183.4	2.7	18.0	20.7	3009.2	3212.1
Höchste Einzeldosis [mSv]	6.6	2.1	6.6	0.0	6.6	1.1	5.2	5.2	10.7	10.7

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

2) EPF Lausanne und Universität Basel.

Verteilung der Lebensalterdosen des Eigenpersonals 2006.

Personen mit einer Lebensalterdosis 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	30	10	14	21	75	7	0	82
> 150 - 200	23	10	5	17	55	2		57
> 200 - 250	13	4	3	10	30	3		33
> 250 - 300	7	4		8	19	1		20
> 300 - 350	10			1	11	1		12
> 350 - 400	3	1		4	8			8
> 400 - 450	1			1	2			2
> 450 - 500	3			1	4			4
> 500 - 550				5	5			5
> 550 - 600	1			1	2			2
> 600	1				1			1
Total Personen	92	29	22	69	212	14	0	226

Inklusive Personal, das 2004 ausgetreten ist.

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

Dosisverteilung [mSv]	21 - 30 Jahre	31 - 40 Jahre	41 - 50 Jahre	51 - 60 Jahre	> 60 Jahre	Kernanlagen und PSI Total
> 100 - 150			25	41	16	82
> 150 - 200		1	9	34	13	57
> 200 - 250			5	17	11	33
> 250 - 300			2	12	6	20
> 300 - 350				9	3	12
> 350 - 400				4	4	8
> 400 - 450				1	1	2
> 450 - 500					4	4
> 500 - 550				4	1	5
> 550 - 600				1	1	2
> 600				1		1
Total Personen	0	1	41	124	60	226

Ganzkörperdosen des beruflich strahlenexponierten Personals durch äussere Bestrahlung 2006. Dosismittelwerte, Kollektivdosen und Anzahl Personen nach Alter und Geschlecht.

Tabelle A.5a: Kernanlagen und Forschung, 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	
[mSv]															
0.0 - 1.0	13	4	64	3	617	57	865	83	1140	68	982	39	305	8	4248
> 1.0 - 2.0			2		78		95		133	1	115		18		442
> 2.0 - 5.0	1		3		61		93		137	1	79	1	9		385
> 5.0 - 10.0			1		15		21		39		22		7		105
> 10.0 - 15.0							2		1		1		1		5
> 15.0 - 20.0															
> 20.0 - 50.0															
> 50.0															
Total Personen	14	4	70	3	771	57	1076	83	1450	70	1199	40	340	8	5185
Mittel pro Person [mSv]	0.19	0.00	0.41	0.00	0.65	0.03	0.69	0.03	0.74	0.09	0.59	0.16	0.41	0.00	0.62
Kollektivdosis [Pers.-mSv]	2.6	0.0	28.7	0.0	504.7	1.6	744.8	2.6	1071.4	6.6	703.3	6.3	139.5	0.0	3212.1

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	
[mSv]															
0.0 - 1.0	7	4	17	2	177	51	305	64	282	39	244	24	94	4	1314
> 1.0 - 2.0					3		6		8		6		1		24
> 2.0 - 5.0					1		3		4		4				12
> 5.0 - 10.0							2						2		4
> 10.0 - 15.0															
> 15.0 - 20.0															
> 20.0 - 50.0															
> 50.0															
Total Personen	7	4	17	2	181	51	316	64	294	39	254	24	97	4	1354
Mittel pro Person [mSv]	0.00	0.00	0.01	0.00	0.08	0.01	0.17	0.01	0.17	0.04	0.16	0.09	0.21	0.00	0.14
Kollektivdosis [Pers.-mSv]	0.0	0.0	0.2	0.0	13.6	0.6	53.4	0.7	49.9	1.7	41.0	2.2	20.1	0.0	183.4

Ganzkörperdosen des beruflich strahlenexponierten Personals durch äussere Bestrahlung 2006, 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			8		21	1	64	3	103	2	96	3	35		336
	> 1.0 - 2.0			1		2		8		10		15		5		41
	> 2.0 - 5.0					1		7		14		3				25
	> 5.0 - 10.0							1		2		1				4
	> 10.0 - 15.0															
	> 15.0 - 20.0															
	> 20.0 - 50.0															
	> 50.0															
	Total Personen			9		24	1	80	3	129	2	115	3	40		406
	Mittel pro Person [mSv]			0.24		0.36	0.00	0.76	0.20	0.77	0.10	0.43	0.10	0.27		0.57
	Kollektivdosis [Pers.-mSv]			2.2		8.6	0.0	60.5	0.6	99.4	0.2	49.5	0.3	10.9		232.2
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			2		56	1	96	3	137	4	95	2	26		422
	> 1.0 - 2.0					18		13		20		11		1		63
	> 2.0 - 5.0	1		1		10		12		6		4		1		35
	> 5.0 - 10.0					1		1				1				3
	> 10.0 - 15.0															
	> 15.0 - 20.0															
	> 20.0 - 50.0															
	> 50.0															
	Total Personen	1		3		85	1	122	3	163	4	111	2	28		523
	Mittel pro Person [mSv]	2.50		0.83		0.96	0.10	0.62	0.03	0.41	0.08	0.46	0.10	0.37		0.56
	Kollektivdosis [Pers.-mSv]	2.5		2.5		81.9	0.1	76.2	0.1	66.2	0.3	51.0	0.2	10.4		291.4
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			10		77	2	160	6	240	6	191	5	61		758
	> 1.0 - 2.0			1		20		21		30		26		6		104
	> 2.0 - 5.0	1		1		11		19		20		7		1		60
	> 5.0 - 10.0					1		2		2		2				7
	> 10.0 - 15.0															
	> 15.0 - 20.0															
	> 20.0 - 50.0															
	> 50.0															
	Total Personen	1		12		109	2	202	6	292	6	226	5	68		929
	Mittel pro Person [mSv]	2.50		0.39		0.83	0.05	0.68	0.12	0.57	0.08	0.44	0.10	0.31		0.56
	Kollektivdosis [Pers.-mSv]	2.5		4.7		90.5	0.1	136.7	0.7	165.6	0.5	100.5	0.5	21.3		523.6

Ganzkörperdosen des beruflich strahlenexponierten Personals durch äussere Bestrahlung 2006, 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		2		16		43	2	67	5	88		37		262
	> 1.0 - 2.0							6		4		13		3		26
	> 2.0 - 5.0							12		4		9		2		27
	> 5.0 - 10.0					1		1		3				1		6
	> 10.0 - 15.0													1		1
	> 15.0 - 20.0															
	> 20.0 - 50.0															
	> 50.0															
	Total Personen	2		2		17		62	2	78	5	110		44		322
	Mittel pro Person [mSv]	0.00		0.00		0.62		0.98	0.40	0.55	0.00	0.54		0.69		0.63
	Kollektivdosis [Pers.-mSv]	0.0		0.0		10.5		60.5	0.8	43.2	0.0	58.9		30.2		204.1
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			1		71	2	102	4	178	2	133	2	21		516
	> 1.0 - 2.0					8		22		22		10		2		64
	> 2.0 - 5.0					5		12		17		6				40
	> 5.0 - 10.0					1				2		5				8
	> 10.0 - 15.0															
	> 15.0 - 20.0															
	> 20.0 - 50.0															
	> 50.0															
	Total Personen			1		85	2	136	4	219	2	154	2	23		628
	Mittel pro Person [mSv]			0.00		0.54	0.00	0.58	0.00	0.57	0.00	0.54	0.00	0.17		0.54
	Kollektivdosis [Pers.-mSv]			0.0		45.6	0.0	79.2	0.0	125.4	0.0	82.4	0.0	4.0		336.6
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	2		3		87	2	145	6	245	7	221	2	58		778
	> 1.0 - 2.0					8		28		26		23		5		90
	> 2.0 - 5.0					5		24		21		15		2		67
	> 5.0 - 10.0					2		1		5		5		1		14
	> 10.0 - 15.0													1		1
	> 15.0 - 20.0															
	> 20.0 - 50.0															
	> 50.0															
	Total Personen	2		3		102	2	198	6	297	7	264	2	67		950
	Mittel pro Person [mSv]	0.00		0.00		0.55	0.00	0.71	0.13	0.57	0.00	0.54	0.00	0.51		0.57
	Kollektivdosis [Pers.-mSv]	0.0		0.0		56.1	0.0	139.7	0.8	168.6	0.0	141.3	0.0	34.2		540.7

Ganzkörperdosen des beruflich strahlenexponierten Personals durch äussere Bestrahlung 2006, 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		
	[mSv]	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	Total
	0.0 - 1.0	2		5		6		61 4		94 12		117 4		19 3		327
	> 1.0 - 2.0			1		3		9		18		19		1		50
	> 2.0 - 5.0					2				8		12		1		24
	> 5.0 - 10.0									2		2		1		5
	> 10.0 - 15.0															
	> 15.0 - 20.0															
	> 20.0 - 50.0															
	> 50.0															
Total Personen	2		6		11		70 4		122 12		150 4		22 3		406	
Mittel pro Person [mSv]	0.00		0.72		1.21		0.35 0.00		0.66 0.03		0.62 0.00		0.61 0.00		0.56	
Kollektivdosis [Pers.-mSv]	0.0		4.3		13.3		24.5 0.0		80.1 0.4		92.4 0.0		13.4 0.0		228.4	
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		21 1		221 1		172 3		221 6		158 3		36		845
	> 1.0 - 2.0			1		26		11		22 1		14		1		76
	> 2.0 - 5.0					22		24		31 1		9				87
	> 5.0 - 10.0					4		5		7		3		1		20
	> 10.0 - 15.0							1								1
	> 15.0 - 20.0															
	> 20.0 - 50.0															
	> 50.0															
Total Personen	2		22 1		273 1		213 3		281 8		184 3		38		1029	
Mittel pro Person [mSv]	0.05		0.21 0.00		0.64 0.00		0.81 0.00		0.71 0.49		0.47 0.00		0.31		0.64	
Kollektivdosis [Pers.-mSv]	0.1		4.7 0.0		175.7 0.0		173.5 0.0		200.1 3.9		87.1 0.0		11.7		656.8	
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	4		26 1		227 1		233 7		315 18		275 7		55 3		1172
	> 1.0 - 2.0			1		29		20		40 1		33		2		126
	> 2.0 - 5.0			1		24		24		39 1		21		1		111
	> 5.0 - 10.0					4		5		9		5		2		25
	> 10.0 - 15.0							1								1
	> 15.0 - 20.0															
	> 20.0 - 50.0															
	> 50.0															
Total Personen	4		28 1		284 1		283 7		403 20		334 7		60 3		1435	
Mittel pro Person [mSv]	0.03		0.32 0.00		0.67 0.00		0.70 0.00		0.70 0.22		0.54 0.00		0.42 0.00		0.62	
Kollektivdosis [Pers.-mSv]	0.1		9.0 0.0		189.0 0.0		198.0 0.0		280.2 4.3		179.5 0.0		25.1 0.0		885.2	

Ganzkörperdosen des beruflich strahlenexponierten Personals durch äussere Bestrahlung 2006, 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		
	[mSv]	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	Total
	0.0 - 1.0					3	1	31	2	52	1	51	1	22		164
	> 1.0 - 2.0					2		9		10		15		2		38
	> 2.0 - 5.0					1		7		24		19	1	1		53
	> 5.0 - 10.0							2		12		7		2		23
	> 10.0 - 15.0							1		1						2
	> 15.0 - 20.0															
	> 20.0 - 50.0															
	> 50.0															
Total Personen					6	1	50	2	99	1	92	2	27		280	
Mittel pro Person [mSv]					1.15	0.00	1.27	0.20	1.95	0.10	1.59	1.80	0.79		1.55	
Kollektivdosis [Pers.-mSv]					6.9	0.0	63.4	0.4	192.9	0.1	146.0	3.6	21.3		434.6	
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			8		95	3	107	4	159	4	119	6	33	1	539
	> 1.0 - 2.0					23		21		33		15		4		96
	> 2.0 - 5.0			1		23		16		29		12		2		83
	> 5.0 - 10.0			1		3		4		6		1				15
	> 10.0 - 15.0											1				1
	> 15.0 - 20.0															
	> 20.0 - 50.0															
	> 50.0															
Total Personen			10		144	3	148	4	227	4	148	6	39	1	734	
Mittel pro Person [mSv]			1.48		1.03	0.30	0.98	0.00	0.92	0.00	0.63	0.00	0.44	0.00	0.86	
Kollektivdosis [Pers.-mSv]			14.8		148.0	0.9	144.5	0.0	208.8	0.0	93.7	0.0	17.3	0.0	628.0	
Eigen- und Fremdpersonal	Dosisverteilung	16 - 18 Jahre		19 - 20 Jahre		21 - 30 Jahre		31 - 40 Jahre		41 - 50 Jahre		51 - 60 Jahre		> 60 Jahre		
	[mSv]	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	Total
	0.0 - 1.0			8		98	4	138	6	211	5	170	7	55	1	703
	> 1.0 - 2.0					25		30		43		30		6		134
	> 2.0 - 5.0			1		24		23		53		31	1	3		136
	> 5.0 - 10.0			1		3		6		18		8		2		38
	> 10.0 - 15.0							1		1		1				3
	> 15.0 - 20.0															
	> 20.0 - 50.0															
	> 50.0															
Total Personen			10		150	4	198	6	326	5	240	8	66	1	1014	
Mittel pro Person [mSv]			1.48		1.03	0.23	1.05	0.07	1.23	0.02	1.00	0.45	0.58	0.00	1.05	
Kollektivdosis [Pers.-mSv]			14.8		154.9	0.9	207.9	0.4	401.7	0.1	239.7	3.6	38.6	0.0	1062.6	

Ganzkörperdosen des beruflich strahlenexponierten Personals durch äussere Bestrahlung 2006, 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	4		15		46	2	199	11	317	20	351	8	113	3	1089
	> 1.0 - 2.0			1		7		32		41		62		11		154
	> 2.0 - 5.0			1		4		26		50		43	1	4		129
	> 5.0 - 10.0					1		4		19		10		4		38
	> 10.0 - 15.0							1		1				1		3
	> 15.0 - 20.0															
	> 20.0 - 50.0															
	> 50.0															
	Total Personen	4		17		58	2	262	11	428	20	466	9	133	3	1413
	Mittel pro Person [mSv]	0.00		0.38		0.68		0.80	0.16	0.97	0.04	0.74	0.43	0.57	0.00	0.78
	Kollektivdosis [Pers.-mSv]	0.0		6.5		39.3		208.9	1.8	414.1	0.7	346.7	3.9	75.8	0.0	1097.7
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	2		31	1	392	5	363	7	534	10	383	8	96	1	1833
	> 1.0 - 2.0			1		68		57		84	1	47		6		264
	> 2.0 - 5.0	1		2		56		63		81	1	32		5		241
	> 5.0 - 10.0			1		14		14		20		12		1		62
	> 10.0 - 15.0							1				1				2
	> 15.0 - 20.0															
	> 20.0 - 50.0															
	> 50.0															
	Total Personen	3		35	1	530	5	498	7	719	12	475	8	108	1	2402
	Mittel pro Person [mSv]	0.87		0.63	0.00	0.85	0.20	0.95	0.01	0.83	0.35	0.66	0.03	0.40	0.00	0.80
	Kollektivdosis [Pers.-mSv]	2.6	0.0	22.0	0.0	451.0	1.0	472.9	0.1	599.9	4.2	314.2	0.2	43.4	0.0	1911.5
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	6		46	1	438	7	562	18	851	30	734	16	209	4	2922
	> 1.0 - 2.0			2		75		89		125	1	109		17		418
	> 2.0 - 5.0	1		3		60		89		131	1	75	1	9		370
	> 5.0 - 10.0			1		15		18		39		22		5		100
	> 10.0 - 15.0							2		1		1		1		5
	> 15.0 - 20.0															
	> 20.0 - 50.0															
	> 50.0															
	Total Personen	7		52	1	588	7	760	18	1147	32	941	17	241	4	3815
	Mittel pro Person [mSv]	0.37		0.55	0.00	0.83	0.14	0.90	0.11	0.88	0.15	0.70	0.24	0.49	0.00	0.79
	Kollektivdosis [Pers.-mSv]	2.6	0.0	28.5	0.0	490.3	1.0	681.8	1.9	1014.0	4.9	660.9	4.1	119.2	0.0	3009.2

Ganzkörperdosen des beruflich strahlenexponierten Personals durch äussere Bestrahlung 2006, 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		Total	
	[mSv]	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F		
	0.0 - 1.0					1		7	1	13		7		1		30	
	> 1.0 - 2.0									1						1	
	> 2.0 - 5.0																
	> 5.0 - 10.0																
	> 10.0 - 15.0																
	> 15.0 - 20.0																
	> 20.0 - 50.0																
	> 50.0																
	Total Personen					1		7	1	14		7		1		31	
	Mittel pro Person [mSv]					0.00		0.03	0.00	0.18		0.00		0.00		0.09	
	Kollektivdosis [Pers.-mSv]					0.0		0.2	0.0	2.5		0.0		0.0		2.7	
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			1		6		15		21	1	17	2	3			66
	> 1.0 - 2.0																
	> 2.0 - 5.0							1		2							3
	> 5.0 - 10.0							1									1
	> 10.0 - 15.0																
	> 15.0 - 20.0																
	> 20.0 - 50.0																
	> 50.0																
Total Personen			1		6		17		23	1	17	2	3		70		
Mittel pro Person [mSv]			0.00		0.13		0.55		0.27	0.00	0.09	0.00	0.07		0.26		
Kollektivdosis [Pers.-mSv]			0.0		0.8		9.4		6.1	0.0	1.5	0.0	0.2		18.0		
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		
	0.0 - 1.0			1		7		22	1	34	1	24	2	4			96
	> 1.0 - 2.0								1	1							1
	> 2.0 - 5.0							1		2							3
	> 5.0 - 10.0							1									1
	> 10.0 - 15.0																
	> 15.0 - 20.0																
	> 20.0 - 50.0																
	> 50.0																
Total Personen			1		7		24	1	37	1	24	2	4		101		
Mittel pro Person [mSv]			0.00		0.11		0.40	0.00	0.23	0.00	0.06	0.00	0.05		0.20		
Kollektivdosis [Pers.-mSv]			0.0		0.8		9.6	0.0	8.6	0.0	1.5	0.0	0.2		20.7		

Ganzkörperdosen des beruflich strahlenexponierten Personals durch äussere Bestrahlung 2006, 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		
	[mSv]	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	Total
	0.0 - 1.0	4		15		47	2	206	12	330	20	358	8	114	3	1119
	> 1.0 - 2.0			1		7		32		42		62		11		155
	> 2.0 - 5.0			1		4		26		50	1	43	1	4		129
	> 5.0 - 10.0					1		4		19		10		4		38
	> 10.0 - 15.0							1		1				1		3
	> 15.0 - 20.0															
	> 20.0 - 50.0															
	> 50.0															
Total Personen	4		17		59	2	269	12	442	20	473	9	134	3	1444	
Mittel pro Person [mSv]	0.00		0.38		0.67	0.00	0.78	0.15	0.94	0.04	0.73	0.43	0.57	0.00	0.76	
Kollektivdosis [Pers.-mSv]	0.0		6.5		39.3	0.0	209.1	1.8	416.6	0.7	346.7	3.9	75.8	0.0	1100.4	
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		32	1	396	5	369	7	541	10	393	8	98	1	1863
	> 1.0 - 2.0			1		68		57		84	1	47		6		264
	> 2.0 - 5.0	1		2		56		64		83	1	32		5		244
	> 5.0 - 10.0			1		14		15		20		12		1		63
	> 10.0 - 15.0							1				1				2
	> 15.0 - 20.0															
	> 20.0 - 50.0															
	> 50.0															
Total Personen	3		36	1	534	5	506	7	728	12	485	8	110	1	2436	
Mittel pro Person [mSv]	0.87		0.61	0.00	0.85	0.20	0.95	0.01	0.83	0.35	0.65	0.03	0.40	0.00	0.79	
Kollektivdosis [Pers.-mSv]	2.6		22.0	0.0	451.8	1.0	482.3	0.1	606.0	4.2	315.6	0.2	43.6	0.0	1929.4	
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	6		47	1	443	7	575	19	871	30	751	16	212	4	2982
	> 1.0 - 2.0			2		75		89		126	1	109		17		419
	> 2.0 - 5.0	1		3		60		90		133	1	75	1	9		373
	> 5.0 - 10.0			1		15		19		39		22		5		101
	> 10.0 - 15.0							2		1		1		1		5
	> 15.0 - 20.0															
	> 20.0 - 50.0															
	> 50.0															
Total Personen	7		53	1	593	7	775	19	1170	32	958	17	244	4	3880	
Mittel pro Person [mSv]	0.37		0.54	0.00	0.83	0.14	0.89	0.10	0.87	0.15	0.69	0.24	0.49	0.00	0.78	
Kollektivdosis [Pers.-mSv]	2.6		28.5	0.0	491.1	1.0	691.4	1.9	1022.6	4.9	662.3	4.1	119.4	0.0	3029.8	

Verteilung der Extremitätendosen 2006.

Tabelle A.13: Kernanlagen und Forschung (PSI)

Dosisverteilung	KKB 1 + 2			KKG			KKL			KKM			Total KKW			PSI			ZZL			Summe Kernanlagen und PSI
	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	
[mSv]																						
0 - 25	12	4	16	5	4	9	1	4	5	11	7	18	29	19	48	83	9	92	0	0	0	140
> 25 - 50					1	1								1	1	2		2				3
> 50 - 75																						
> 75 - 100																						
> 100 - 125																						
> 125 - 150																						
> 150 - 175																						
> 175 - 200										1		1	1		1							1
> 200 - 300																						
> 300 - 400																						
> 400 - 500																						
> 500																						
Total Personen	12	4	16	5	5	10	1	4	5	12	7	19	30	20	50	85	9	94	0	0	0	144

Folgedosis E50 durch Inkorporationen des beruflich strahlenexponierten Personals 2006.

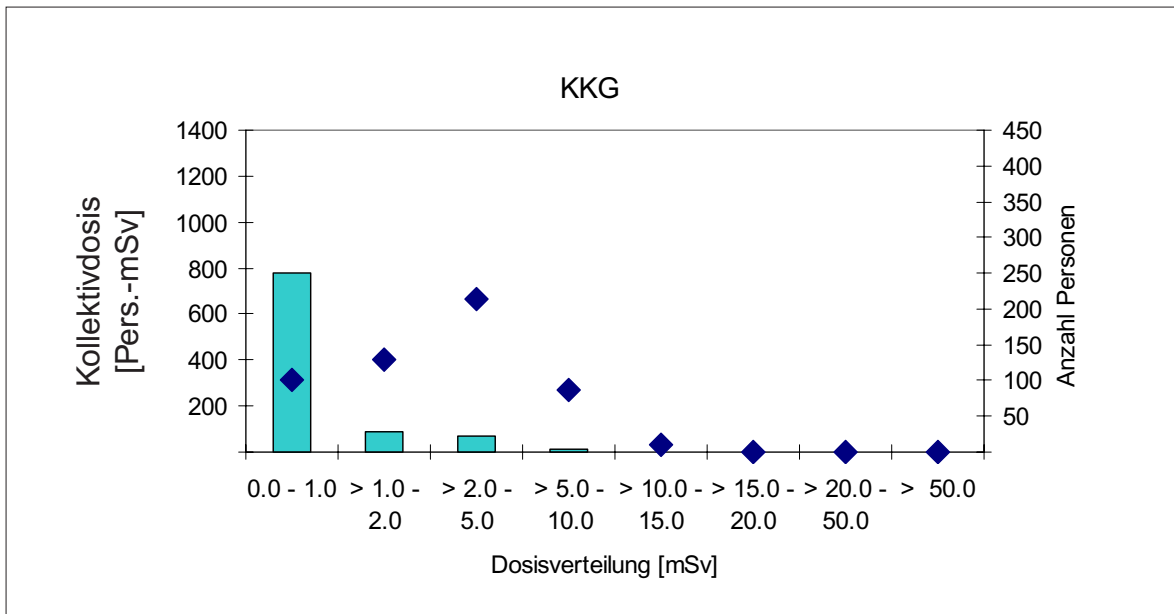
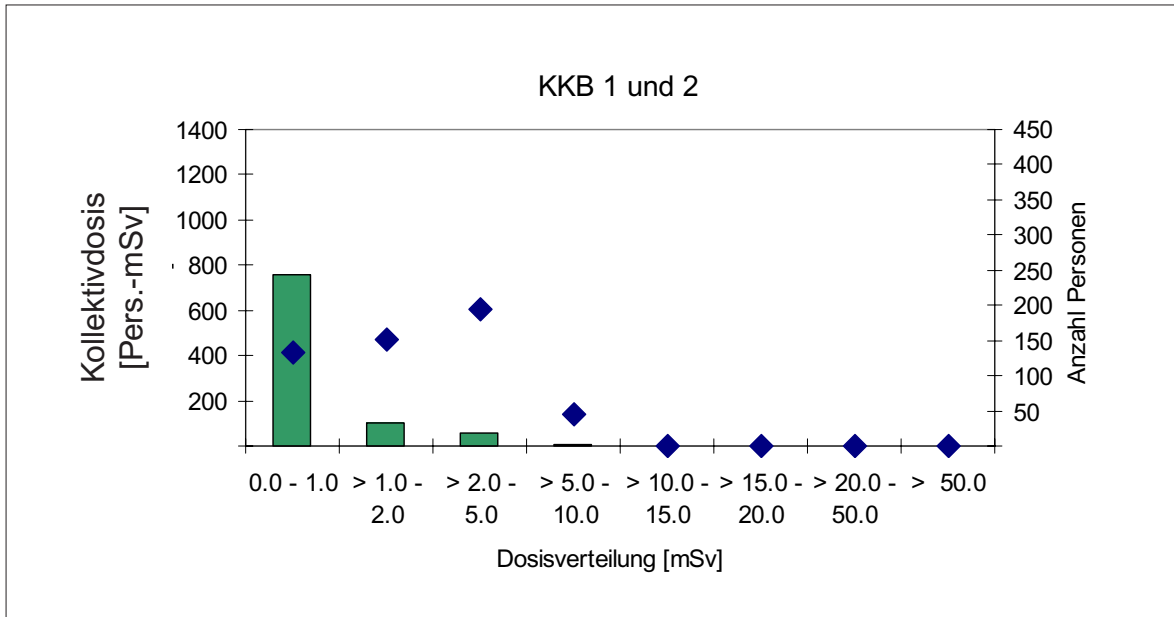
Tabelle A.14: Kernanlagen und Forschung (PSI)

Folgedosis E ₅₀ Dosisverteilung	KKB 1 + 2			KKG			KKL			KKM			Total KKW			PSI			ZZL			Summe Kernanlagen und PSI
	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	
[mSv]																						
<= 1.0	362	508	870	301	590	891	414	1038	1452	280	734	1014	1357	2870	4227	168	10	178	32	112	144	4549
> 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	362	508	870	301	590	891	414	1038	1452	280	734	1014	1357	2870	4227	168	10	178	32	112	144	4549

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

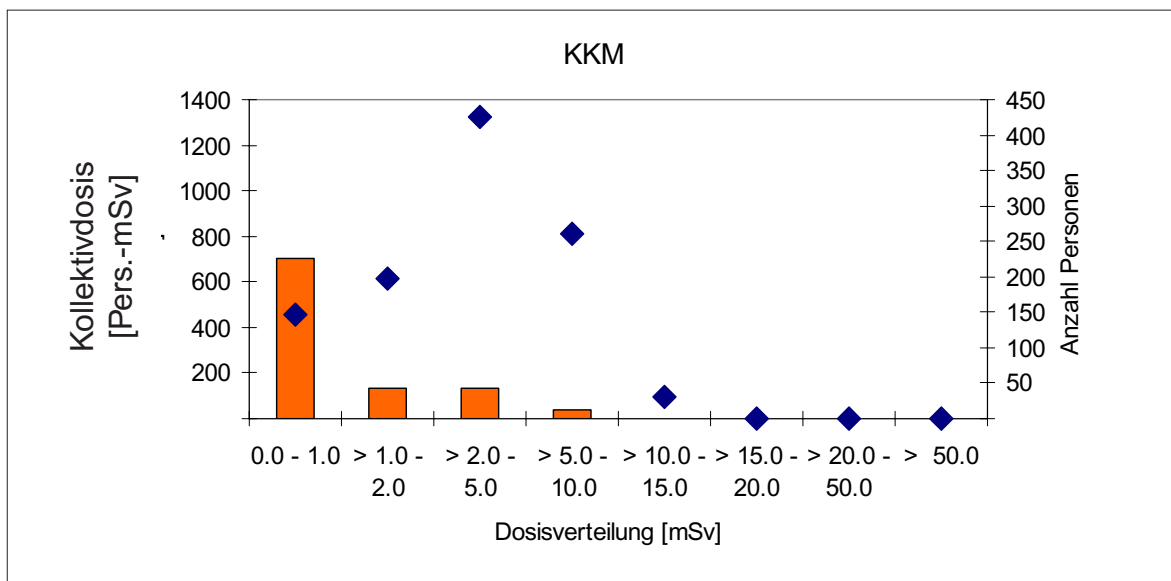
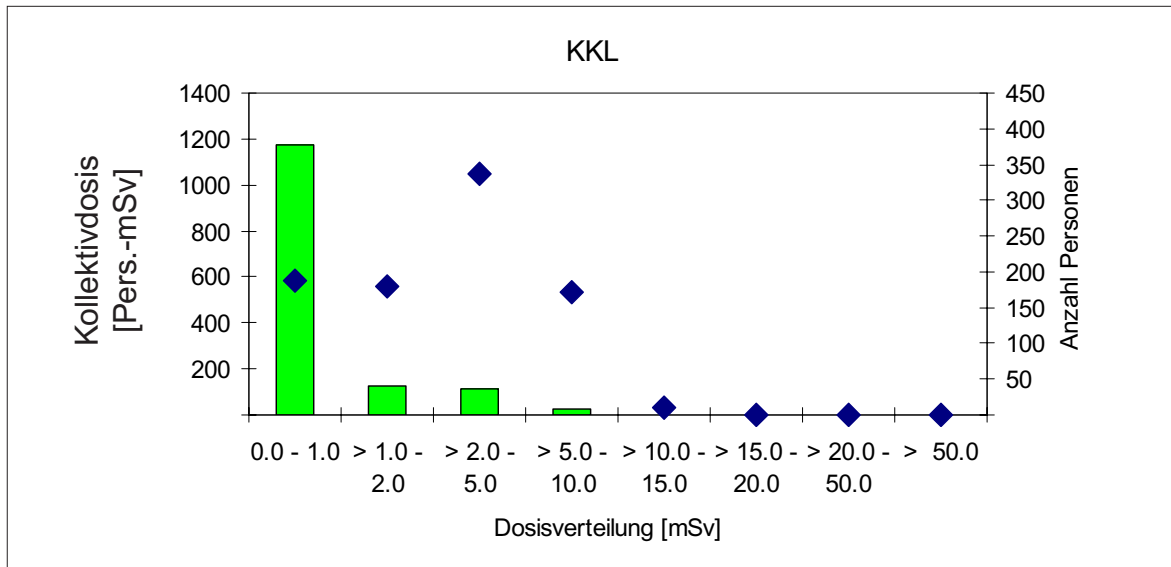
Kollektivdosen und Anzahl der dosimetrierten Personen 2006.

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



Kollektivdosen und Anzahl der dosimetrierten Personen 2006.

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



Tätigkeiten der Personendosimetriestellen im Aufsichtsbereich der HSK 2006.

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	TLD	1342	β, γ, x	TLD	1342	β, γ, x	TLD	94	γ	GE	164	γ, x	Nal	16	a,b,g,x	LSC/ Nal	26
	β, γ, x n	DIS Cr-39	95 995	β, γ, x	DIS	95											GE	
KKB 1 + 2	γ	TLD/ DIS	929	β, γ, x	TLD/ DIS	81	γ	TLD	1010	γ	Nal	870	γ	Nal	870			
KKG	γ	TLD	950	γ	TLD	950				γ	PSC	891	γ	PSC	891			
KKL	β,γ	TLD	1501	β,γ	TLD	1501	β,γ	TLD	5	γ	Nal	1452	γ	Nal	1452	β,γ	GE	0
KKM	γ	TLD	1014	β/γ	TLD	1014	γ	TLD	19	γ	Nal	2552	γ	Nal	2552			
ZZL ⁴⁾	γ	TLD/ DIS	101	β, γ, x,	TLD/ DIS	54	γ	TLD	155	γ	Nal	144	γ	Nal	144			

1) r = Strahlungsart: α = Alpha
 β = Beta
 γ = Gamma
 n = Neutronen
 χ = Röntgen

2) m = Messmethode: TLD = Thermolumineszenzdosimeter
 Cr-39 = Spaltspurdosimeter
 LSC = Flüssigkeitsszintillator
 PSC = Plastiksintillator
 GE = Reinstgermanium – Detektor
 Nal = NaI(Tl) – Szintillator
 DIS = Direct Ion Storage

3) a = Anzahl der überwachten Personen

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 2006 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	28%	72%	13%	87%	33%	67%	44%	56%	30%	70%
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%	22%	78%	37%	63%	25%	75%
1997	22%	78%	22%	78%	35%	65%	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%	28%	72%
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%

Tabelle A.17: Aufteilung der Kollektivdosen auf Betrieb und Revisionsstillstand 1980 bis 2006 in Pers.-Sv

Jahr	Aufteilung der Jahreskollektivdosen [Pers.-Sv]									
	KKB 1 + 2		KKG		KKL		KKM		Total	
	Betrieb	Stillstand	Betrieb	Stillstand	Betrieb	Stillstand	Betrieb	Stillstand	Betrieb	Stillstand
1980	2.217	2.283	0.160	0.580			1.430	2.180	3.807	5.043
1981	2.077	3.144	0.090	0.870			1.147	1.800	3.314	5.814
1982	2.605	3.708	0.110	1.060			1.199	1.710	3.914	6.478
1983	2.126	8.189	0.130	1.580			1.042	1.870	3.298	11.639
1984	1.946	3.269	0.150	1.020	0.520	0.000	0.990	2.960	3.606	7.249
1985	1.719	3.222	0.200	0.850	0.414	1.070	1.050	3.650	3.383	8.792
1986	1.913	3.058	0.270	1.360	0.480	1.870	1.490	9.830	4.153	16.118
1987	1.828	4.707	0.250	1.720	0.620	1.260	1.390	1.770	4.088	9.457
1988	0.911	2.635	0.170	1.670	0.570	3.180	1.250	2.120	2.901	9.605
1989	1.106	3.415	0.250	1.770	0.940	1.500	1.030	2.300	3.326	8.985
1990	0.651	2.172	0.250	0.980	0.630	1.530	0.490	1.440	2.021	6.122
1991	0.630	3.048	0.270	0.880	0.470	1.930	0.540	1.290	1.910	7.148
1992	0.429	3.194	0.180	0.780	0.430	1.310	0.590	1.600	1.629	6.884
1993	0.484	3.276	0.150	0.770	0.561	1.084	0.736	1.037	1.931	6.167
1994	0.310	0.607	0.160	1.296	0.745	1.832	0.630	0.979	1.845	4.714
1995	0.279	1.090	0.193	0.900	0.639	1.019	0.671	1.121	1.782	4.130
1996	0.228	0.973	0.201	0.720	0.434	1.524	0.510	0.886	1.374	4.103
1997	0.151	0.538	0.162	0.580	0.458	0.832	0.394	1.182	1.164	3.132
1998	0.139	0.407	0.209	0.612	0.367	0.723	0.456	0.831	1.171	2.572
1999	0.119	1.381	0.174	0.630	0.372	0.793	0.420	0.611	1.085	3.414
2000	0.124	0.651	0.140	0.382	0.288	0.691	0.432	0.360	0.984	2.084
2001	0.141	0.766	0.111	0.429	0.300	0.710	0.380	0.542	0.932	2.447
2002	0.135	0.462	0.184	0.750	0.225	0.218	0.432	0.517	0.976	1.947
2003	0.116	0.340	0.107	0.450	0.268	0.605	0.368	0.760	0.859	2.155
2004	0.107	0.511	0.113	0.721	0.269	1.522	0.458	0.634	0.947	3.388
2005	0.101	0.603	0.120	1.146	0.171	0.399	0.540	0.871	0.932	3.018
2006	0.095	0.430	0.096	0.445	0.269	0.616	0.354	0.709	0.814	2.200

Zusammenstellung der Kollektivdosen.

Tabelle A.18: Kollektivdosen der Kernkraftwerke 2006

Anlage	KKB 1 + 2	KKG	KKL	KKM	Total
Pers.-mSv	523.6	540.7	885.2	1062.6	3009.2

Jahreskollektivdosen

Anlage	KKB 1 + 2	KKG	KKL	KKM	Total
Pers.-mSv	430.0	444.7	615.9	709.0	2199.6

Kollektivdosen der Revisionsstillstände

Tabelle A.19:

Paul Scherrer Institut (PSI):
Kollektivdosis des dosimetrierten
Personals

Kalender- Jahr	PSI-Gesamtpersonal		
	Anzahl Personen	Kollektiv- dosis [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

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

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

4.3 Jobdosimetrie

Die Jobdosimetrie dient der Optimierung von Arbeiten im Hinblick auf den Strahlenschutz. Eine Arbeit in einem bestimmten Jahr kann mit der gleichen Arbeit in früheren Jahren verglichen werden. Daraus ergeben sich wertvolle Erkenntnisse für den Strahlenschutz, die hauptsächlich für eine Anlage relevant sind. 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 heute in den Kernkraftwerken die Jobdosen ermittelt werden, sind stetig verbessert worden. Die HSK-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 Kontrolldosimeter hinsichtlich Warn- und Schutzfunktion und der Möglichkeit, diese Geräte für die Ermittlung der Jobdosen einzusetzen. Elektronische Dosimeter haben zusätzlich den Vorteil, dass sie bei Bedarf sofort abgelesen werden können. Die Richtlinie äussert sich aber bewusst nicht darüber, wie im Detail die Jobdosimetrie erfolgen soll, da diese Aufgabe im Verantwortungsbereich des Strahlenschutzes einer

Kernanlage liegt und die Freiheit zur Entwicklung eines für die spezifischen Gegebenheiten optimalen Systems offen bleiben soll.

In den folgenden Tabellen werden Kategorien von Arbeiten, Personengruppen und Tätigkeiten vorgegeben. Die Aufteilung der Dosen auf diese Kategorien wird von den Betreibern aufgrund der Möglichkeiten ihrer Systeme vorgenommen. Daher ist es möglich, dass bestimmte Kernkraftwerke zu einzelnen Kategorien oder Aufteilungen keine Informationen liefern. Die HSK wird im Rahmen der Neugestaltung des Regelwerks verstärkt auf eine angemessene Berichterstattung hinwirken.

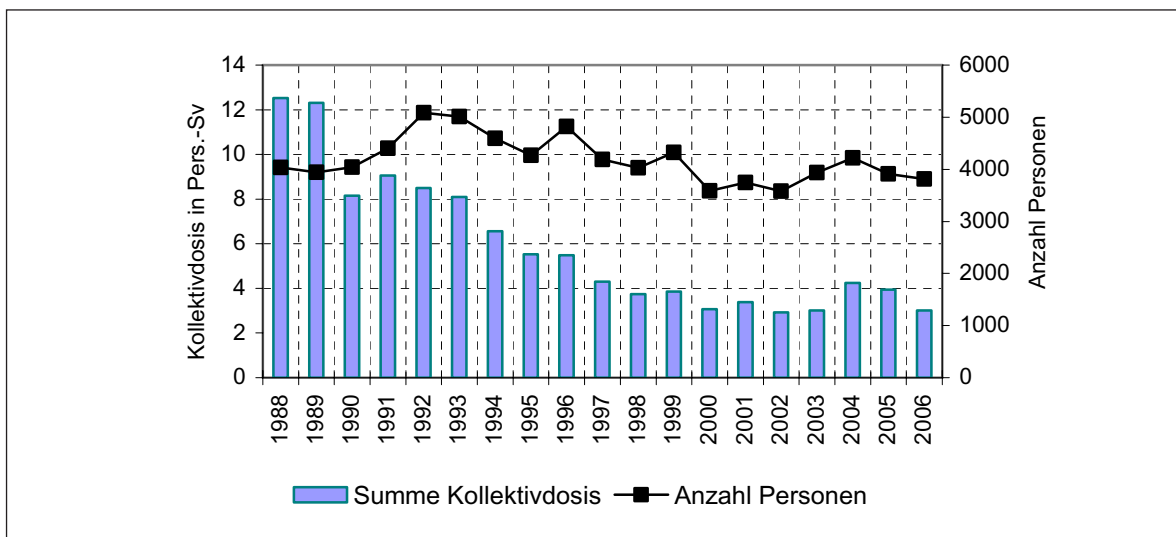
Die Kernkraftwerke in der Schweiz sind aufgrund ihrer Konstruktion (Siede- oder Druckwasseranlage) sowie ihres Alters nicht oder nur bedingt miteinander vergleichbar. Zudem werden die Jobdosen unterschiedlich ermittelt, und der Aufwand für Arbeiten im Strahlenfeld variiert in jeder Anlage von Jahr zu Jahr. Aussagen über den Strahlenschutz 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 Jobdosen zwischen verschiedenen Anlagen kann 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.-Sv 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

Die Anzahl der Personen in dieser Tabelle ist die 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 (QSE).

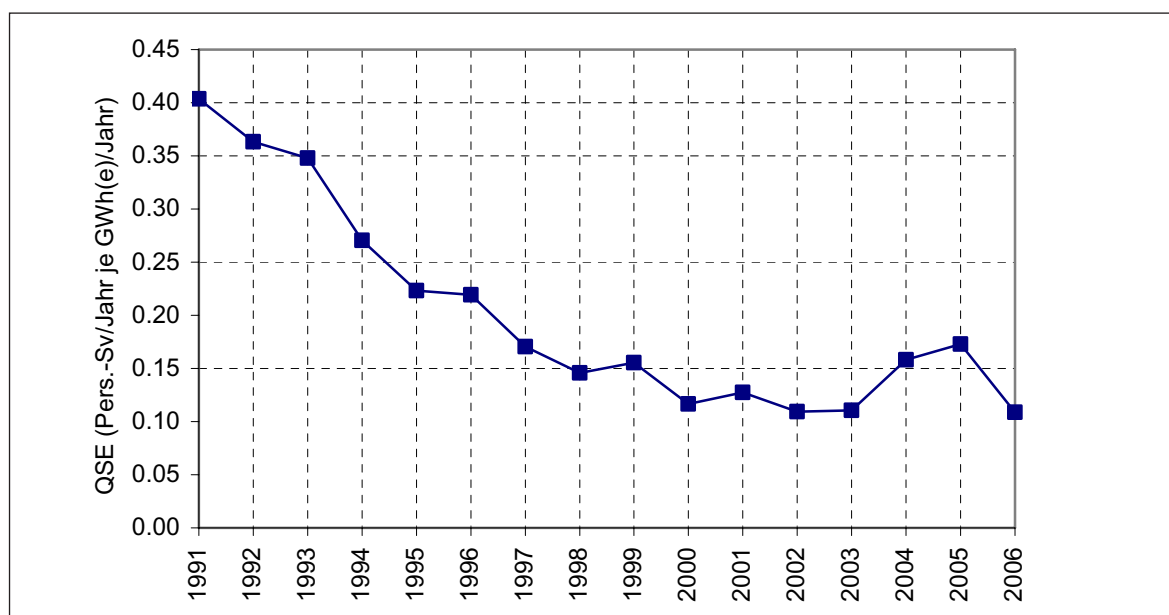
Tabelle A.22: Entwicklung des Verhältnisses Kollektivdosis zur erzeugten elektrischen Bruttoenergie (QSE) über alle Kraftwerke

Jahr	Dosis	Energie	QSE
1991	9'056	22'438.1	0.404
1992	8'500	23'394.0	0.363
1993	8'100	23'290.8	0.348
1994	6'559	24'250.1	0.270
1995	5'535	24'783.6	0.223
1996	5'487	25'026.6	0.219
1997	4'297	25'190.8	0.171
1998	3'744	25'683.1	0.146
1999	3'859	24'835.0	0.155
2000	3'068	26'310.0	0.117
2001	3'380	26'556.1	0.127
2002	2'922	26'738.9	0.109
2003	3'013	27'233.8	0.111
2004	4'236	26'769.1	0.158
2005	3'954	22'851.6	0.173
2006	3'009	27'649.2	0.109

Dosis: Jahreskollektivdosis aller Kernkraftwerke in Pers.-mSv

Energie: erzeugte elektrische Bruttoenergie aller Kernkraftwerke in GWh(e)/Jahr

QSE: Quotient in Pers.-mSv/Jahr je GWh(e)/Jahr



Grafische Darstellung der Werte aus Tabelle A.22. Grosse Anlagen mit einer hohen erzeugten Bruttoenergie haben gegenüber kleineren Anlagen bei der Berechnung dieses Wertes einen Vorteil. Der Anstieg in den Jahren 2004 und 2005 wurde durch umfangreiche und dosisintensive Revisionsarbeiten im KKL und im KKG sowie durch den Ausfall der Anlage KKL im Jahr 2005 verursacht.

Vergleich der TLD-Messwerte mit den Messwerten der EPD.

Die elektronischen Personendosimeter (EPD) liefern Messwerte, die vom behördlich anerkannten Thermolumineszenz-Dosimeter (TLD) abweichen. Diese Unterschiede sind nicht identisch für die einzelnen Anlagen, weil sie vom EPD-Typ der Kernanlage sowie von den Eigenschaften des Strahlenfeldes abhängig sind. Da die EPDs die erhaltene Dosis überbewerten, bewegt man sich strahlenschutztechnisch auf der sicheren Seite.

Tabelle A.23: Zusammenstellung der mit EPD und TLD ermittelten Kollektivdosen (Pers.-Sv/Jahr; pro KKW)

Werk	TLD* [Pers.-Sv/Jahr]		EPD* [Pers.-Sv/Jahr]		EPD/TLD*	
KKB I + II**	EP	0.23				
	FP	0.29				
	EP+FP	0.52				
KKG**	EP	0.20				
	FP	0.34				
	EP+FP	0.54				
KKL	EP	0.23	EP	0.29	EP	1.26
	FP	0.66	FP	0.75	FP	1.14
	EP+FP	0.89	EP+FP	1.04	EP+FP	1.17
KKM	EP	0.43	EP	0.48	EP	1.10
	FP	0.63	FP	0.75	FP	1.19
	EP+FP	1.06	EP+FP	1.23	EP+FP	1.15

EP= Eigenpersonal FP= Fremdpersonal

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 dem EPD basieren. Im Bericht erscheinen, wenn nicht anders vermerkt, auf TLD-Werte umgerechnete EPD-Dosen.

** KKB und KKG melden sämtliche Dosen als TLD-Dosen, wobei werksintern für die Ermittlung der Werte EPD-Daten herangezogen werden.

Kollektivdosen in den einzelnen Betriebsphasen.

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

Betriebsphasen	KKB (I+II)	KKG	KKL	KKM
Leistungsbetrieb	0.095	0.096	0.269	0.346
Geplanter Stillstand	0.430	0.445	0.616	0.717
Ungeplante Stillstände	-	-	-	-
Summe	0.525	0.541	0.885	1.063

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

Personengruppe	KKB(I+II)	KKG	KKL	KKM
Strahlenschutz/Chemie	0.037	0.040	0.074	0.082
Reinig./Dekontamination	0.050	0.036	0.047	0.099
Mechanik	0.029	0.084	0.555	0.497
Elektrotechnik	0.010	0.016	0.057	0.032
Brennstoff	0.066	0.017	0.018	0.001
Gerüstbau	0.031	0.000	0.026	0.026
Isoleure	0.016	0.000	0.010	0.051
Betrieb (Schicht)	0.000	0.024	0.076	0.172
Behörden (SVTI, HSK)	0.000	0.006	0.005	0.006
Übrige	0.239	0.318	0.018	0.096
Abschirmungen	0.011	0.000	0.000	0.000
Ausserordent. Unterhalt	0.036	0.000	0.000	0.000
Summe	0.525	0.541	0.885	1.063

Darstellung A.5: Kollektivdosisanteile in Prozent

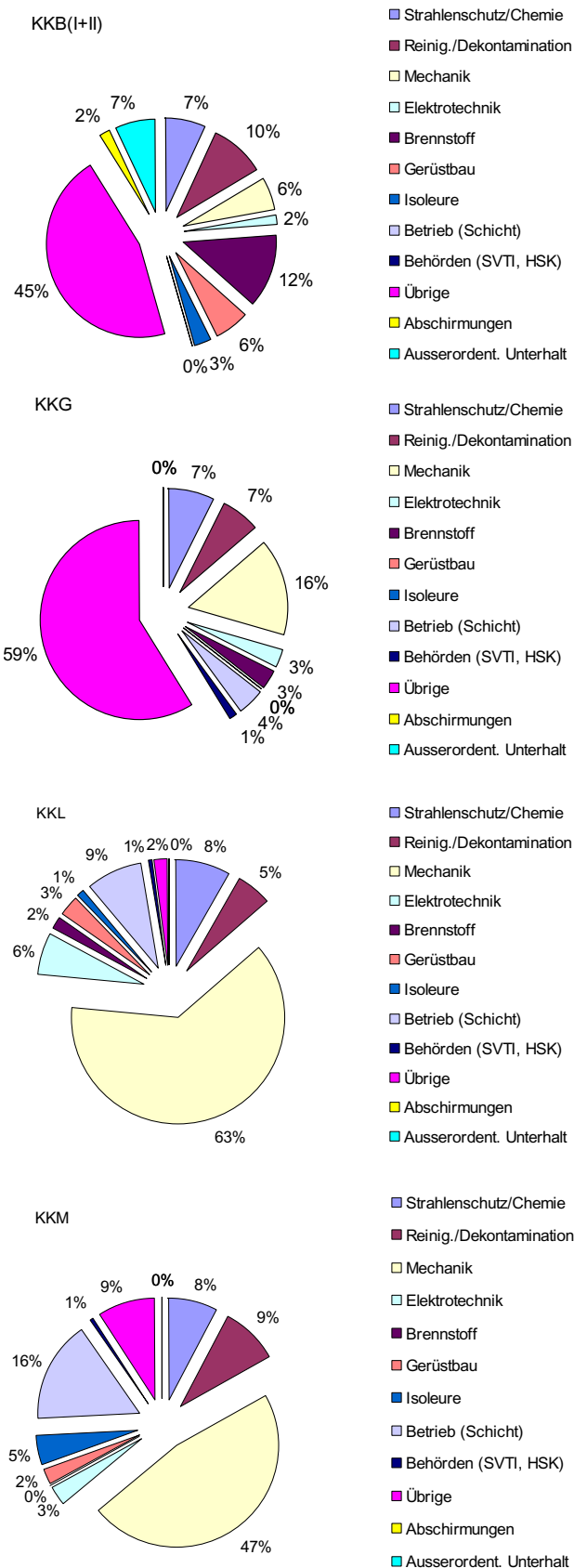


Tabelle A.26: Kollektivdosisanteile verschiedener Arbeitsbereiche im Leistungsbetrieb
(Pers.-Sv pro KKW im Berichtsjahr)

Personengruppen	KKB	KKG	KKL	KKM
Strahlenschutz/Chemie	0.000	0.023	0.026	0.037
Reinigung / Dekontamination	0.000	0.013	0.022	0.042
Mechanik	0.000	0.009	0.115	0.112
Elektrotechnik	0.000	0.002	0.018	0.010
Brennstoff	0.000	0.014	0.006	0.001
Gerüstbau	0.000	0.000	0.007	0.005
Isloeuere	0.000	0.000	0.000	0.003
Betrieb (Schicht)	0.000	0.012	0.060	0.119
Behörden (SVTI / HSK)	0.000	0.000	0.001	0.000
Übrige Personengruppen	0.095	0.023	0.014	0.026
Abschirmungen	0.000	0.000	0.000	0.000
Ausserordent. Unterhalt	0.000	0.000	0.000	0.000

Darstellung A.6: Kollektivdosisanteile im Leistungsbetrieb in Prozent

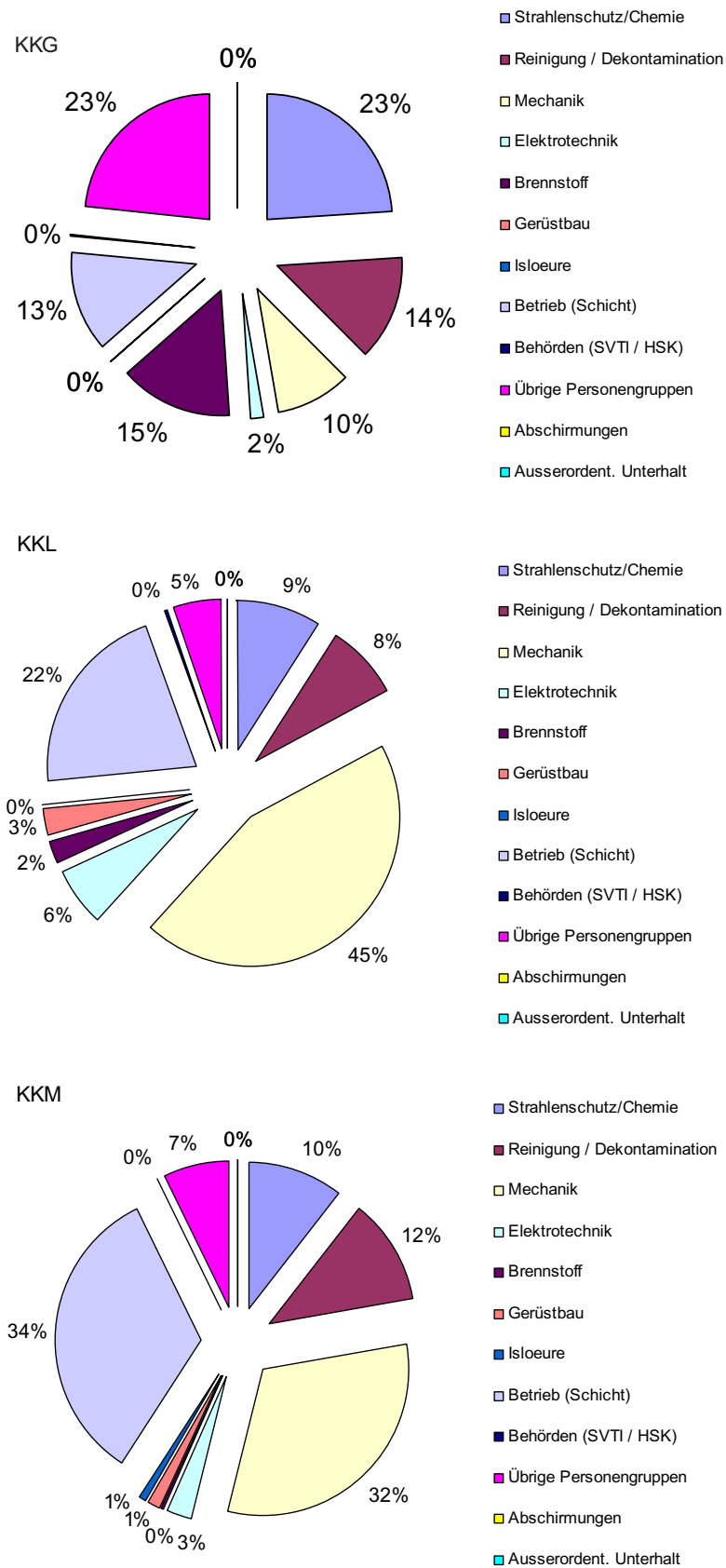
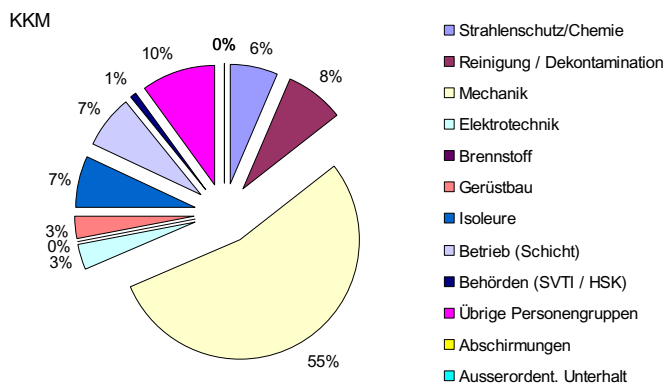
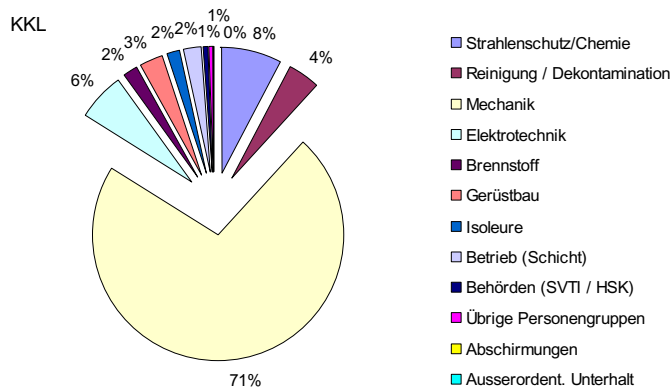
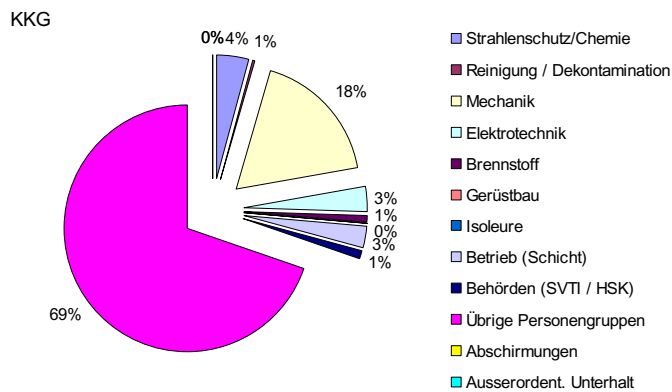
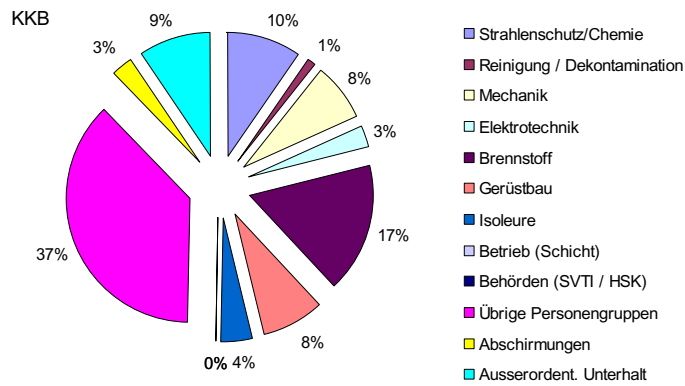


Tabelle A.27: Kollektivdosisanteile verschiedener Arbeitsbereiche; geplanter Stillstand
(Pers.-Sv pro KKW im Berichtsjahr)

Personengruppe	KKB	KKG	KKL	KKM
Strahlenschutz/Chemie	0.037	0.017	0.049	0.045
Reinigung / Dekontamination	0.050	0.023	0.025	0.057
Mechanik	0.029	0.075	0.440	0.385
Elektrotechnik	0.010	0.014	0.039	0.022
Brennstoff	0.066	0.003	0.012	0.001
Gerüstbau	0.031	0.000	0.019	0.022
Isoleure	0.016	0.000	0.010	0.048
Betrieb (Schicht)	0.000	0.012	0.016	0.053
Behörden (SVTI / HSK)	0.000	0.006	0.004	0.006
Übrige Personengruppen	0.144	0.296	0.004	0.070
Abschirmungen	0.011	0.000	0.000	0.000
Ausserordent. Unterhalt	0.036	0.000	0.000	0.000

Darstellung A.7: Kollektivdosisanteile; geplanter Stillstand



4.4 Bewertung der Strahlenexposition in den Kernanlagen der Schweiz

Der Jahresgrenzwert für die Individualdosis des beruflich strahlenexponierten Personals wurde im Jahr 2006, wie in den Vorjahren seit Inkrafttreten der Strahlenschutzverordnung 1994, im Aufsichtsbereich der HSK nicht überschritten.

Die *Kollektivdosis* in den schweizerischen Kernkraftwerken konnte in den vergangenen Jahren auf die Hälfte reduziert werden. Weiter fällt auf, dass sich die Jahreskollektivdosiswerte von Alt- (KKB; KKM) und Neuanlagen (KKG; KKL) im Laufe der Zeit immer mehr angenähert haben, wobei Nachrüstungen und ausserordentlicher Unterhalt zu berücksichtigen sind. Dabei kann festgehalten werden, dass die älteren Anlagen im Durchschnitt ihre Kollektivdosis stärker reduzieren konnten als die neueren. Wegen umfangreicher Systemänderungen in einer Jahresrevision können neuere Anlagen inzwischen eine höhere Jahreskollektivdosis aufweisen als ältere Anlagen.

Als Folge von Dosisreduktion, Verkürzung der Stillstände und Leistungserhöhungen ist der QSE, der Quotient aus Dosis pro erzeugte elektrische Energie, in der Vergangenheit stetig gefallen. Nun ist eine Stabilisierung bei etwa 0,125 Pers.-Sv pro GWh_{el} abzusehen. Die hohe Verfügbarkeit der Schweizer Kernkraftwerke im Jahr 2006 führte zu einem QSE von nur 0,109 Pers.-Sv pro GWh_{el} .

Bei der *mittleren Individualdosis* ist das gleiche Bild wie bei den Kollektivdosen 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 einzelnen Anlagen haben sich angeglichen und liegen heute im Bereich von 1 mSv pro Jahr, was dem Grenzwert der Dosis für nichtberuflich strahlenexponierte Personen nach Strahlenschutzverordnung entspricht.

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. Hier wurde ein grosser Aufwand für die Optimierung der Arbeiten und ihre Überwachung notwendig. Die Entscheidung zur Optimierung oder der Zulassung einer höheren Individualdosis bei einzelnen Spezialisten ist manchmal schwierig zu treffen. Im Fall der Totalrevision

der Hauptpumpe TH12D001 im Jahr 2006 entschloss sich das KKL, vorgängig eine chemische Dekontamination durchzuführen. Damit konnte eine erhebliche Dosisersparnis erreicht werden. Allen Kernanlagen gelang es, im Jahr 2006 Individualdosen von unter 11 mSv zu erreichen.

Aus Sicht der zuständigen Aufsichtsbehörde 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 Blei-Abschirmungen, ist vermutlich weitestgehend ausgeschöpft. Optimierungen sowie Beschleunigungen beim Auf- und Rückbau der Abschirmungen, Verfeinerungen beim Design und bei der Planung und ähnlichen Massnahmen erlauben die Effizienz dieser Mittel noch zu steigern. Signifikante Beiträge zur Dosisreduktion dürfen aber nicht mehr erwartet werden. Vielmehr werden alterungsbedingte Aufwendungen für die Werkstoffprüfung im Strahlenfeld und die damit verbundenen Expositionen des Personals zu beobachten sein.

Änderungen in der *Wasserchemie der verschiedenen Anlagen* können zu einer Dosisreduktion beitragen. In einigen ausländischen DWR-Anlagen wurden durch die Einspeisung von Zink, dessen Isotop ^{64}Zn vorher abgereichert wurde, die Dosisleistungen an Komponenten des Primärkreislaufes halbiert. Das Zink verdrängt dabei ^{60}Co aus den Korrosionsschichten. In der Schweiz wird das Verfahren vom KKG seit Ende 2004 angewendet. Erwartungsgemäss zeigte sich in der Jahresrevision 2006 eine leichte Reduzierung der Ortsdosisleistungen am Primärkreislauf. Dieser Trend sollte sich in den nächsten Jahren fortsetzen.

Im KKB 2 konnte 2006 ein Rückgang der Dosisleistung festgestellt werden, überwiegend auf der heissen Seite

der Umwälzschleife. Dies ist auf eine optimierte Abfahrschemie 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 ist besonders die Aktivität des ^{58}Co zurückgegangen, was zum Rückgang der Dosisleistung 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 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 KKM wurde im Januar und Februar 2006 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. 21 Prozent festgestellt werden. Das ^{60}Co auf den Innenflächen der Umwälzschleifen wurde durch das Platin teilweise verdrängt. Es findet eine Art Dekontamination der inneren Oberflächen statt. Da das KKM auch in den nächsten Jahren die Einspeisung von Platin durchführen möchte, sollte der Trend zu niedrigeren Dosisleistungen an den Umwälzschleifen erhalten bleiben.

Das KKL plant für die nächsten Jahre ebenfalls die Einspeisung einer Platinverbindung und Wasserstoff. Die Einspeisung von grösseren Mengen Wasserstoff in einen SWR verursacht beim Betrieb der Anlage einen signifikanten Anstieg der durch ^{16}N verursachten Dosis-

leistung in der nahen Umgebung. Durch das Vorhandensein von Platin auf den inneren Oberflächen der Primärkreislaufkomponenten kann weniger Wasserstoff zudosiert werden, sodass dieser Anstieg gering gehalten wird.

Mit der Einführung von modernen *Strahlenschutzplannungen und laufender Jobdosimetrie* wurde bereits eine bemerkenswerte Reduktion der Dosis erzielt. Durch stetige Verbesserungen und Optimierungen gilt es nun, eine Steigerung der Effektivität dieser Mittel zur Routine werden zu lassen.

In Zukunft muss durch die Einführung von Hybridzyklen mit einer stärkeren Fluktuation der Jahreskollektivdosen gerechnet werden. Im Hybridzyklus wird eine Anlage während eines Jahres betrieben und danach zu einem kurzen Stillstand abgefahren, während dem nur der Brennstoff gewechselt wird. Die Anlage läuft dann für ein weiteres Jahr, bevor sie zur Revision mit Brennstoffwechsel und umfangreicheren Wartungsarbeiten abgestellt wird. Stillstände mit eigentlichen Revisions-, Prüf- und Unterhaltsarbeiten finden also nur alle zwei Jahre statt. KKB und KKL haben dieses Betriebsregime bereits realisiert. Alle zehn Jahre findet dann eine besonders lange Revisionsabstellung zur Durchführung umfangreicher periodischer Prüfungen und Massnahmen statt. Zusammenfassend erwartet die HSK für den operativen Strahlenschutz, dass sich der sehr gute 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 ist ein Trend zu Werten im Bereich der Hälfte des Jahresgrenzwertes von 20 mSv zu beobachten.

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 2006 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 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 HSK-Zentrale übertragen und automatisch analysiert. Allfällige Abweichungen vom natürlichen Schwankungsbereich der natürlichen Strahlung werden gegebenenfalls signalisiert und automatisch dem HSK-Piketzingenieur gemeldet. Die im Berichtsjahr registrierten, nicht meteorologisch bedingten Abweichungen oder Ausfälle liessen sich mit in der Nähe der MADUK-Sonden durchgeführten Kalibrierungsarbeiten an NADAM-Sonden, mit Defekten der Sonderelektronik 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 können im Allgemeinen mit den Atomwaffentests (^{90}Sr) oder mit dem Reaktorunfall in Tschernobyl (^{137}Cs)

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 möglich. Bei den andern Nukliden zeigen die Messungen generell den aufgrund der Abgaben erwarteten Verlauf, wobei gewisse Messwerte vermutlich durch einen relativ langsamen Partikeltransport in den folgenden Monaten höher liegen. Insbesondere wird bei der in der Aare unterhalb des KKM im Monat Oktober feststellbaren, deutlichen Erhöhung der Messwerte von einer Wiederaufwirbelung früher abgelagerter Sedimente ausgegangen.

In Lebensmitteln konnte keine Erhöhung von künstlichen Radionukliden gemessen werden, die auf Abgaben der schweizerischen Kernanlagen schliessen lassen.

1.1 Emissionen aus den Kernanlagen

Die Abgaben von radioaktiven Stoffen mit der Abluft und dem Abwasser der schweizerischen Kernkraftwerke sind in den Figuren B.1a und B.1b für die letzten fünf Jahre zusammen mit den entsprechenden Jahreslimiten dargestellt. Tabelle B.1 zeigt die in den Kernkraftwerken und im Zentralen Zwischenlager Würenlingen (ZZL) gemessenen Abgabewerte sowie die unter ungünstigen Annahmen errechneten Personendosen für Erwachsene und Kleinkinder in der Umgebung der betreffenden Anlage im Jahr 2006. Die Abgaben des Paul Scherrer Instituts und die daraus in gleicher Weise be-

rechneten 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 die Kurzzeitlimiten eingehalten. Die Behörden haben die Messverfahren der Kernanlagen mit mehr als 150 Proben kontrolliert. Dabei wurden Aerosol- und Iodfilter sowie Abwasserproben stichprobenweise analysiert. Die Ergebnisse stimmen im Rahmen der Vorgaben überein und zeigen, dass die Abgabereglemente 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 ungefähr 0,003 mSv, beim KKG 0,001 mSv, beim KKL 0,004 mSv und beim KKM 0,006 mSv. Die Dosiswerte betragen somit im Jahr 2006 nur einen Bruchteil des quellenbezogenen Dosisrichtwerts von 0,3 mSv pro Jahr für Einzelpersonen der Bevölkerung in der Umgebung. Die errechneten Dosiswerte liegen wie in den Vorjahren auch im Jahr 2006 alle unter 0,01 mSv. Dosiswerte in dieser Grössenordnung gelten gemäss Artikel 5 und Artikel 6 der Strahlenschutzverordnung als gerechtfertigt und optimiert. Im internationalen Vergleich ist jedoch zu erkennen, dass die flüssigen Abgaben der älteren Anlagen der Schweiz deutlich über dem Medianwert der westeuropäischen Siede- und Druckwasserreaktoren liegen und zu den höchsten Radioaktivitätsabgaben im europäischen Vergleich zählen. Die HSK erachtet daher eine Verbesserung dieser Situation als notwendig und stellte 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 den Medianwert der europäischen Druckwasserreaktoren senken soll. Zur Erfüllung dieser Auflage hat das KKB eine Nanofiltrationsanlage installiert und im Berichtsjahr den Versuchsbetrieb weiter optimiert. Die endgültige Inbetriebnahme wird zu Beginn des Jahres 2007 erfolgen.

Die HSK berücksichtigt bei den Dosisberechnungen die ^{14}C -Abgaben, da diese seit einigen Jahren aufgrund der geringen übrigen Abgaben die Dosis dominieren. Das radioaktive Kohlenstoffisotop ^{14}C entsteht im Reaktor durch Kernreaktionen von Neutronen mit Stick-

stoff, 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 die ermittelten ^{14}C -Abgaben 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 aufgrund 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 aufgrund der Ergebnisse der neuen Kalibrierung der Messapparatur mit zwei diversitären Standards zu Beginn des Jahres 2004. Beim KKB und KKM wurden die von der HSK geforderten einjährigen Messkampagnen für ^{14}C und ^3H abgeschlossen. Alle Schweizer Kernkraftwerke führten aber 2006 die ^{14}C - und die ^3H -Messungen auf freiwilliger Basis fort. Somit konnten auch 2006 zur Ermittlung des jeweiligen Dosisbeitrags von ^{14}C die gemessenen Werte herangezogen werden.

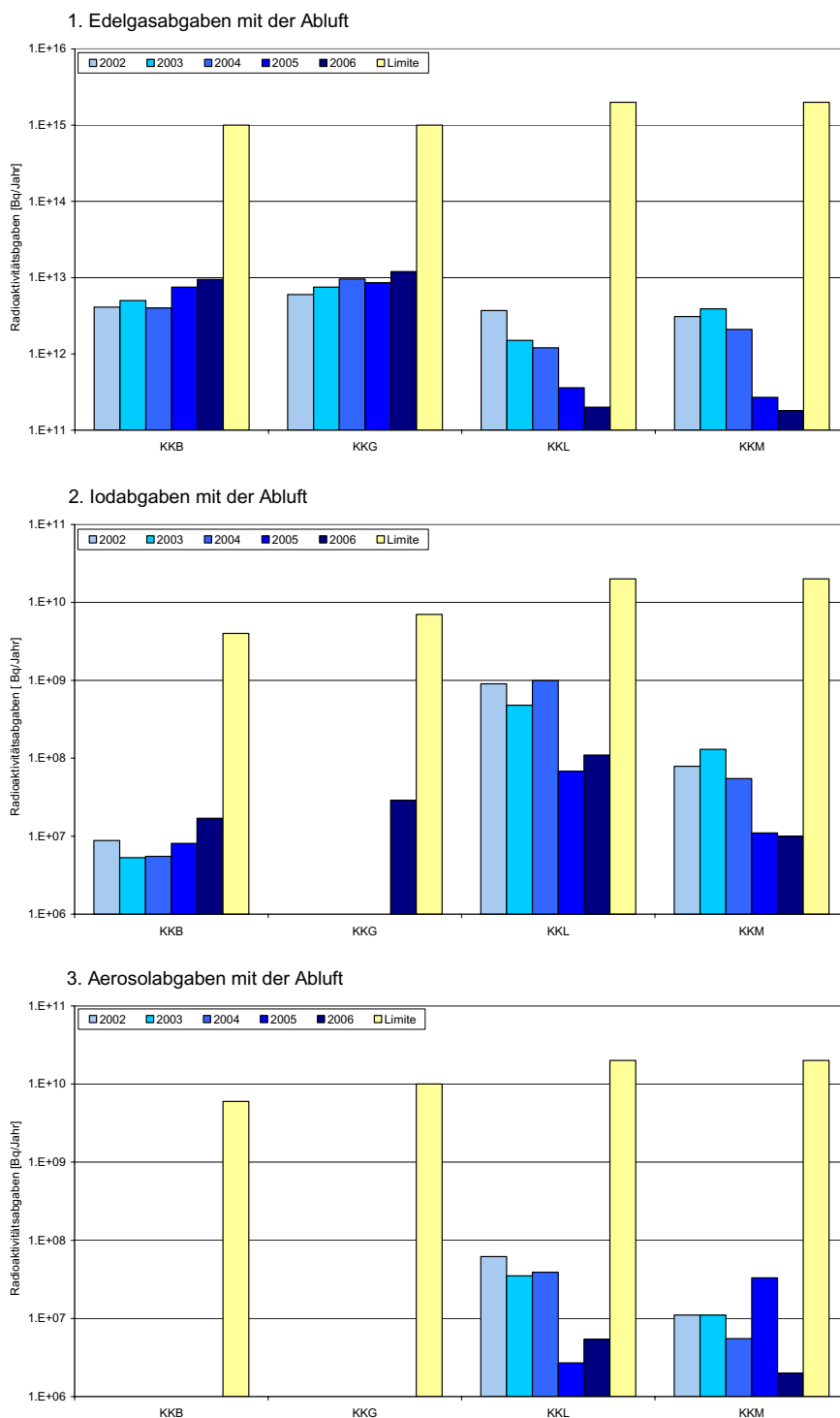
Das PSI ist aufgrund der Bewilligung für die Abgabe radioaktiver Stoffe und die Direktstrahlung verpflichtet, sowohl für die einzelnen Anlagen als auch für die Gesamtanlage des PSI die aus den Abgaben resultierende Dosis in der Umgebung zu berechnen. Beim PSI errechnet die HSK eine Jahresdosis für Einzelpersonen in der Umgebung von weniger als 0,006 mSv. Beinahe die gesamte Dosis ergibt sich im PSI durch die Abgabe von kurzlebigen radioaktiven Edelgasen aus den Teilchenbeschleunigern im West-Areal des Institutes. Die vom PSI und von der HSK unabhängig voneinander durchgeführten Berechnungen zeigen, dass selbst unter ungünstigen Annahmen die Jahresdosis für Einzelpersonen der Bevölkerung in der Umgebung deutlich unterhalb des für das PSI bewilligten Anteils am quellenbezogenen Dosisrichtwert von 0,15 mSv pro Jahr für den gemeinsamen Standort des PSI und des ZZL 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-

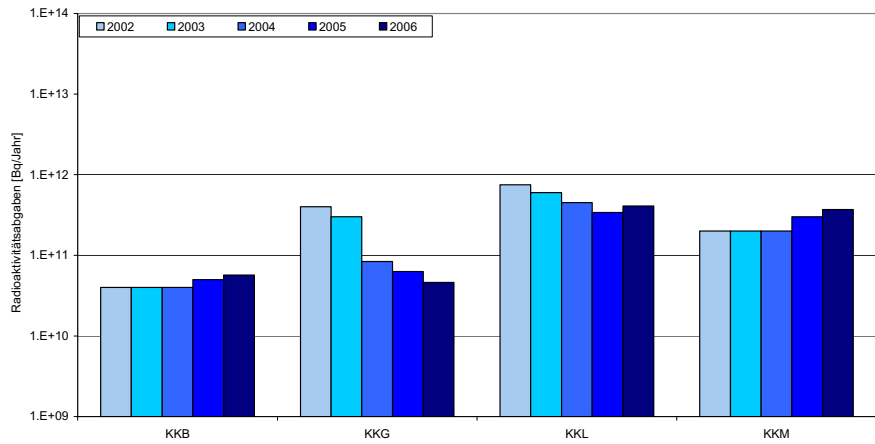
Anlage fanden zwischen Anfang März und Mitte April sowie im gesamten 4. Quartal 2006 Verbrennungskampagnen statt. Die für das Jahr 2006 bilanzierten Abgaben des ZZL sind in den Tabellen B.1 und B.3a bis B.3c

zusammengestellt. Die daraus für die Umgebungsbevölkerung resultierenden Dosiswerte lagen weit unter 0,001 mSv und waren daher unbedeutend.

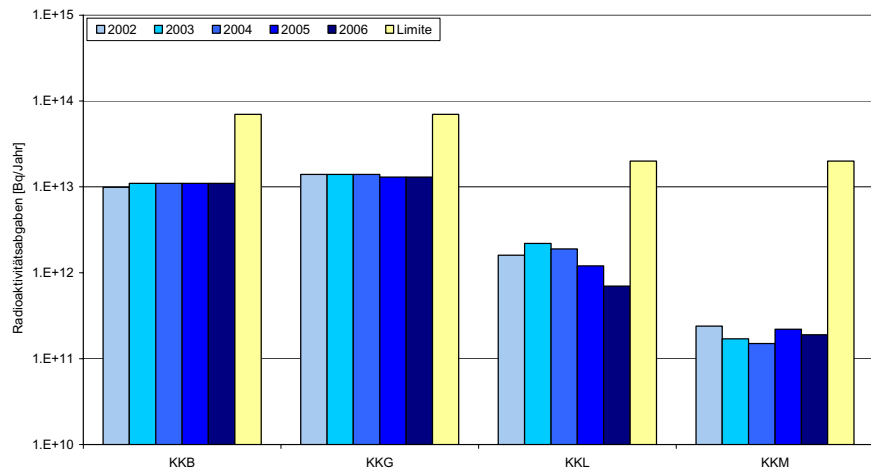
Darstellung B.1: Abgaben der schweizerischen Kernkraftwerke an die Atmosphäre in den letzten fünf Jahren (2002 bis 2006) im Vergleich mit den Jahres-Abgabelimiten



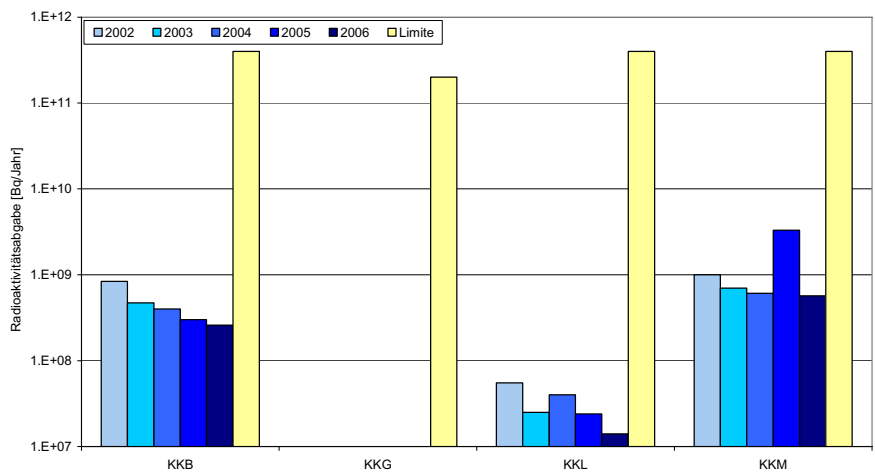
4. Abgabe von Kohlenstoff-14 mit der Abluft



5. Tritiumabgaben mit dem Abwasser



6. Aktivitätsabgabe mit dem Abwasser (ohne Tritium)



*Wenn keine Angaben aufgetragen sind: Werte liegen unterhalb der Signifikanzgrenze.

Tabelle B.1: Zusammenstellung der Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umgebung im Jahr 2006 für die Kernkraftwerke und das Zentrale Zwischenlager Würenlingen und die daraus berechnete Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung

Ort	Medium	Art der Abgaben ⁴	Lmitten ¹ Bq pro Jahr	Tatsächliche Abgaben ^{2,4}			Berechnete Jahresdosis ³	
				Aequivalentabgaben		Bq pro Jahr	Erwachsene mSv/Jahr	Kleinkind mSv/Jahr
Bq pro Jahr	Prozent der Limite	Bq pro Jahr						
KKB1 + KKB2	Abwasser 3'600 m ³	Nuklidgemisch ohne Tritium	4·10 ¹¹	-	<0.1%	4.3·10 ⁹	<0.001	<0.001
		Tritium	7·10 ¹³	1.1·10 ¹³	16%	1.1·10 ¹³	<0.001	<0.001
	Abluft	Edelgase	1·10 ¹⁵	9.5·10 ¹²	1.0%	8.6·10 ¹²	<0.001	<0.001
		Aerosole	6·10 ⁹	-	<0.1%	1.1·10 ⁵	<0.001	<0.001
		Iod: ¹³¹ I	4·10 ⁹	1.7·10 ⁷	0.4%	1.7·10 ⁷	<0.001	<0.001
Kohlenstoff: ¹⁴ C in CO ₂	-	-	-	5.7·10 ¹⁰	0.0017	0.0028		
Dosis total						0.0020	0.0032	
KKM	Abwasser 4775 m ³	Nuklidgemisch ohne Tritium	4·10 ¹¹	5.7·10 ⁸	0.1%	4.6·10 ⁹	<0.001	<0.001
		Tritium	2·10 ¹³	1.9·10 ¹¹	1.0%	1.9·10 ¹¹	<0.001	<0.001
	Abluft	Edelgase	2·10 ¹⁵	-	<0.1%	1.1·10 ¹¹	<0.001	<0.001
		Aerosole	2·10 ¹⁰	-	<0.1%	2.0·10 ⁶	0.0039	0.0034
		Iod: ¹³¹ I	2·10 ¹⁰	-	<0.1%	1.0·10 ⁷	<0.001	<0.001
Kohlenstoff: ¹⁴ C in CO ₂	-	-	-	3.7·10 ¹¹	0.0013	0.0022		
Dosis total						0.0053	0.0056	
KKG	Abwasser 7'052 m ³	Nuklidgemisch ohne Tritium	2·10 ¹¹	-	<0.1%	1.5·10 ⁷	<0.001	<0.001
		Tritium	7·10 ¹³	1.3·10 ¹³	19%	1.3·10 ¹³	<0.001	<0.001
	Abluft	Edelgase	1·10 ¹⁵	<1.2·10 ¹³	<1.2%	<1.1·10 ¹³	<0.001	<0.001
		Aerosole	1·10 ¹⁰	-	<0.1%	2.2·10 ⁵	<0.001	<0.001
		Iod: ¹³¹ I	7·10 ⁹	2.9·10 ⁷	0.4%	2.9·10 ⁷	<0.001	<0.001
Kohlenstoff: ¹⁴ C in CO ₂	-	-	-	4.6·10 ¹⁰	<0.001	<0.001		
Dosis total						<0.001	<0.001	
KKL	Abwasser 13'123 m ³	Nuklidgemisch ohne Tritium	4·10 ¹¹	-	<0.1%	7.5·10 ⁷	<0.001	<0.001
		Tritium	2·10 ¹³	7.0·10 ¹¹	3.5%	7.0·10 ¹¹	<0.001	<0.001
	Abluft	Edelgase	2·10 ¹⁵	-	<0.1%	3.5·10 ¹¹	<0.001	<0.001
		Aerosole	2·10 ¹⁰	-	<0.1%	1.0·10 ⁶	<0.001	<0.001
		Iod: ¹³¹ I	2·10 ¹⁰	1.2·10 ⁸	0.6%	1.2·10 ⁸	<0.001	<0.001
Kohlenstoff: ¹⁴ C in CO ₂	-	-	-	4.1·10 ¹¹	0.0022	0.0037		
Dosis total						0.0023	0.0038	
ZZL	Abwasser 246 m ³	Nuklidgemisch ohne Tritium	2·10 ¹¹	-	<0.1%	2.8·10 ⁸	<0.001	<0.001
		Tritium	-	-	-	8.5·10 ⁸	<0.001	<0.001
	Abluft	β-/γ-Aerosole	1·10 ⁹	-	<0.1%	2.7·10 ⁵	<0.001	<0.001
		α-Aerosole	3·10 ⁷	-	<0.1%	8.5·10 ³	<0.001	<0.001
		Kohlenstoff: ¹⁴ C in CO ₂	1·10 ¹²	-	<0.1%	8.3·10 ⁷	<0.001	<0.001
Tritium	1·10 ¹⁴	-	<0.1%	2.8·10 ⁸	<0.001	<0.001		
Dosis total						<0.001	<0.001	

Tabelle B.2:

Zusammenstellung der Angaben des Paul Scherrer Instituts im Jahr 2006 und der daraus berechneten Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung

	PSI Ost							PSI West			Gesamtanlage des PSI ^{2,4}		
	Hochkamin	Saphir, Proteus	Forschungslabor	Betriebsgebäude radioaktive Abfälle	Bundeszwischenlager	Zentrale Fortluftanlagen	Injektor II	C-Labor	Abwasser 1933 m ³	Abluft	Äquivalentabgaben		
Abgaben im Abwasser^{2,4} [Bq/a] Nuklidgemisch ohne Tritium Tritium	-	-	-	-	-	-	-	-	4.5·10 ⁷ 3.8·10 ¹⁰	-	2.2·10 ⁷	-	
Abgaben über die Abluft^{2,4} [Bq/a] Edelegase und andere Gase β/-Aerosole ⁴ , ohne Iod α-Aerosole Iod Tritium in H ₂ O Kohlenstoff: ¹⁴ C in CO ₂	2.1·10 ¹² 5.2·10 ⁷ - 2.4·10 ⁸ 4.9·10 ¹⁰ -	- - - - 4.1·10 ⁸ -	- 2.2·10 ³ - - - -	- 1.1·10 ³ - - 2.0·10 ¹⁰ -	- 2.4·10 ⁸ - - 2.2·10 ⁹ -	1.2·10 ¹⁴ 1.9·10 ¹⁰ - 1.1·10 ⁸ 1.2·10 ¹² -	9.0·10 ¹⁰ 4.0·10 ⁶ - - - -	- - - - - -	- - - - - -	1.2·10 ¹⁴ 1.9·10 ¹⁰ - 3.5·10 ⁸ 1.3·10 ¹² -	2.7·10 ¹⁴ - - - - -	-	
Jahresdosis³ [mSv/Jahr] für: Erwachsene Kleinkinder	<0.00015 <0.00015	<0.00015 <0.00015	<0.00015 <0.00015	<0.00015 <0.00015	<0.00015 <0.00015	0.0055 0.0056	<0.00015 <0.00015	<0.00015 <0.00015	<0.00015 <0.00015	<0.00015 <0.00015	<0.006 <0.006	-	
Anteil am quellenbezogenen Dosisrichtwert¹	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	3.7 %	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<4%	-	

Tabelle B.3a: Flüssige Abgaben der Kernanlagen an die Aare oder den Rhein, 2006:
Summe der bei Einzelmessungen nachgewiesenen Aktivitätsabgaben

Nuklid β/γ -Strahler	Abgaben [Bq im Jahr]					
	KKB	KKG	KKL	KKM	PSI	ZZL
³ H	1.1·10 ¹³	1.3·10 ¹³	7.0·10 ¹¹	1.9·10 ¹¹	3.8·10 ¹⁰	8.5·10 ⁸
⁷ Be					6.2·10 ⁵	
²² Na					2.8·10 ⁵	4.6·10 ⁵
²⁴ Na	1.7·10 ⁷					
³⁵ S						
⁵¹ Cr	7.6·10 ⁶			1.7·10 ⁸		1.8·10 ⁵
⁵⁴ Mn	2.1·10 ⁷		5.4·10 ⁶	1.5·10 ⁹	1.5·10 ⁵	7.7·10 ⁴
⁵⁶ Mn						
⁵⁹ Fe				4.8·10 ⁶		
⁵⁶ Co						
⁵⁷ Co	2.8·10 ⁷				2.9·10 ⁵	
⁵⁸ Co	2.8·10 ⁹		4.5·10 ⁶	2.1·10 ⁸	6.4·10 ⁵	
⁶⁰ Co	4.1·10 ⁸	2.2·10 ⁶	5.8·10 ⁷	2.5·10 ⁹	3.6·10 ⁶	2.4·10 ⁶
⁶⁵ Zn				1.2·10 ⁸	6.1·10 ⁴	
⁸⁵ Sr					9.4·10 ⁴	
⁸⁹ Sr	3.0·10 ⁷			1.8·10 ⁶		
⁹⁰ Sr/ ⁹⁰ Y	8.6·10 ⁶			9.1·10 ⁶	5.7·10 ⁶	
⁹⁵ Zr	2.3·10 ⁶					
⁹⁷ Zr						
⁹⁵ Nb	3.2·10 ⁶					
⁹⁹ Mo						
^{99m} Tc	8.6·10 ⁵					
¹⁰³ Ru	1.4·10 ⁶					
^{115m} Cd						
^{110m} Ag	2.5·10 ⁷					5.6·10 ³
¹²² Sb	2.0·10 ⁷					
¹²⁴ Sb	3.9·10 ⁸	1.0·10 ⁶		2.1·10 ⁶		4.5·10 ⁴
¹²⁵ Sb	1.3·10 ⁸					1.2·10 ⁷
^{123m} Te	1.7·10 ⁷	1.2·10 ⁷				
¹³² Te	2.5·10 ⁶	7.8·10 ⁴				
¹²⁵ I					7.1·10 ⁵	
¹²⁶ I						
¹³¹ I	2.4·10 ⁷	5.3·10 ⁴				
¹³³ I	3.3·10 ⁶					
¹³⁴ Cs	7.6·10 ⁶		1.6·10 ⁶		8.4·10 ⁵	1.1·10 ⁷
¹³⁶ Cs						
¹³⁷ Cs	3.2·10 ⁸	4.0·10 ⁴	5.4·10 ⁶	7.7·10 ⁷	2.3·10 ⁷	2.6·10 ⁸
¹³³ Ba						
¹⁴⁰ Ba						
¹⁴⁰ La	2.8·10 ⁶					
¹⁴¹ Ce	1.8·10 ⁶				7.0·10 ⁴	
¹⁴⁴ Ce						
¹⁵² Eu					1.3·10 ⁵	
¹⁵⁴ Eu					3.4·10 ⁴	
¹⁷² Lu					9.3·10 ⁴	
¹⁹² Ir						
²³⁹ Np						
α -Strahler		<9.1·10 ⁴	<2.6·10 ⁵	2.2·10 ⁵		*
²¹⁰ Po						
^{239/240} Pu	2.0·10 ⁵				1.2·10 ⁶	5.0·10 ³
²³⁸ Pu/ ²⁴¹ Am	2.9·10 ⁵				1.4·10 ⁶	7.1·10 ³
²⁴² Cm	1.4·10 ⁵					5.9·10 ²
^{243/244} Cm	6.2·10 ⁴				8.6·10 ⁴	8.2·10 ²

* 4. Quartal 2005 bis 3. Quartal 2006. Die Daten für das vierte Quartal 2006 liegen noch nicht vor.

Tabelle B.3b: Abgaben der Kernanlagen mit der Abluft, Edelgase und Iod 2006:
Summe der bei Einzelmessungen nachgewiesenen Aktivitätsabgaben

Nuklid β/γ -Strahler	Abgaben [Bq im Jahr]					
	KKB	KKG	KKL	KKM	PSI	ZZL
Gase, Edelgase						
Tritium	$5.6 \cdot 10^{11}$	$5.7 \cdot 10^{11}$	$5.3 \cdot 10^{11}$	$3.2 \cdot 10^{10}$	$1.3 \cdot 10^{12}$	$2.3 \cdot 10^8$
^{11}C					$1.9 \cdot 10^{13}$	
^{14}C (CO_2)	$5.7 \cdot 10^{10}$	$4.6 \cdot 10^{10}$	$4.1 \cdot 10^{11}$	$3.7 \cdot 10^{11}$		$8.3 \cdot 10^7$
^{13}N					$2.0 \cdot 10^{13}$	
^{15}O					$7.9 \cdot 10^{13}$	
^{18}F					$6.1 \cdot 10^{11}$	
^{24}Ne					$6.5 \cdot 10^{11}$	
^{41}Ar				$7.9 \cdot 10^9$	$5.2 \cdot 10^{12}$	
^{79}Kr					$1.4 \cdot 10^9$	
^{85}Kr					$2.1 \cdot 10^{12}$	
$^{85\text{m}}\text{Kr}$	$3.7 \cdot 10^{11}$			$4.2 \cdot 10^{10}$	$6.3 \cdot 10^8$	
^{87}Kr						
^{88}Kr				$9.1 \cdot 10^9$	$3.8 \cdot 10^8$	
^{122}Xe					$2.3 \cdot 10^6$	
^{125}Xe					$9.0 \cdot 10^8$	
^{127}Xe					$1.5 \cdot 10^{11}$	
$^{129\text{m}}\text{Xe}$					$3.1 \cdot 10^9$	
$^{131\text{m}}\text{Xe}$					$1.4 \cdot 10^9$	
^{133}Xe	$3.5 \cdot 10^{12}$		$4.0 \cdot 10^{10}$		$3.3 \cdot 10^8$	
$^{133\text{m}}\text{Xe}$					$1.0 \cdot 10^8$	
^{135}Xe	$4.1 \cdot 10^{12}$		$2.2 \cdot 10^{11}$			
$^{135\text{m}}\text{Xe}$			$8.6 \cdot 10^{10}$			
^{137}Xe						
^{138}Xe						
EG-Aequiv. ⁴⁾				$4.7 \cdot 10^{10}$		
EG: β -total		$<1.1 \cdot 10^{13}$				
Andere	$6.3 \cdot 10^{11}$					
Iod						
^{123}I					$2.4 \cdot 10^8$	
^{124}I					$1.0 \cdot 10^6$	
^{125}I					$5.2 \cdot 10^7$	
^{126}I					$3.6 \cdot 10^5$	
^{131}I	$1.7 \cdot 10^7$	$2.9 \cdot 10^7$	$1.2 \cdot 10^8$	$1.0 \cdot 10^7$	$6.0 \cdot 10^7$	
^{133}I	$5.4 \cdot 10^7$					

* 4. Quartal 2005 bis 3. Quartal 2006. Die Daten für das vierte Quartal 2006 liegen noch nicht vor.

Tabelle B.3c: Abgaben mit der Abluft der Kernanlagen, Aerosole 2006:
Summe der bei Einzelmessungen nachgewiesenen Aktivitätsabgaben

Nuklid β/γ -Aerosole	Abgaben [Bq im Jahr]					
	KKB	KKG	KKL	KKM	PSI	ZZL
⁷ Be					2.4·10 ⁸	
²² Na						
³⁸ S					2.4·10 ⁹	
³⁸ Cl						
³⁹ Cl					3.1·10 ¹⁰	
⁵¹ Cr						
⁵⁴ Mn			1.9·10 ⁵			
⁵⁷ Co						
⁵⁸ Co			1.4·10 ⁵	5.2·10 ⁴		
⁶⁰ Co		1.9·10 ⁴	3.2·10 ⁵	1.2·10 ⁶	1.8·10 ⁶	
⁶⁵ Zn				3.6·10 ⁵		
⁶⁹ Ge					6.8·10 ⁵	
⁷² As					8.3·10 ⁵	
⁷³ As					1.4·10 ⁶	
⁷⁵ Se					3.8·10 ⁴	
⁷⁷ Br					2.9·10 ⁶	
⁸² Br					8.0·10 ⁸	
⁸⁹ Sr				7.1·10 ⁴		
⁹⁰ Sr						
^{99m} Tc					2.0·10 ⁷	
⁹⁵ Zr						
⁹⁵ Nb						
^{110m} Ag						
^{123m} Te		2.0·10 ⁵				
¹²⁴ Sb						
¹²⁵ Sb						
¹³¹ I						
¹³⁴ Cs						
¹³⁷ Cs		4.1·10 ³		6.8·10 ⁴	9.1·10 ³	6.8·10 ²
¹⁴⁰ Ba			3.2·10 ⁵	7.7·10 ⁴		
¹⁴⁰ La			1.1·10 ⁶			
¹⁸¹ Re					9.7·10 ⁷	
¹⁸² Re					1.6·10 ⁸	
¹⁸³ Os					2.2·10 ⁸	
^{183m} Os					3.6·10 ⁸	
¹⁸⁵ Os					1.4·10 ⁸	
¹⁹² Au					3.4·10 ⁹	
¹⁹³ Au					1.3·10 ⁸	
¹⁹⁴ Au					6.5·10 ⁷	
¹⁹³ Hg					1.1·10 ⁶	
^{193m} Hg					3.1·10 ⁸	
¹⁹⁵ Hg					1.2·10 ¹⁰	
^{195m} Hg					1.7·10 ⁸	
^{197m} Hg					2.8·10 ⁸	
²⁰³ Hg					3.7·10 ⁸	
Nicht spezifizierte	1.1·10 ⁵					2.7·10 ⁵
α -Aerosole	2.5·10 ⁴	4.8·10 ⁴	<3.4·10 ⁴	1.4·10 ⁵	-	8.5·10 ³ *

* 4. Quartal 2005 bis 3. Quartal 2006. Die Daten für das vierte Quartal 2006 liegen noch nicht vor.

Fussnoten zu den Tabellen B.1 bis B.3

- 1 **Abgabelimite** gemäss Bewilligung der jeweiligen Kernanlage. Die Abgabelimite 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 PSI. Die Messgenauigkeit beträgt ca. $\pm 50\%$. Abgaben unterhalb 0,1% der Jahresabgabelimite werden von der HSK als nicht-relevant betrachtet.
- 3 Die **Jahresdosis** ist für Personen berechnet, die sich dauernd am kritischen Ort aufhalten, ihre gesamte Nahrung von diesem Ort beziehen und ihren gesamten Trinkwasserbedarf aus dem Fluss unterhalb der Anlage decken. Die Dosis wird mit den in der HSK-Richtlinie R-41 angegebenen Modellen und Parametern ermittelt.
Dosiswerte kleiner als 0,001 mSv – entsprechend einer Dosis, die durch natürliche externe Strahlung in 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 Äquivalent-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 dem gegenüber 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 signifikanten Mengen abgegeben werden, ist die Abgabe für die einzelnen Abgabestellen und die Gesamtanlage als Summe der Aktivität der gemessenen Iod-Nuklide angegeben. Für die Gesamtabgabe wird zudem auch ein ¹³¹Iod-Äquivalent als gewichtete Summe der Aktivität der Iod-Nuklide angegeben, wobei sich der Gewichtungsfaktor aus dem Verhältnis des Ingestionsdosisfaktors des jeweiligen Nuklides zum Ingestionsdosisfaktor von ¹³¹I ergibt. Die Ingestionsdosisfaktoren sind der StSV entnommen.

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

Kohlenstoff ¹⁴C: 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 Thermolumineszenz-Dosimetern (TLD) in der Umgebung sowie am Arealzaun überwacht. Zusätzlich dazu führt die HSK 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 von der HSK durchgeführten Messungen Dosisleistungen zwischen $0,07 \mu\text{Sv/h}$ (natürlicher Untergrund) und $0,48 \mu\text{Sv/h}$ ermittelt. Auf ein Jahr hochgerechnet würde basierend auf diesen Momentanwerten am meist exponierten Ort eine Dosiserhöhung von ca. $2,2 \text{ mSv}$ (ohne natürlichem Untergrund) resultieren. Die vom KKM ausgewerteten Thermolumineszenz-Dosimeter (TLD) am Zaun ergeben für das Berichtsjahr eine Dosiserhöhung von $0,9 \text{ mSv}$, ohne natürlichen Untergrund von ca. $0,6 \text{ mSv}$.

Am Zaun des KKL wurden bei vierteljährlichen Stichproben der HSK während des Leistungsbetriebes Ortsdosisleistungen zwischen $0,06 \mu\text{Sv/h}$ (natürlicher Untergrund) und $0,19 \mu\text{Sv/h}$ ermittelt. Dies entspricht nach Abzug des Untergrundes und unter Berücksichtigung

der Betriebszeit am meist exponierten Ort einer Dosiserhöhung von ca. $1,0 \text{ mSv}$ pro Jahr. Das KKL hat während des rund fünfmonatigen Stillstandes im Jahr 2005 die Maschinenhausfenster zubetoniert. Die Abschirmungswirkung dieser Massnahme zeigt sich bei den Messwerten der Thermolumineszenz-Dosimeter (TLD), die an mehreren Stellen am Zaun des Kraftwerksareals die Dosis messen. Beim Vergleich des Jahres 2006 zu den vier Quartalen vor dem langen Stillstand 2005 kann einerseits festgestellt werden, dass sich der Ort der höchsten Exposition verschoben hat. Andererseits beträgt die höchste, mit den TLD am Zaun ermittelte Jahresdosis (nach Abzug des natürlichen Untergrundes von $0,6 \text{ mSv}$) im Jahr 2006 nur noch $0,85 \text{ mSv}$ im Vergleich mit $1,5 \text{ mSv}$ für die Periode zwischen April 2004 und März 2005.

Im Jahr 2006 betrug der höchste, mit einem Thermolumineszenz-Dosimeter (TLD) am Zaun des Paul Scherrer Instituts (PSI) gemessene Wert von ca. $0,4 \text{ mSv}$ (ohne natürlichem Untergrund von ca. $0,6 \text{ mSv}$). Der zugehörige Messpunkt liegt bei der Aktivlagerhalle am PSI-Ost. Aufgrund der stichprobenweisen Ortsdosisleistungsmessung der HSK am Zaun des PSI ergibt sich hochgerechnet auf ein Jahr eine Ortsdosis von $1,0 \text{ mSv}$ ohne natürlichen Untergrund.

Bei KKB, KKG und beim Zentralen Zwischenlager Würenlingen (ZZL) wurde am Zaun weder mittels TLD noch bei den vierteljährlichen Stichproben der HSK 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.

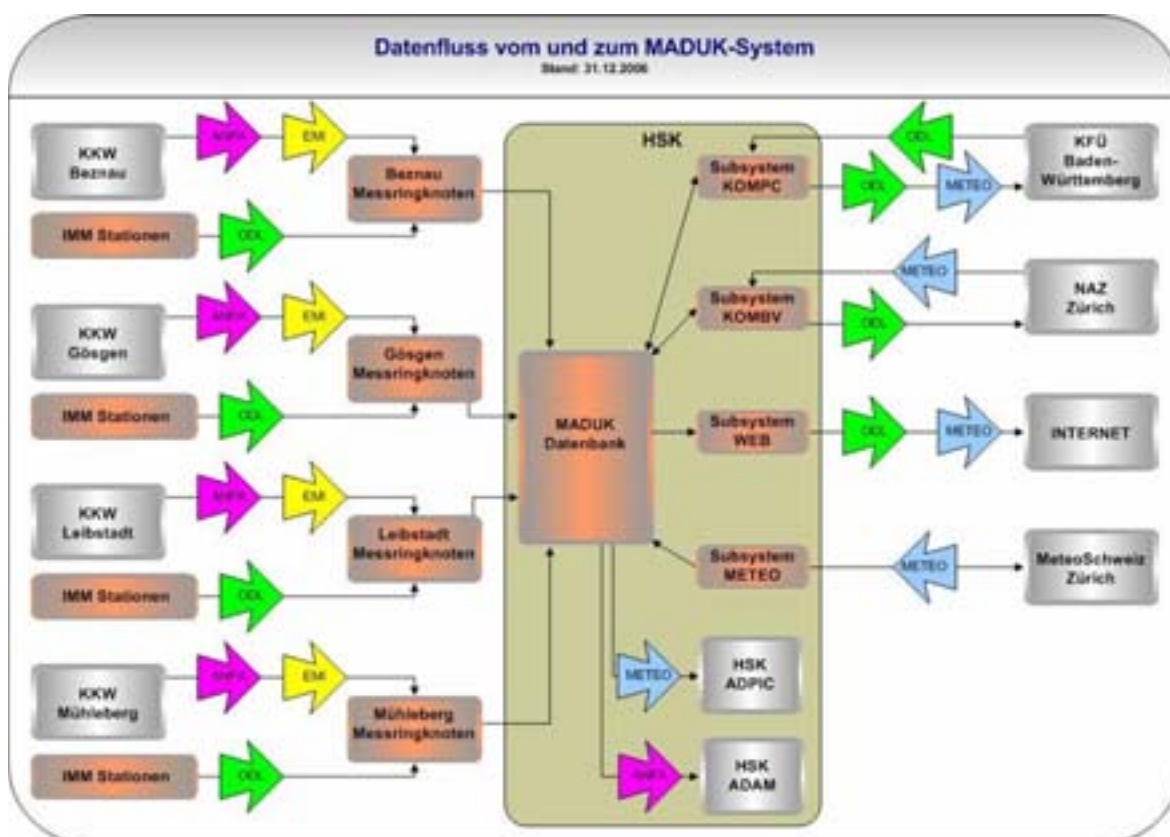
2. Messnetz zur automatischen Dosisleistungüberwachung in der Umgebung der Kernkraftwerke (MADUK)

2.1 Übersicht

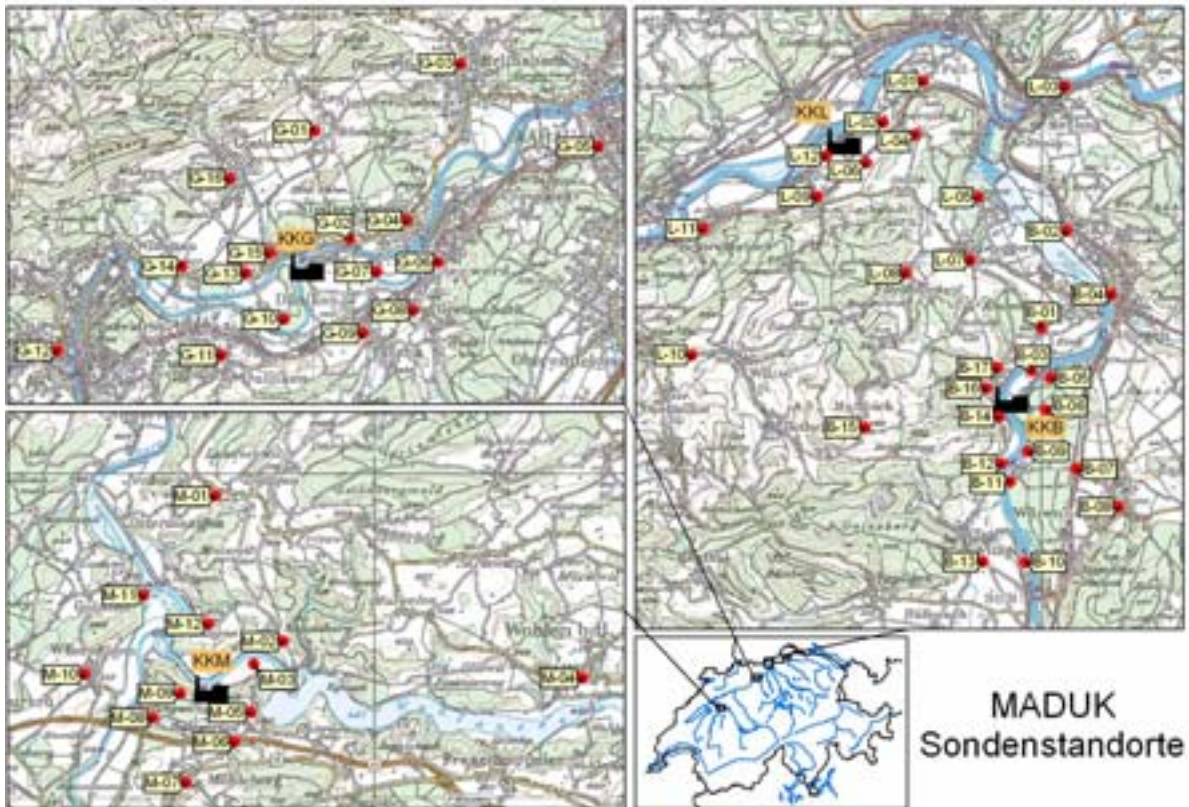
Das MADUK-System (Messnetz zur automatischen Dosisleistungüberwachung in der Umgebung der Kernkraftwerke) inklusive der Einrichtungen zur Übernahme von Anlageparametern (ANPA) und Kamin-Emissionswerten aus den Kernkraftwerken wurde im Laufe des Jahres 1993 aufgebaut und ab Frühling 1994 in den operationellen 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 Erhöhungen gegenüber den natürlichen Dosiswerten automatisch in der HSK angezeigt werden. Bei einem Stör-

fall unterstützt MADUK die HSK-Notfallorganisation bei der Bestimmung des betroffenen Gebietes und der Einschätzung der möglichen Massnahmen anhand des integrierten Ausbreitungsprogramms TIS/ADP und durch den schnellen Datenaustausch mit Behörden.

Das MADUK-Netz zur Messung der Dosisleistungen besteht aus insgesamt 57 Immissionsmessstationen in der Umgebung der vier Kernkraftwerke. Die Geiger-Müller-Zählrohre in den Sonden ermitteln die Gamma-Dosisleistung im Messbereich von 10 nSv/h (Niederdosiszählrohr/e) bis 10 Sv/h (Hochdosiszählrohr). Zur Übernahme der Kamin-Emissionswerte der Kernkraftwerke und deren ANPA- Daten (die wichtigsten Anlagenparameter der Primär- sowie Sekundäranlage) und zur Datenzwischenspeicherung vor Ort werden so genannte Frontendrechner innerhalb der Kernkraftwerke Beznau, Leib-



Darstellung B.2: Schematische Darstellung aller Datenflüsse zum und vom MADUK-System. Die Ortsdosisleistung (ODL)-, Meteo- und Emissionsdaten (EMI) verkehren im 10-Minuten-Takt, die ANPA-Daten mit einem 2-Minuten-Rhythmus.



Darstellung B.3: Die vier MADUK-Messringe mit den Bezeichnungen der Messstationen. Kartendaten PK100 © (DV316.2) Swisstopo

stadt und Mühleberg sowie in Olten für das Werk Gösens eingesetzt. Alle diese Daten werden auf dem Weg zur MADUK-Zentrale über die Messringknoten geleitet. Neben den notwendigen Netzwerkeinrichtungen befinden sich in der MADUK-Zentrale der HSK ein UNIX Servercluster für das Verarbeiten und Archivieren von Daten, ein Alarmierungssystem und ein Backupsystem. Des Weiteren sorgen verschiedene Subsysteme für den Datenaustausch mit den externen Partnern: Nationale Alarmzentrale (NAZ) in Zürich, Kernreaktorfernüberwachung Baden-Württemberg sowie MeteoSchweiz in Zürich. Die Subsysteme beliefern auch die Systeme ADAM und ADPIC in der HSK (siehe Darstellung B.2). Die Darstellung B.3 zeigt die Standorte der Messsonden in der Umgebung der Kernkraftwerke.

Die Daten von MADUK können mittels einer speziellen Software auf bestimmten Windows-Arbeitsplatzrechnern in der HSK, in den Kernkraftwerken und bei der SuER (Sektion Überwachung Radioaktivität des Bundesamts für Gesundheit) visualisiert werden. Auf der Internetseite www.hsk.ch unter der Rubrik Messen/Messwerte Radioaktivität sind die Stunden- und Tagemittelwerte aller MADUK-Stationen abrufbar.

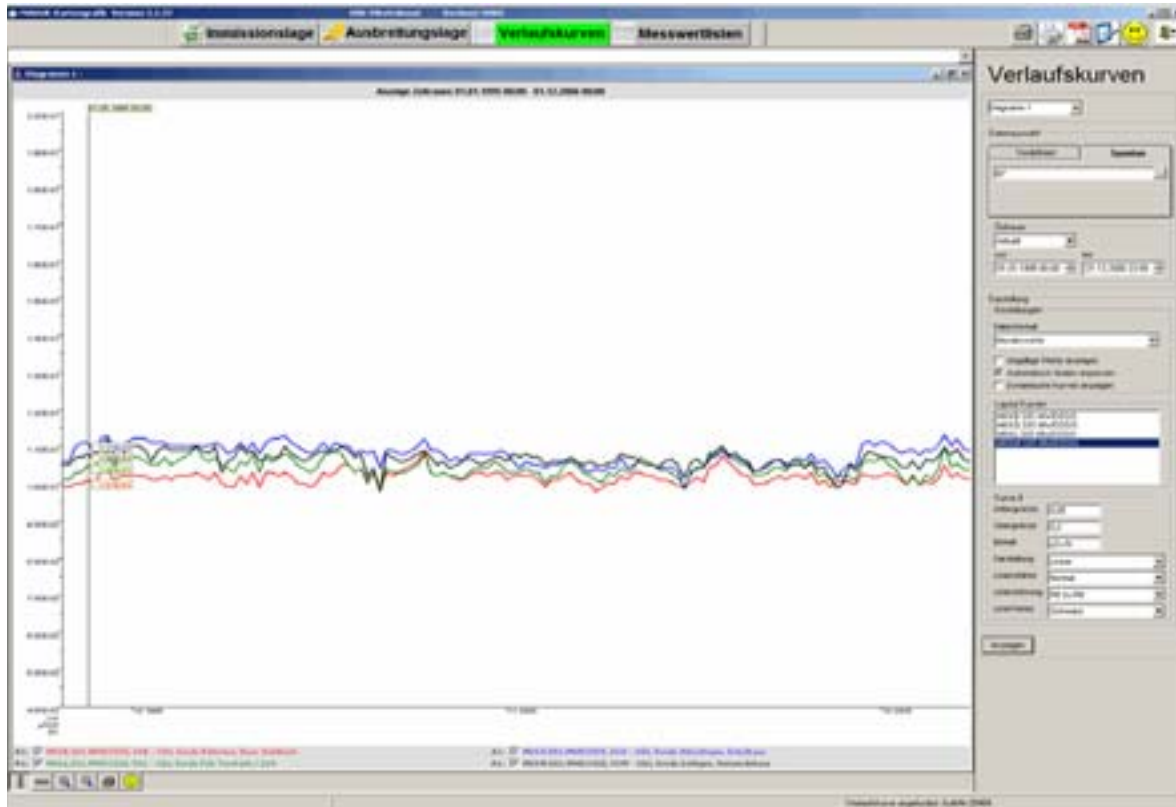
2.2 Systeminstandhaltung

In den Jahren 1999 – 2001 musste das MADUK-System erstmals an den aktuellen technischen Stand angepasst werden. Weitere Erneuerungen und Ertüchtigungen werden nun seit 2002 jährlich umgesetzt.

Im Jahr 2006 wurde der 12-jährige Kommunikationsschrank durch ein dem Stand der Technik entsprechendes Modell ersetzt. Die alten Rack-Modems wurden durch eine 19-Zoll-Modem-Baugruppe ausgetauscht. Die SIMATIC-Alarmierungshardware wurde ausser Betrieb genommen. Die Alarmierung erfolgt neu ausschliesslich mittels WinPageX-Software.

Die seit der Inbetriebnahme des MADUK-Systems (1994/1995) erhobenen Immissionsmesswerte wurden von den alten Backup-Medien (Kassetten, Optical Disks usw.) in die aktuelle Datenbank transferiert. Jetzt ist es deshalb möglich, auch die gemessenen Originaldaten der früheren Jahre mittels der MADUK-Bedienoberfläche zu visualisieren. Zudem wurden die neuen im Jahr 2005 entwickelten GIS-basierten Kartengrafiken mit Modulen für die Darstellung von Verlaufskurven und Messwertlisten erweitert (siehe Darstellung B.4).

Das Kommunikationskonzept innerhalb des MADUK-



Darstellung B.4: Die neuen Verlaufskurven der MADUK-Software zeigen anhand des Beispiels von einer Sonde für jeden Messring die Monatsmittelwerte über die Messperiode vom Januar 1995 bis zum Dezember 2006.

Systems wurde unter der Zielsetzung von garantierten maximalen Ausfallzeiten und optimiertem Betrieb mittels einer besseren Störungsidentifizierung grundlegend neu überdacht. In Anlehnung an dieses neue Konzept wurde der Auftrag erteilt, einen Prototyp eines neuen, auf LINUX basierten Messwertsenders zu erstellen. Der Messwertsender agiert als vermittelnder Teil zwischen der Sonde und der MADUK-Zentrale. Gegenüber dem heutigen x25-Datenaustausch über Telefon-Mietleitungen soll der auf Basis neuer Technologie entwickelte Messwertsender die Kommunikation auf TCP/IP-Basis via eine DSL-Anbindung ermöglichen.

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 Nutzungsein-

schränkungen des Systems geführt haben, werden als Ausfallzeit in Stunden erfasst. Im Berichtsjahr lag die Systemverfügbarkeit bei rund 99 %. Der Betrieb betreffs ANPA- und EMI-Daten wurde in der ersten Woche September geändert. Statt einer Zuschaltung der Daten nur in bestimmten Fällen und/oder auf Verlangen des HSK-Pikett wurde eine permanente Zuschaltung zwischen der HSK und den Werken vereinbart. Diese permanente Zuschaltung soll für drei Jahre in einer Testphase verfolgt werden. Die Verfügbarkeit der ANPA- und EMI-Daten ist ebenfalls in der Systemverfügbarkeit von 99 % eingerechnet.

Über die wichtigen Systemstörungen und Betriebsvorkommnisse wird im Folgenden kurz berichtet. Im Bereich allgemeine Hardware haben die USV-Anlagen in den Messringknoten vermehrt Probleme verursacht. Im Messringknoten Gösigen und Beznau zeigten die Gleichrichter resp. der Wechselrichter Störungen an, die, wie bei der Reparatur festzustellen war, auf eine Alterung der Komponente hindeuten. Ein Ausfall des ganzen Messrings Gösigen im Juli war auf ein defektes Netzteil beim Portserver zurückzuführen. Dieser Ausfall deutete zusammen mit einem ähnlichen Ausfall im Messring Beznau auf eine Alterungserscheinung der

Netzteile hin. Deshalb wurden als präventive Massnahme die zwei gleichen Netzteile in den Messringen Leibstadt und Mühleberg ebenfalls ausgetauscht. Störungen bei den Telefon-Mietleitungen haben bei den IMM-Stationen 4, 9, 10 und 11 bei Mühleberg Datenausfälle von mehreren Stunden produziert. Zudem sind Ausfälle der Dauer einiger Stunden bei den IMM-Stationen 4 und 7 bei Beznau, 11 bei Gösgen, 5 bei Leibstadt sowie 10 bei Mühleberg Defekten in der Sonden-Hardware oder gestörten Modems zuzuschreiben. Arbeiten durch Dritte an einigen Standorten haben kurze Unterbrechungen der Datenlieferung aus den IMM-Stationen 12 bei Beznau, 3 bei Gösgen und 1 bei Mühleberg verursacht. Im Bereich zentrale Software gab es drei Datenbankabstürze, die, auch wenn von kurzer Dauer, den korrekten Betrieb störten. Die Ursachen dieser Schwierigkeiten lagen in bekannten Bugs der INGRES-Datenbank, gegen die aus Mangel an technischen Lösungen teilweise organisatorische Massnahmen eingeleitet werden konnten. Solche wurden ebenfalls für den Fall ergriffen, dass die Kapazität eines Filesystems erschöpft ist und so das MADUK-System lahm gelegt wird. Der geplante Umbau des MADUK-Kommunikationsschranke führte zu einem gesamten Systemausfall von ca. drei Stunden. In diesem Zusammenhang wurden auch verschiedene kleinere Software- und Hardware-Fehler schnell behoben. Bei allen im zentralen System verursachten Störungen konnten die Daten später lückenlos erfasst werden.

2.4 Qualitätssicherung

Die Aufgaben im Bereich der Qualitätssicherung basieren auf dem Qualitätsmanagementsystem der HSK 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 Eidgenössische Kommission für Strahlenschutz und Überwachung der Radioaktivität vom 24. November 2004 werden die neu in Einsatz kommenden MADUK-Sonden geeicht. Die Eichung hat eine dreijährige Gültigkeit. Das Messverhalten der Sonden zwischen den Eichungen wird mittels der halbjährlichen

Genauigkeitstests verfolgt. Bei den Genauigkeitstests werden mit Hilfe einer Prüfquelle die Resultate des Niederdosis- und des Hochdosis-Zählrohres überprüft. Mit einer 460 kBq ^{137}Cs -Quelle werden erhöhte Werte bei jeder Sonde während ca. einer Stunde produziert und in einer späteren Analyse mit Referenzwerten verglichen. Gleichzeitig wird diese Sondenfunktionskontrolle auch für die Überprüfung der Datenübermittlung, der korrekten Archivierung im MADUK-Datenarchiv sowie der Alarmauslösung gemäss den festgelegten Schwellwerten benutzt. Im Jahr 2006 ergaben die zwei durchgeführten Funktionskontrollen, dass alle Messsonden die technischen Spezifikationen und Vorgaben des Sondenherstellers erfüllen. Die Archivierung und Alarmierung funktionierten ebenfalls einwandfrei.

Als weitere qualitätssichernde Massnahme werden in-situ-Messungen mittels Gammaskopmetrie im Feld durchgeführt. Mit Hilfe eines Germanium-Detektors wird die emittierte Gammastrahlung von natürlichen und künstlichen Nukliden gemessen, welche in einem gewissen Radius um den Detektor auf und im Boden abgelagert wurden oder im Boden natürlicherweise vorkommen. Der Abstand Detektor – Boden beträgt 1 m. Gemäss Planung wird pro Jahr abwechselungsweise in der Umgebung zweier Kernkraftwerke gemessen. Im September 2006 wurde eine Messkampagne mit 27 in-situ-Messungen an den MADUK-Stationen bei Beznau und Mühleberg durchgeführt. Dabei gab es 7 Messergebnisse, die ausserhalb des entsprechenden Toleranzbereiches lagen und vertieft analysiert wurden. Bei den Standorten der Stationen 15, 16 und 17 des Messrings Beznau und 10 des Messrings Mühleberg lag das Verhältnis des aktuellen Messwerts zum aktuellen Bezugswert von 1993 unterhalb der festgelegten Bandbreiten für ^{137}Cs . Die Cäsium-Aktivität hat an diesen Standorten stärker abgenommen als erwartet. Weil sich ^{137}Cs in immer tiefere Erdschichten verlagert, nimmt entsprechend die gemessene Aktivität ab. Aus diesem Grund wird bei der nächsten Messkampagne der Bezugswert vom Jahr 1993 auf den von 2004 geändert. Bei natürlich vorkommenden Radionukliden wurden folgende, nicht schlüssig erklärbare Abweichungen festgestellt: Beim Standort der Station 10 des Messrings Mühleberg lag das Verhältnis Messwert zu Bezugswert unterhalb der festgelegten Bandbreiten für ^{232}Th . Bei den Standorten der Stationen 11 und 5 des Messrings Beznau lag das Verhältnis Messwert zu Bezugswert oberhalb resp. unterhalb der festgelegten Bandbreiten für ^{238}U .

2.5 Messergebnisse

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

Im Rahmen der jährlichen Überprüfungskampagne bei den NADAM-Sonden wurden bei den Meteotürmen und beim Personalrestaurant des PSI durch die dort positionierten MADUK-Stationen jeweils für eine halbe Stunde erhöhte Werte registriert:

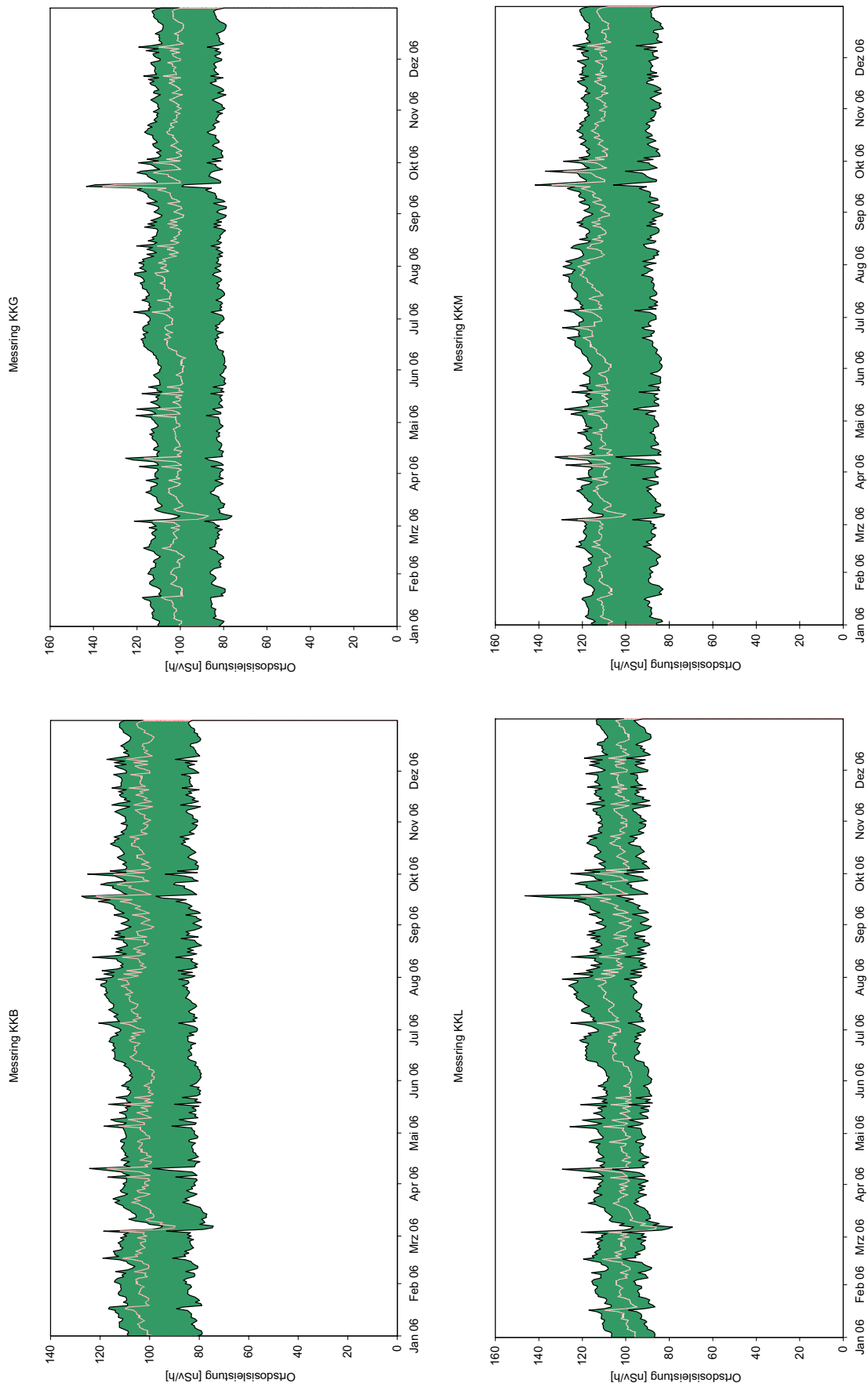
- bei der IMM-Station 11 des Messrings Beznau betrug der Maximalwert 3607 nSv/h,
- bei der IMM-Station 7 des Messrings Gösgen 1276 nSv/h,
- bei der IMM-Station 6 des Messrings Leibstadt 481 nSv/h,
- bei der IMM-Station 3 des Messrings Mühleberg 305 nSv/h.

Am 5. Mai 2006 um 14.10 Uhr wurde eine 1-stündige Überschreitung des auf 50 nSv/h gesetzten Schwellwertes für die Nettodosisleistung bei der Messstation L-10 (Wil, Pumpwerk Chilchmatt) aufgezeichnet (maximale Nettodosisleistung = 88 nSv/h). Am Anfang der Erhöhung (d.h. in der ersten halbe Stunde) befand sich die Sonde im meteorologisch plausiblen Ausbreitungsfeld des KKW Leibstadt. Der HSK-PI wurde dementsprechend automatisch alarmiert und konnte vom KKL-PI erfahren, dass keine erhöhte Abgaben zu verzeichnen seien. In der entsprechenden Zeitperiode zeigten die Regenmesser bei den Meteomasten von KKL, KKB und PSI schwachen Niederschlag (bis zu 1 mm in 10 Minuten). Der Signalverlauf der Sonde L-10 war typisch für einen hohen lokalen Washout-Effekt. In den Tagen 17. und 18. September wurden Ortsdosisleistungswerte bis 236 nSv/h gemessen und mehrere Überschreitungen des Nettodosisleistungsschwellwertes von 50 nSv/h registriert. In dieser Zeit von relativ schwachem Regen (bis zu 1.4 mm in 10 Minuten) haben praktisch alle Son-

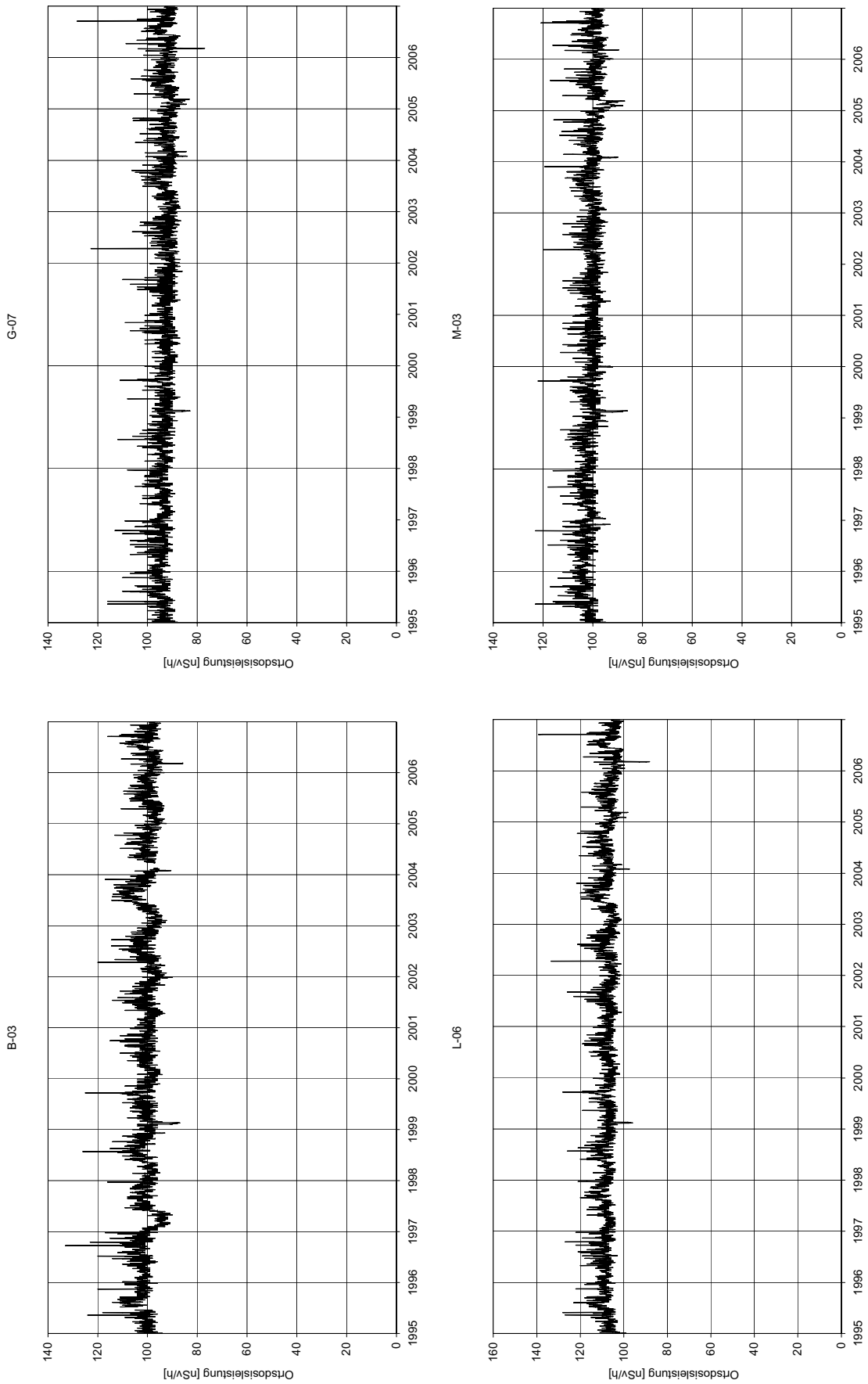
den in den vier Messringen Erhöhungen in den gemessenen Ortsdosisleistungen gezeigt. Am 17. September war bei der Messstation B-04 (Döttingen, Altersheim ZSA) eine 1-stündige Überschreitung des auf 50 nSv/h gesetzten Schwellwertes für die Nettodosisleistung mit einem Maximum von 71 nSv/h, bei der Messstation G-01 (Stüsslingen, Schulhaus) eine 20-minütige Überschreitung mit maximalem Wert von 56 nSv/h und bei der Messstation L-10 (Wil, Pumpwerk Chilchmatt) eine 30-minütige Überschreitung mit maximalem Wert von 62 nSv/h zu verzeichnen. Am nächsten Tag lagen die Werte der Messstation L-10 erneut für zweieinhalb Stunden über dem 50 nSv/h-Schwellwert (maximaler Wert 60 nSv/h). In den entsprechenden Zeitperioden befanden sich die Sonden mit erhöhten Werten in keinem vom Wind überstrichenen Gebiet. Das schnelle Abklingen der Messwerte deutet auf sehr kurzlebige Radioisotope hin, die z.B. auch in der Zerfallsreihe des natürlich vorkommenden Radon zu finden sind. Dies lässt vermuten, dass die Erhöhungen durch Regen (Washout) und natürliche Radioisotope in der Atmosphäre erfolgten. Die erwähnten Dosisleistungsmesswerte sind radiologisch unbedeutend.

Die Darstellung B.5 zeigt die Maxima, die Minima und die Mediane der Tagesmittelwerte in den Umgebungen der Kernkraftwerke für das Berichtsjahr. Die Werte liegen im normalen Schwankungsbereich. Zu erkennen ist z.B., wie Anfang März die Schneedecke die gemessenen Ortsdosisleistungen in allen Messringen reduzierte. Ein mehrjähriger Zeitverlauf der Tagesmittelwerte bei ausgewählten Sonden ist in Darstellung B.6 dargestellt. Aus den Darstellungen B.7 bis B.10 sind die Verteilung von Windrichtung und Geschwindigkeit für jeden Kernkraftwerkstandort ersichtlich. Windstillen (Windgeschwindigkeit < 0.5 m/s), die am Standort Beznau 11.1%, am Standort Gösgen 11.3%, am Standort Leibstadt 8.9% und am Standort Mühleberg (auf der Anhöhe Stockeren) 6.5% der Messungen ausmachen, werden nicht dargestellt.

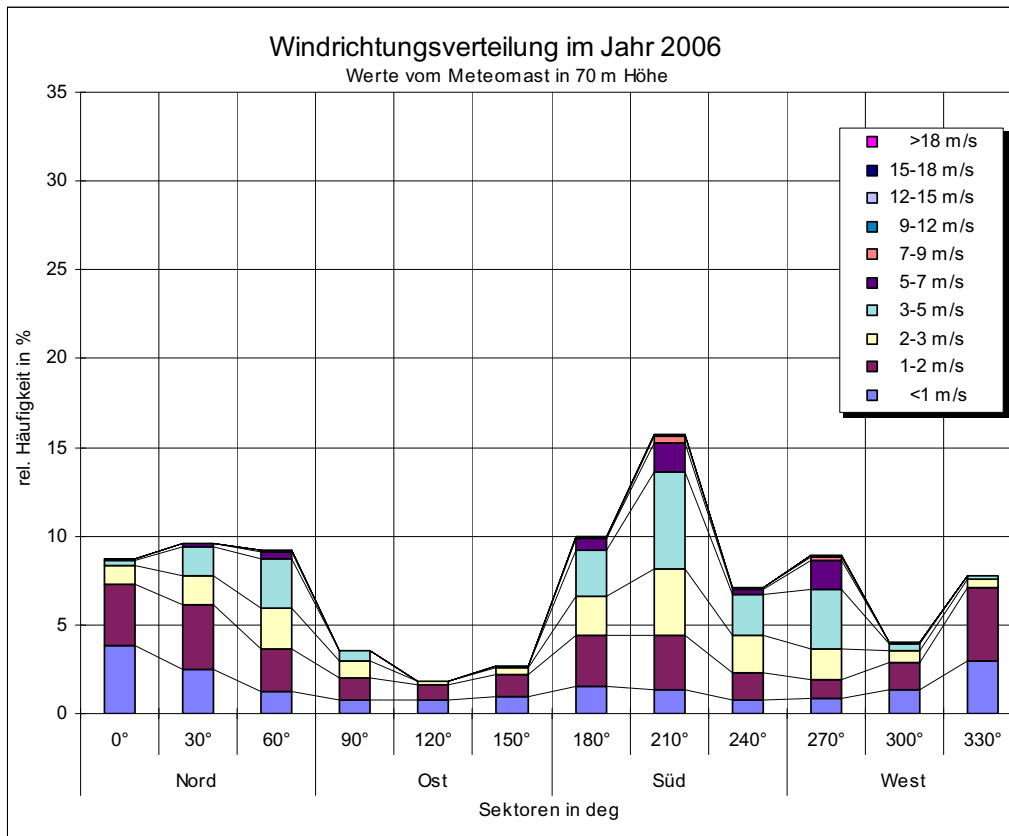
Darstellung B.5: Wertebereiche aus Tagesmittelwerten für die Messringe KKB, KKG, KKL, KKM



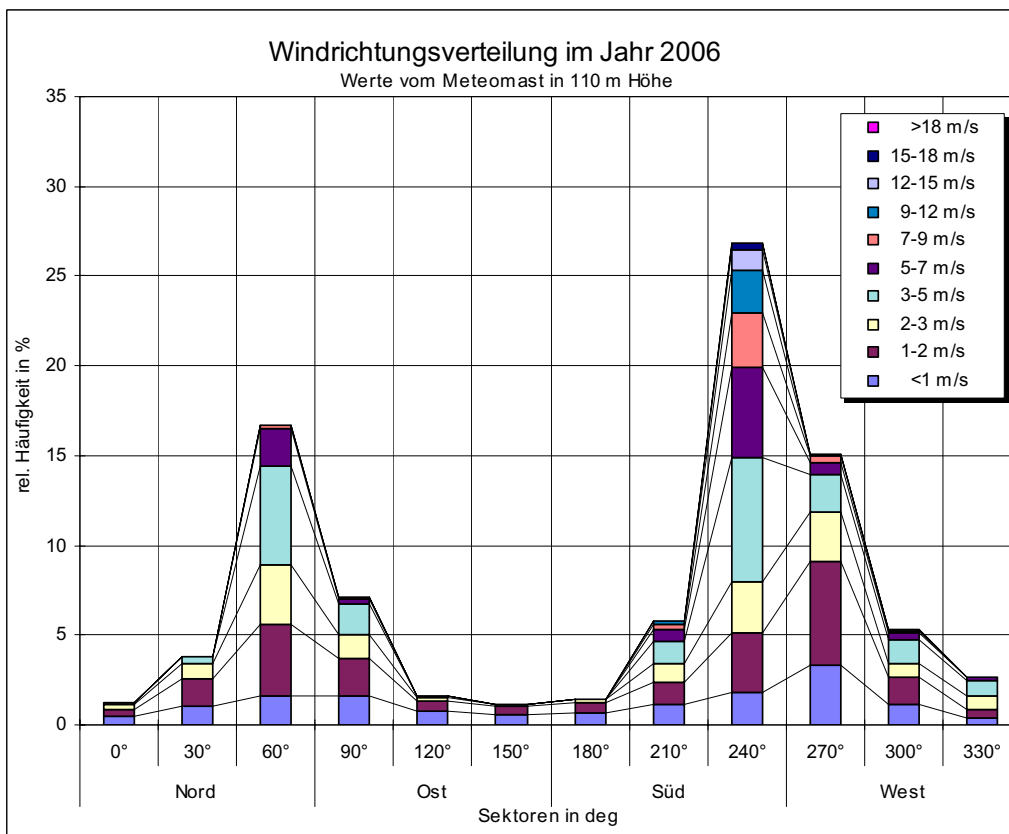
Darstellung B.6: Tagesmittelwerte für ausgewählte Sonden (an den Meteotürmen) für die Jahre 1995 – 2006



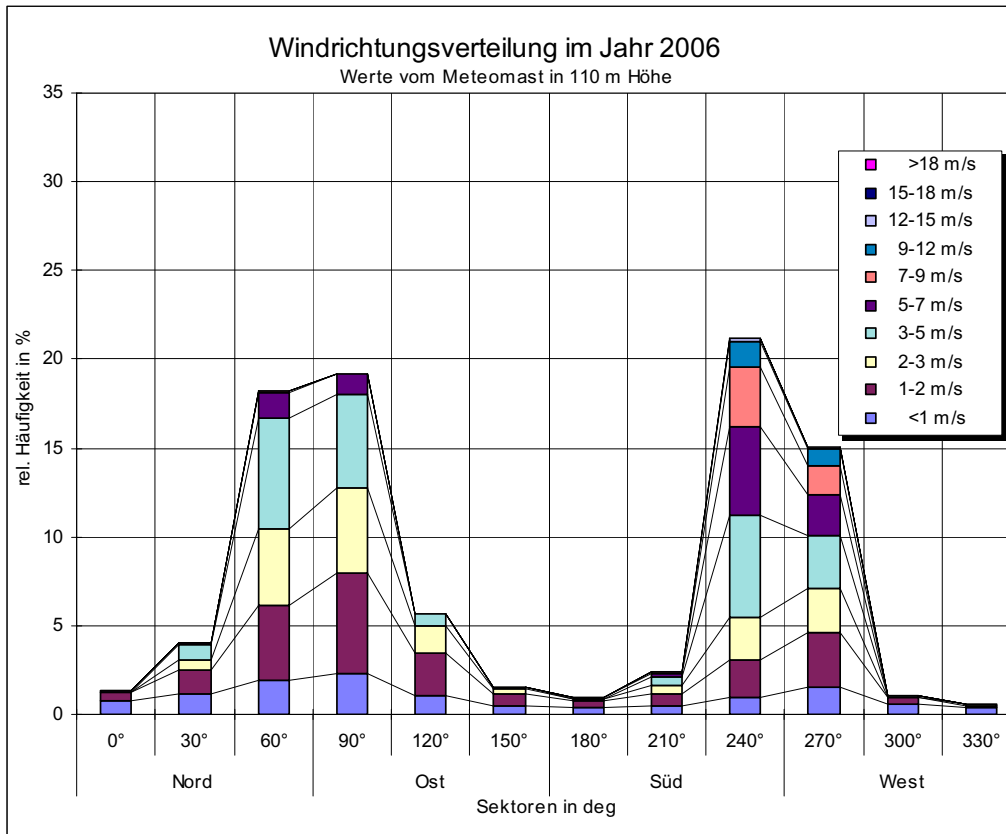
Darstellung B.7: Windverteilung am Standort Beznau



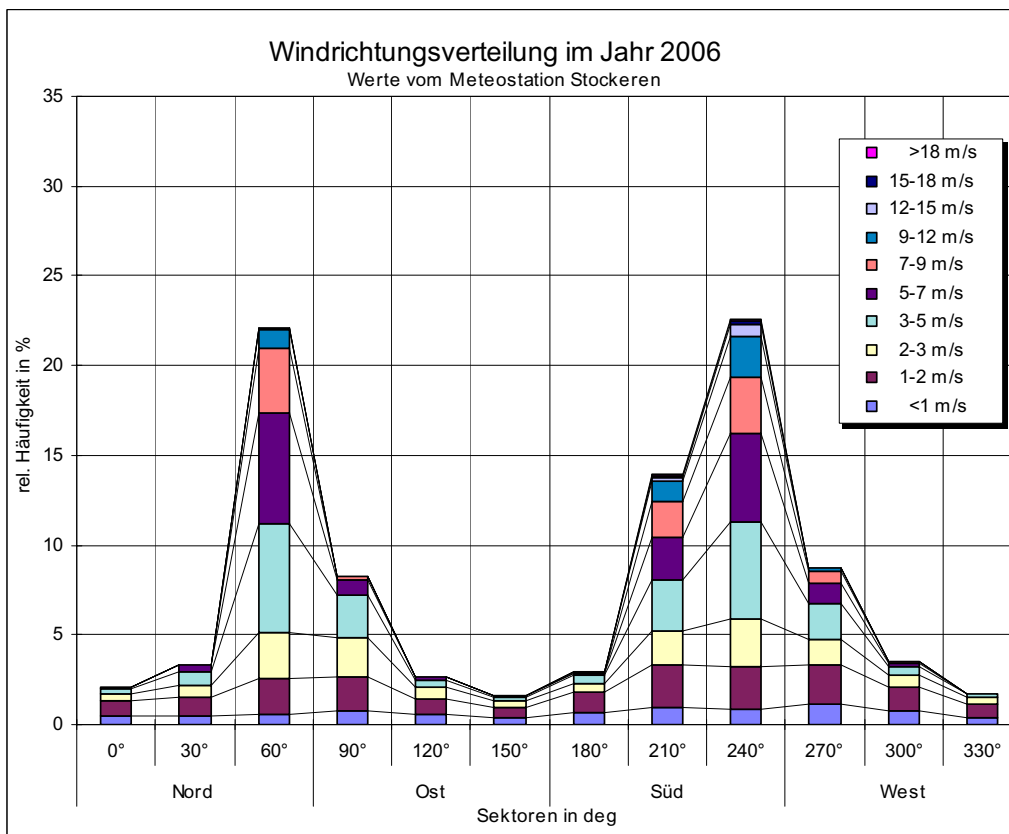
Darstellung B.8: Windverteilung am Standort Gösgen



Darstellung B.9: Windverteilung am Standort Leibstadt



Darstellung B.10: Windverteilung am Standort Mühleberg



3. Atmosphärische Ausbreitung

3.1 Kompetenzzentrum Ausbreitung

Die HSK führt im Rahmen ihrer gesetzlichen Aufgaben Berechnungen zur Ausbreitung von Radioaktivität in der Umgebung der Kernanlagen durch. Es handelt sich dabei um

- Berechnungen für die Auslegung
- Berechnungen für den Normalbetrieb
- Berechnungen im Ereignisfall

Gemäss der Strategieplanung der HSK zur Überarbeitung des Regelwerks wurde die HSK-Richtlinie G14 «Berechnung der Strahlenexposition in der Umgebung aufgrund von Emissionen radioaktiver Stoffe aus Kernanlagen» nach der Überarbeitung für die interne Vernehmlassung bereitgestellt.

3.2 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) [1] geregelt. Insbesondere ist die HSK bei einer störfallbedingten Freisetzung von radioaktiven Stoffen aus einer schweizerischen Kernanlage für die zeitgerechte Beurteilung der akuten radiologischen Gefährdung der Bevölkerung in der näheren Umgebung (Zonen 1 und 2) verantwortlich.

Die Aufgaben der HSK betreffend die Erstellung von Modellrechnungen im Ereignisfall sind in der VEOR Art. 18 geregelt. Danach ist die HSK unter anderem 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 zuständig. Die HSK berät zudem die NAZ über die Anordnung von Schutzmassnahmen für die Bevölkerung.

Die Eidgenössische Kommission für ABC-Schutz (Kom ABC), als verantwortliche Stelle für die Vorbereitungen auf einen Einsatzfall, hat in ihrem Konzept hinsichtlich atmosphärische Ausbreitungsrechnungen bei Unfällen in Kernanlagen [2] die heute vorhandenen Mittel beurteilt und die Anforderungen an die Resultate der Berechnungen sowie die Verfügbarkeit und den Einsatz

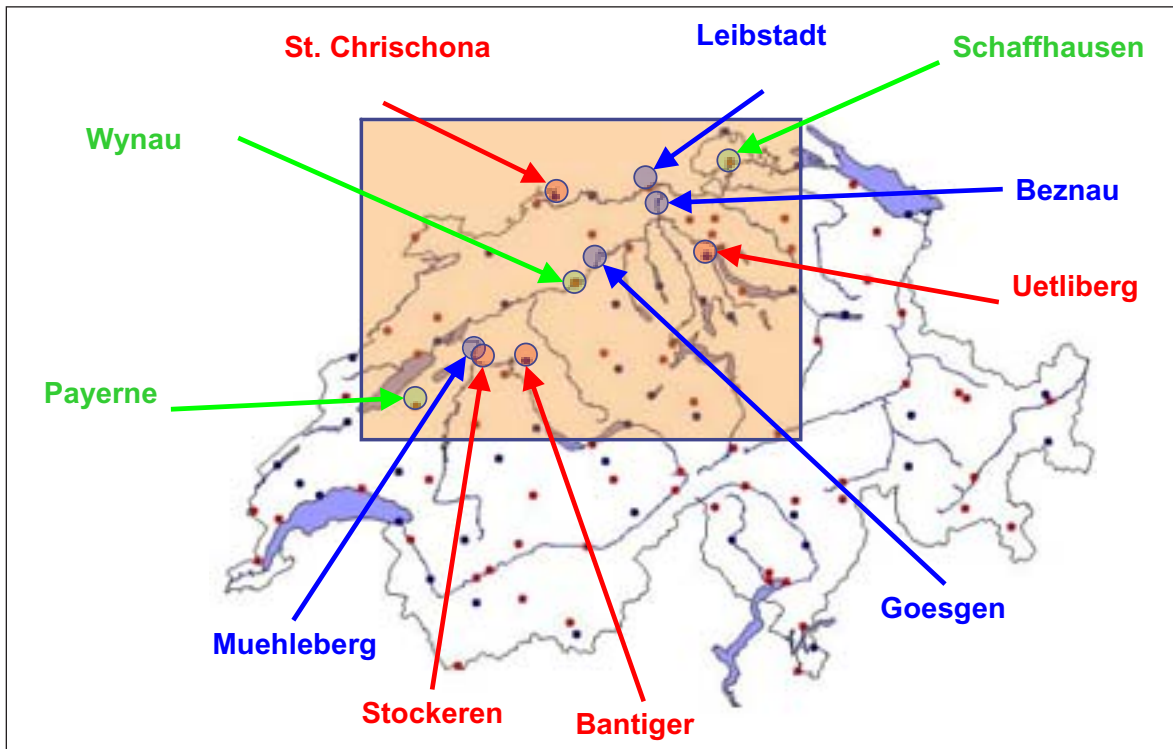
der benötigten Modelle festgelegt. Da die Anforderungen der Einsatzorganisation bei erhöhter Radioaktivität nicht durch ein einziges Ausbreitungsmodell erfüllt werden können, sind spezifische Modelle für den lokalen (Zonen 1 und 2), regionalen (Zone 3 und grenznahe Ausland) und grossräumigen (fernes Ausland) Bereich notwendig. Die Zuständigkeiten für die benötigten Modelle sind auf die HSK, NAZ und MeteoSchweiz aufgeteilt.

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 abgestützt werden. Die Gefährdung muss vielmehr mittels Modellrechnungen aufgrund 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.

3.3 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 jede Kernanlage mit einem Messturm ausgerüstet, der mit verschiedenen Messwertgebern die bei einem Störfall für Ausbreitungsrechnungen benötigten Informationen lie-



Darstellung B.11: Das meteorologische Messnetz am Ende des Projekts CN-MET: kleine rote bzw. blaue Punkte für das SwissMetNet-Bodennetz, blaue Kreise für die SwissMetNet-Stationen an den Standorten der Kernanlagen, rote Kreise für die Grundsichtstationen, grüne Kreise für die Wind- und Temperaturprofiler

fert. Anlässlich der Erneuerung der meteorologischen Messstationen an den Standorten der Kernanlagen 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. Die HSK strebt zusammen mit der MeteoSchweiz die Ablösung der bestehenden meteorologischen Messungen bei den Kernanlagen durch das Projekt CN-MET (Centrales Nucléaires et Météorologie) an. Eine entsprechende Vereinbarung zwischen der HSK und der MeteoSchweiz wurde Ende 2005 unterzeichnet [3]. Das Projekt CN-MET 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 nutzt ein darauf zugeschnittenes meteorologisches Messnetz aus, das Messungen am Boden mit Messungen in der planetaren Grenzschicht kombiniert (siehe Darstellung B.11). Das Projekt zielt mit der Erneuerung der Messnetze und der Prognosemodelle auf die Erstellung von qualitativ hochwertigen meteorologischen Informationen, um die Vorausagen über die Ausbreitung von radioaktiven Stoffen weiter zu verbessern.

Die Qualitätssicherung des feinmaschigen numerischen Modells aLMO2 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.

Was die Instrumentierung betrifft, wurden im Jahr 2006 die 3 neuen Radiometer getestet und die 2 neuen Windprofiler nach dem WTO-Verfahren bestellt. Die Bodenstationen an den Standorten der Kernanlagen wurden – mit Ausnahme vom Standort Gösigen – durch neue SwissMetNet-Stationen ersetzt. Die Erneuerung der übrigen Bodenstationen wurde im Rahmen des Projekts SwissMetNet vorangetrieben. Bei der aLMO-Modellentwicklung wurden Fortschritte erzielt. Es wurde ein Vergleich zwischen Windbank und aLMO2 durchgeführt mittels Daten, die während der Windbank-Messkampagne gemessen wurden. Bei diesem Vergleich nähern sich die Ergebnisse von aLMO2 denen von Windbank, was in Anbetracht der für aLMO2 zu wenig aussagekräftigen Messdaten (beispielsweise keine Messungen in der Höhe mit Ausnahme von sporadischen SO-DAR-Messungen) ein gutes Resultat ist.

3.4 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 Topografie und lokale Windverhältnisse berücksichtigt, eingesetzt. Für Anwendungen in der unmittelbaren Umgebung der schweizerischen Kernanlagen werden die gemessenen Windfelder aus 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 aufgrund von Tracer-Experimenten im Raum Gösgen. Für einen operationellen Einsatz des Modells in der Schweiz waren umfangreiche Anpassungen notwendig, insbesondere bezüglich Online-Meteorodaten-Erfassung, dreidimensionale Windfeld-daten und Visualisierung der Ergebnisse.

Die aus den bisherigen WINDBANK-Projekten [4-7] ermittelten dreidimensionalen Windfeldklassen wurden in einer Datenbank integriert und stehen für alle KKW-Standorte und für das PSI/ZZL in verschiedenen örtlichen Auflösungen bis zu einer maximalen Abwinddistanz von 32 km zur Verfügung. Die Auswahl der korrekten Windfeldklasse und der dazugehörigen Parameter erfolgt automatisch aufgrund von gemessenen Meteorodaten bzw. aufgrund von Prognose-Meteorodaten der MeteoSchweiz.

Aktueller Stand

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

- Routinemässige Berechnungen unter der Annahme einer Einheitsquelle (1 Bq/s ^{137}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 HSK-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.

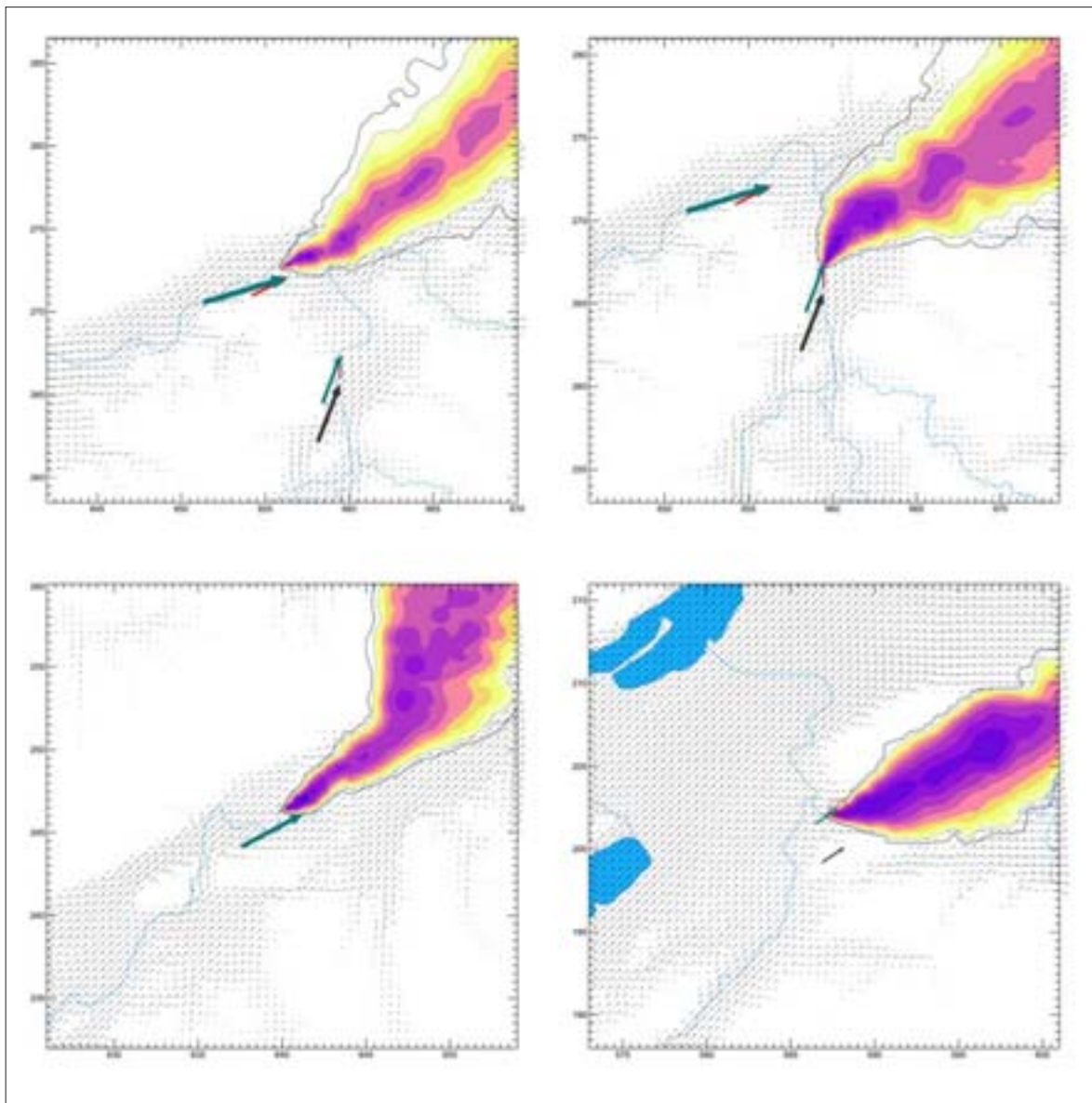
Der Hauptzweck der *störfallspezifischen Berechnungen* in der Vor- und Wolkenphase ist die Beurteilung der Gefährdung der Bevölkerung in der Umgebung des Kernkraftwerks bei einer späteren oder bereits erfolgten Freisetzung von radioaktiven Stoffen. Die Berechnungen dienen als Grundlage, um das möglicherweise 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 aufgrund der in der Wolkenphase erhaltenen Dosen und den noch zu erwartenden Dosen infolge Deposition wichtig. Zudem helfen die Modellberechnungen zur Festlegung des Wolkendurchzugsgebietes 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. Damit das System jederzeit auf Anforderung durch die HSK-Notfallorganisation eingesetzt werden kann, wurden mehrere Personen der HSK in der fachtechnischen Betreuung und Bedienung des Systems ausgebildet.

Beispiele von ADPIC/WINDBANK-Berechnungen

Das Ausbreitungsmodell ADPIC/WINDBANK ermöglicht aufgrund von aktuellen meteorologischen Daten eine realistische Beurteilung der radiologischen Gefährdung der Bevölkerung. Ausgehend von der gleichen Wetter-situation (Süd-West-Wind am 8. Februar 2007 zwischen 15.00 Uhr und 18.00 Uhr Lokalzeit) werden in Darstellung B.12 die Ergebnisse der durchgeführten Routineberechnungen für alle vier KKW-Standorte dargestellt. Es handelt sich dabei um eine fiktive Freisetzung von radioaktiven Stoffen. Die gemessene und prognostizierte Wetterlage ist in Darstellung B.13 für die Anfangs- und Endzeiten der Simulation dargestellt.

Darstellung B.12: Beispiel einer ADPIC/WINDBANK-Simulation für die vier KKW-Standorte

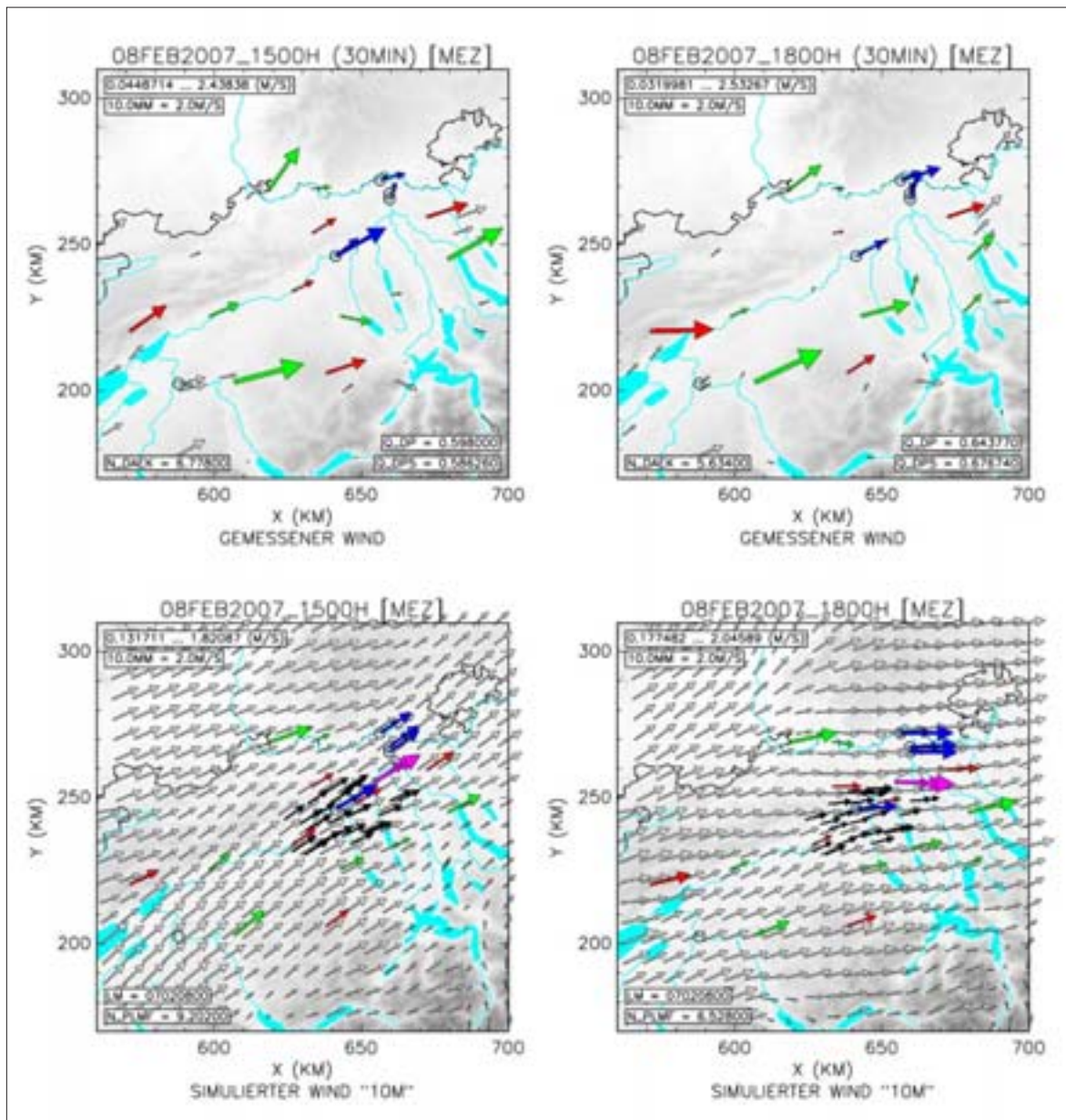


Situation am 8. Februar 2007 um 18.00 Uhr Lokalzeit

Gleiche Ausbreitungsbedingungen für alle KKW-Standorte (KKL, KKB, KKG und KKM)

- Süd-West-Wind während der ganzen Ausbreitung
- Dauer der Simulation 3 Stunden (von 15.00 Uhr bis 18.00 Uhr Lokalzeit)
- Einheitsquelle von 1 Bq/s Cs-137
- Effektive Abgabehöhe 100 m über Boden
- Vordergrund: Integrierte Luftaktivität in Bq s/m³ am Ende der Simulation (18.00 Uhr Lokalzeit)
- Hintergrund: 3D-Windfeld auf Abgabehöhe und KKW-Standortwinde

Darstellung B.13: Beispiel für gemessene und prognostizierte Winddaten (Vergleich Diagnose/Prognose)



Situation am 8. Februar 2007 um 15.00 Uhr bzw. 18.00 Uhr Lokalzeit

Oben: **Messdaten:** Dargestellt werden die tatsächlich gemessenen Winde an den operationellen Stationen der MeteoSchweiz (30 Minuten gemittelt). Die in Darstellung B.12 dargestellte ADPIC/WINDBANK-Simulation erfolgte mit diesen Messdaten.

Unten: **Prognosedaten:** Dargestellt werden die im Voraus prognostizierten Winde aus dem aktuellen Prognosemodell der MeteoSchweiz (Modellwerte in 10 m Höhe über Boden und interpolierte Werte für die operationellen Stationen der MeteoSchweiz und für die temporären Stationen der damaligen WINDBANK-Messkampagne).

4. Aeroradiometrische Messungen

4.1 Einleitung

Aeroradiometrische Messungen in der Schweiz begannen 1986. Methodik und Software für Kalibrierung, Datenerfassung, Datenverarbeitung und Kartendarstellung wurden am Institut für Geophysik der ETH Zürich entwickelt [8]. In der Zeit von 1989 bis 1993 wurde die Umgebung (jeweils rund 50 km²) der schweizerischen Kernanlagen jährlich aeroradiometrisch vermessen. Im Jahre 1994 ging man zu einem Zweijahresrhythmus über, wobei abwechselungsweise 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 [9].

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 und Abstürze von Satelliten mit Nuklearreaktoren 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 System integriert.

4.2 Messungen und Messresultate 2006

Bei den Messflügen im Juni 2006 wurden neben dem turnusgemässen Messgebiet, das die Umgebung der Kernkraftwerke Beznau (KKB) und Leibstadt (KKL), der Forschungseinrichtung Paul Scherrer Institut (PSI) und des Zwischenlagers für radioaktive Abfälle in Würenlingen (ZZL) abdeckt, die Städte La Chaux-de-Fonds und Neuchâtel, Gebiete bei Rothenthurm (SZ) und Unteriberg (SZ) und die Bahnstrecke Bern-Zürich aeroradiometrisch vermessen. Auch dieses Jahr wurde die Quellsuche geübt. Auf Empfehlung der Eidgenössischen

Kommission für Strahlenschutz und Überwachung der Radioaktivität (KSR) erfolgte eine Vergleichsmessung mit in situ Gammaskpektrometrie und Dosisleistungsmessungen am Boden.

Die Messresultate im Gebiet der Anlagen KKB, KKL, PSI und ZZL zeigten ein ähnliches Bild wie in vorangegangenen Messkampagnen. KKB und ZZL konnten aeroradiometrisch nicht erkannt werden. Das KKL konnte anhand von hochenergetischer Photonenstrahlung innerhalb des Musters erkannt werden (Darstellung B.14). Diese Strahlung wird durch das Aktivierungsprodukt ¹⁶N erzeugt, welches bei Siedewasserreaktoren durch die Frischdampfleitung in die Turbinen im Maschinenhaus gelangt. Da das Dach des Maschinenhauses vergleichsweise gering abgeschirmt ist, kann die hochenergetische Gammastrahlung des ¹⁶N aus der Luft gut gemessen werden. Ausserhalb des Betriebsareals sind keine erhöhten Werte erkennbar.

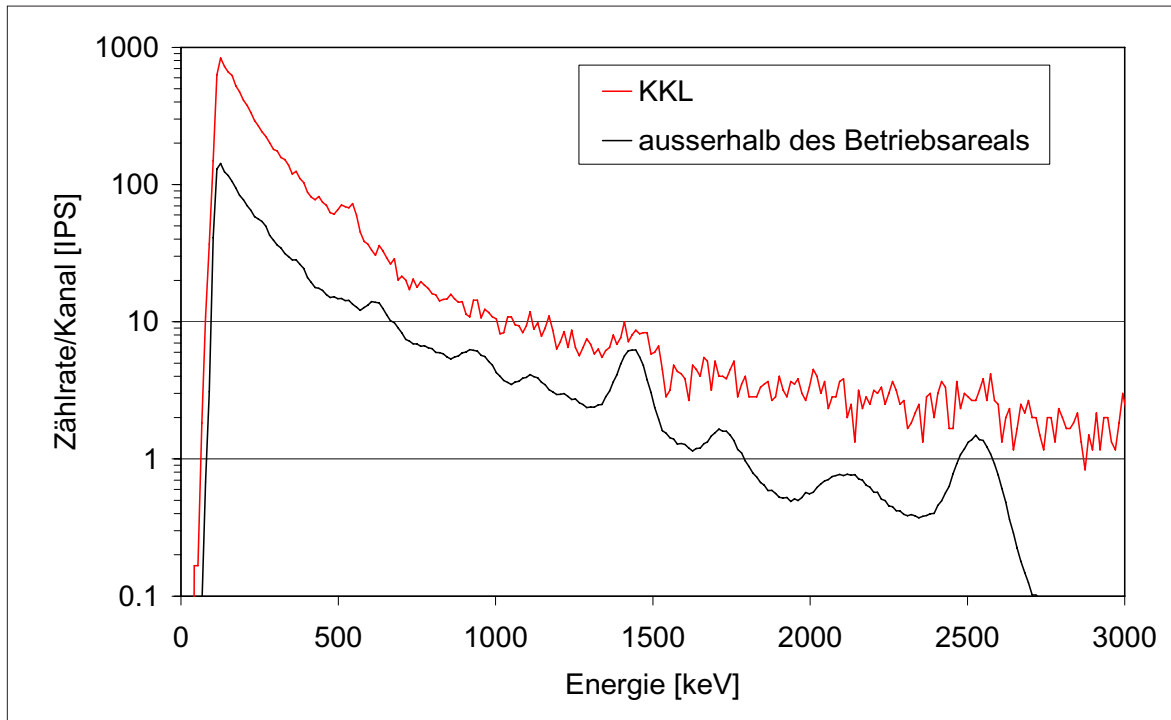
Auf dem Gelände des Paul Scherrer Instituts konnten diverse Anomalien erkannt werden. Beim PSI Ost wurden im Bereich des Bundeszwischenlagers (BZL), dem Betriebsgebäude für radioaktive Abfälle und dem Hotlabor die Gammalinien von ⁶⁰Co nachgewiesen (Darstellung B.15). Neben dieser bereits aus früheren Jahren bekannten Erhöhung wurde über dem ehemaligen Forschungsreaktor Diorit ebenfalls ⁶⁰Co nachgewiesen (Darstellung B.16). Abklärungen ergaben, dass während des Aeroradiometrie-Überflugs Container mit aktivierten Abfällen aus dem ehemaligen Forschungsreaktor SAPHIR zur Befüllung mit Graphitbeton geöffnet waren.

Über dem PSI West wurde im Bereich des Fortluftkamins deutlich Annihilationsstrahlung bei 511 keV und die Gammalinie bei 1294 keV des Aktivierungsprodukts ⁴¹Ar registriert (Darstellung B.17).

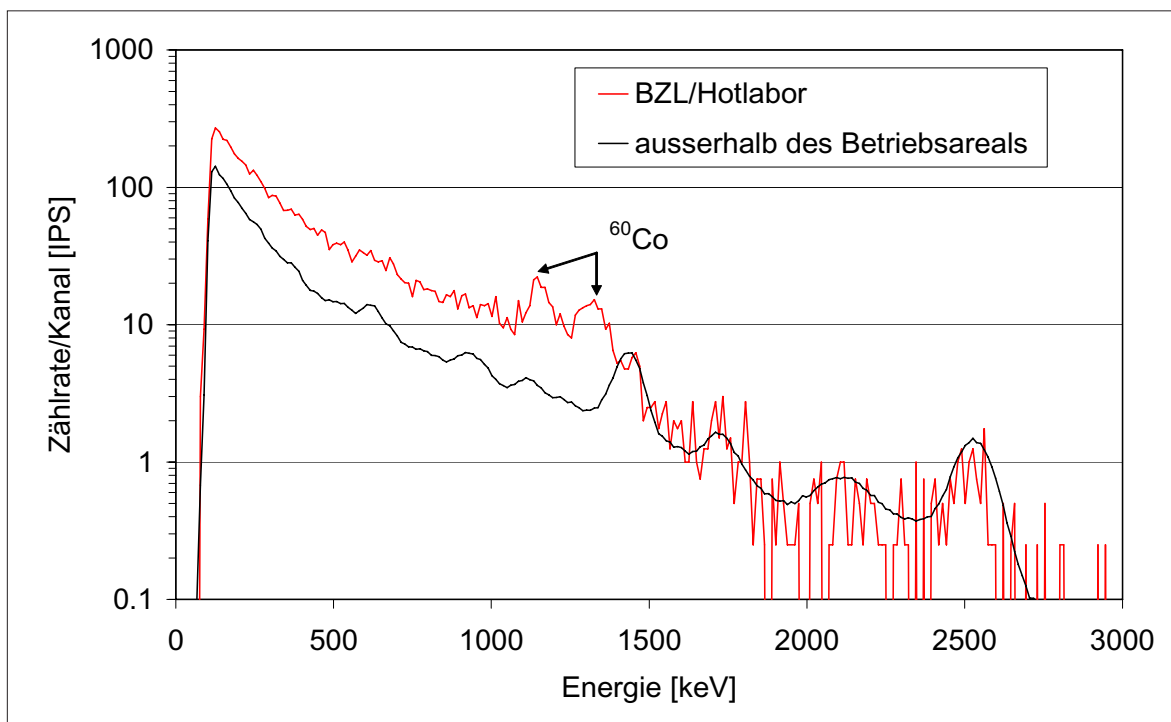
Das nach [10] modifizierte MMGC-Ratio (Verhältnis zwischen Zählrate im Energiebereich 1400 keV-3000 keV zu Zählrate im Energiebereich 400 keV-1400 keV) weist auf eine Abluftfahne in westlicher Richtung ausgehend vom Fortluftkamin hin (Darstellung B.18). Diese trägt aber nicht erkennbar zur Dosisleistung ausserhalb des PSI-Areals bei (Darstellung B.19).

In der Karte der Ortdosisleistung sind neben den Anlagen KKL, PSI Ost und West nur Muster zu erkennen, die auf topografische und geologische Unterschiede zurückzuführen sind. Die tiefsten Werte findet man über den Gewässern, da die terrestrische Strahlung dort durch das Wasser abgeschirmt wird.

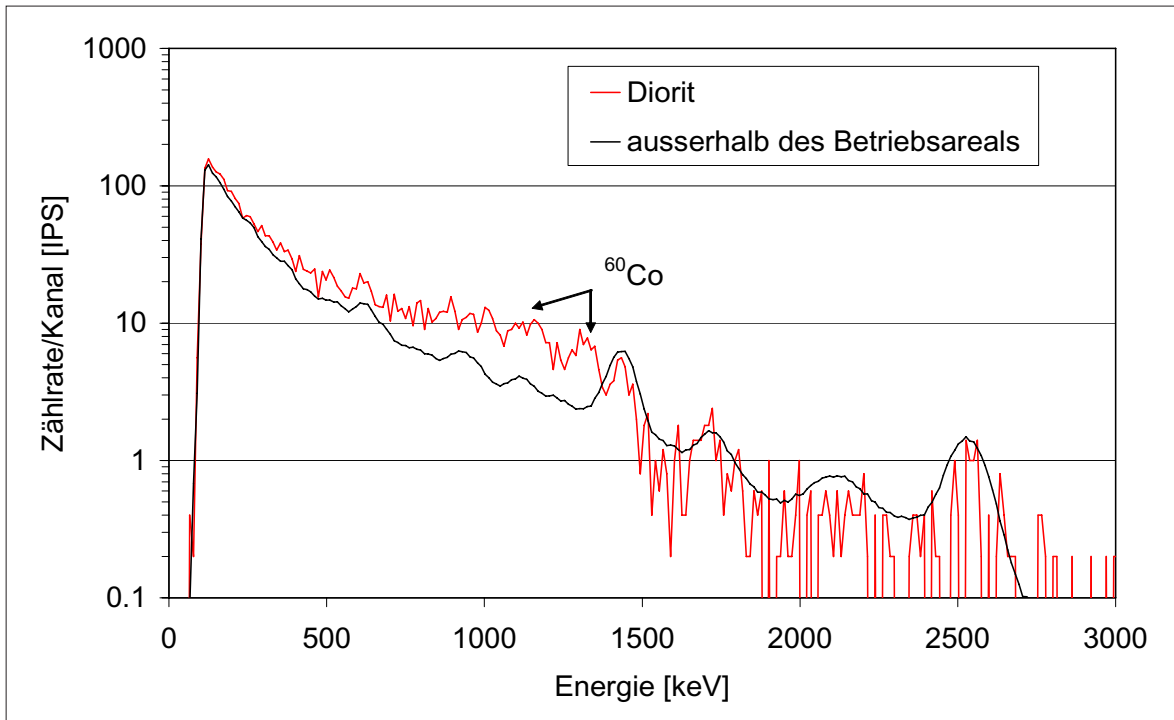
Darstellung B.14: Photonenspektrum über dem KKL im Vergleich zum Untergrund



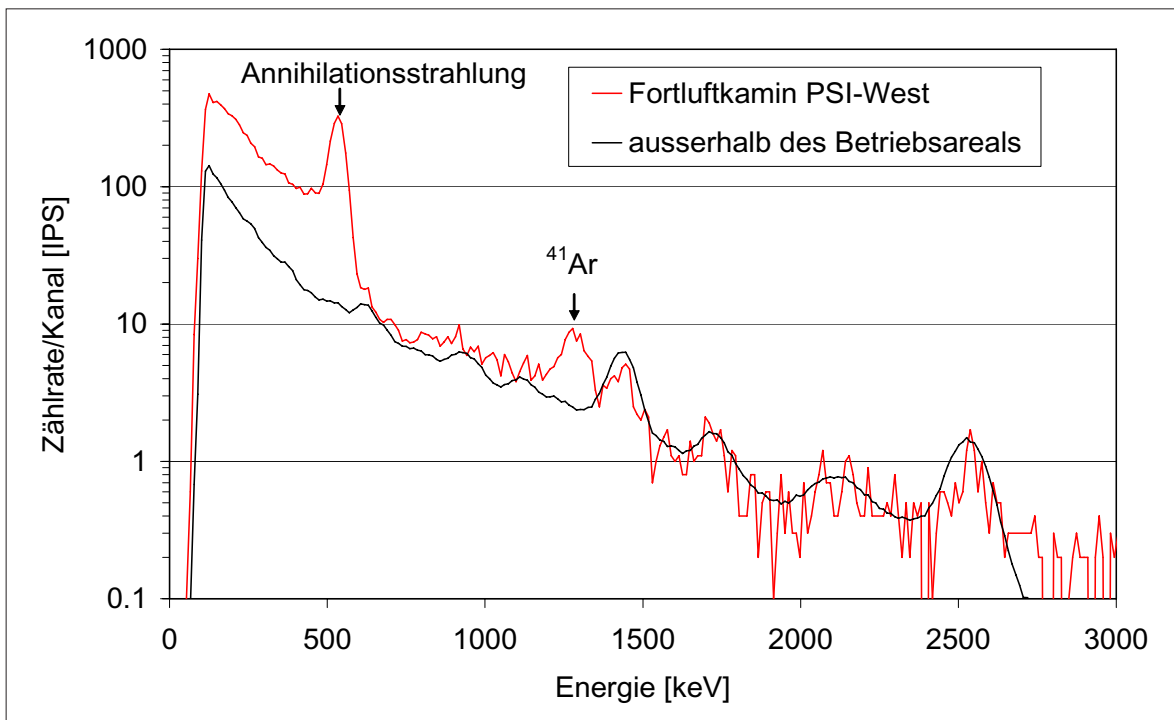
Darstellung B.15: Photonenspektrum über dem PSI Ost im Vergleich zum Untergrund



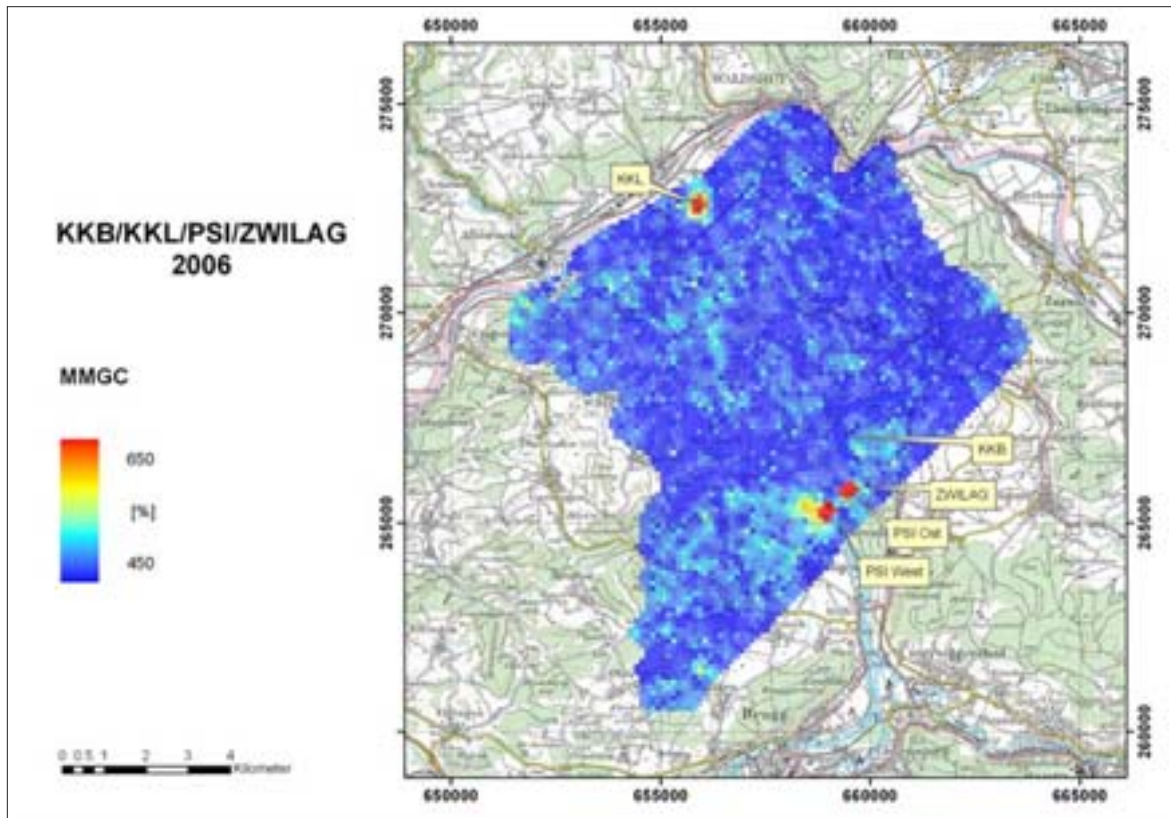
Darstellung B.16: Photonenspektrum über dem Diorit (PSI Ost) im Vergleich zum Untergrund



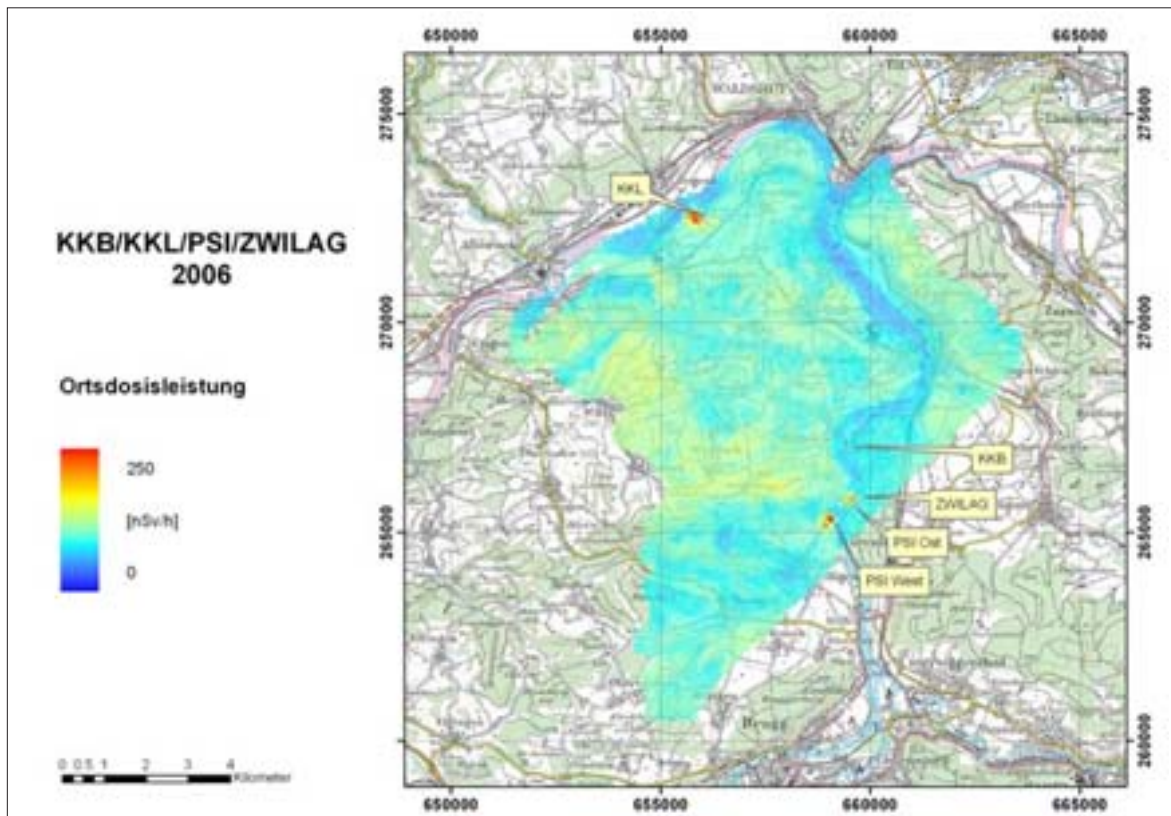
Darstellung B.17: Photonenspektrum über dem Fortluftkamin (PSI West) im Vergleich zum Untergrund



Darstellung B.18: MMGC-Ratio im Messgebiet KKB-KKL-PSI-ZWILAG.PK100©2003 swisstopo (DV 316.2).



Darstellung B.19: Ortsdosisleistung im Messgebiet KKB-KKL-PSI-ZWILAG.PK100©2003 swisstopo (DV 316.2).



Die Resultate der aeroradiometrischen Messungen über La Chaux-de-Fonds und Neuchâtel, in den Messgebieten Rothenthurm und Unteriberg sowie entlang der Bahnlinie Bern-Zürich lieferten keine Hinweise auf erhöhte, durch menschliches Handeln verursachte radioaktive Strahlung. Die festgestellten Unterschiede sind auf topografische und geologische Verhältnisse zurückzuführen. So wurden im Messgebiet La Chaux-de-Fonds generell höhere Ortsdosisleistungen gemessen als in Neuchâtel. Dieser Unterschied ist durch den aufgrund der höheren Lage von La Chaux-de-Fonds grösseren Beitrag der kosmischen Strahlung zu erklären. Auf Empfehlung der KSR wurde in der Nähe von La Chaux-de-Fonds eine Vergleichsmessung zwischen der

Aeroradiometrie und Bodenmessungen durchgeführt. Die Bodenmessungen wurden durch Messequipen der Sektion Überwachung der Radioaktivität (SUER) des Bundesamtes für Gesundheit (BAG), des Labors Spiez (LS), des Institut de Radiophysique Appliquée (IRA) der Universität Lausanne und der HSK durchgeführt. Die in situ Gammaskpektrometrie lieferte nuklidspezifische Resultate (Reuter Stokes Ionisationskammern). Mit Ausnahme der Uran-Serie stimmten die Resultate der Aeroradiometrie innerhalb der Fehlergrenzen mit den Bodenmessungen gut überein. Die Abweichungen in der Uran-Serie sind auf Radonfolgeprodukte in der Atmosphäre zurückzuführen, die bei der Aeroradiometrie zu einer Überschätzung der Aktivitäten führen.

5. Langzeitverhalten der Aeroradiometrie- resultate

Die schweizerischen Kernanlagen werden seit 1989 regelmässig aeroradiometrisch vermessen. Es liegen somit für die Umgebungen aller Kernkraftwerke Datensätze über mehrere Jahre vor. Dies ermöglicht einen Vergleich der Messresultate über die letzten 15 Jahre.

5.1 Vorgehen

Für den Langzeitvergleich über die letzten 15 Jahre wurden die mit Hilfe der Spectrum-Dose-Index (SDI)-Methode [9] bestimmten Ortsdosisleistungen verwendet. Aus den Ortsdosisleistungen wurde für jedes Jahr, in dem Daten verfügbar waren, ein Netz mit einer Maschenweite von 125 m erstellt. Die Grids wurden auf die Fläche reduziert, die in allen Jahren abgedeckt wurde. Im Messgebiet KKB/KKL/PSI/ZZL wurde das Jahr 2002 nicht berücksichtigt, da damals aus Zeitgründen nur die unmittelbare Umgebung der Anlagen befliegen wurde. Die erhöhten Werte über den Werksarealen von KKL, KKM und PSI wurden maskiert, um die Auswertung in der Umgebung nicht massgeblich dadurch zu beeinflussen.

Das Vorgehen zur Bestimmung der Nettodosisleistung orientierte sich grundsätzlich an dem Verfahren, das bei der Auswertung der TLD-Dosimeter und der MADUK-Messwerte zum Einsatz kommt, indem die einzelnen Zellen der Grids als «Messstationen» betrachtet werden. Weiter wurde angenommen, dass die Messungen an allen Zellen des Grids zum selben Zeitpunkt erfolgten. Beim Auswerteverfahren wird davon ausgegangen, dass sich die Ortsdosisleistung an einem bestimmten Ort aus einem ortsvariablen und einem zeitvariablen Anteil zusammensetzt. Der ortsvariable Anteil, auch ortsspezifischer Parameter (OSP) genannt, muss für jede Zelle des Grids bestimmt werden. Der zeitvariable Anteil ist durch den Mittelwert aller Zellen des Grids zu einem bestimmten Zeitpunkt gegeben. Mit diesen beiden für jede Zelle bestimmbar Anteilen lässt sich der Erwartungswert berechnen. Zieht man diesen vom tatsächlichen Messwert ab, erhält man die Nettodosis-

leistung am entsprechenden Ort. Die Methodik ist auch im Loseblatt 3.4.1 des Fachverbands für Strahlenschutz beschrieben [11].

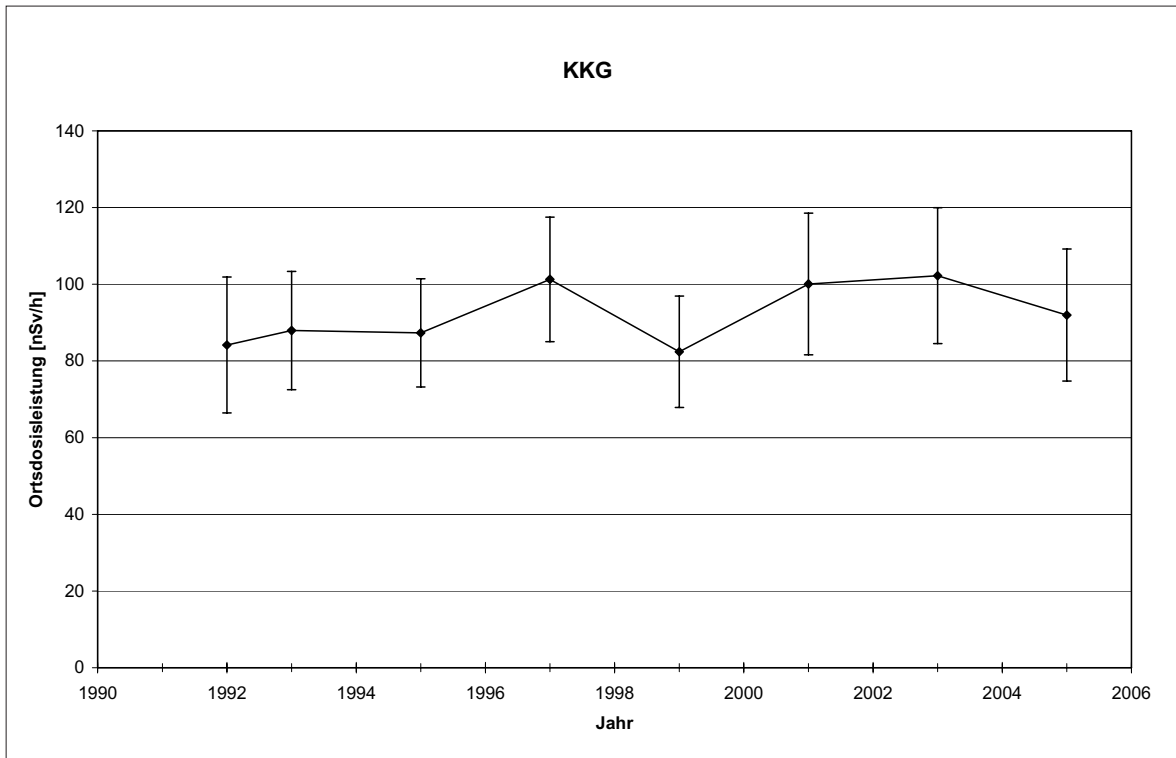
Bei der Bestimmung der Nettodosisleistungen wurden in einem ersten Schritt der OSP jeder Zelle mit Hilfe des Zellenmittelwertes über alle Messzeitpunkte und dem Mittelwert über alle Zellenmittelwerte gebildet. Anschliessend wurde der zeitvariable Anteil aus dem Mittelwert aller Zellen eines Messzeitpunktes berechnet. Schliesslich wurde für jede Zelle jedes Messzeitpunktes die Nettodosisleistung aus der Differenz des Messwertes und des Erwartungswertes (zeitvariabler Anteil + OSP) bestimmt. Aus der Variation der Nettodosen geht schliesslich auch die Nachweisgrenze hervor.

5.2 Ergebnisse

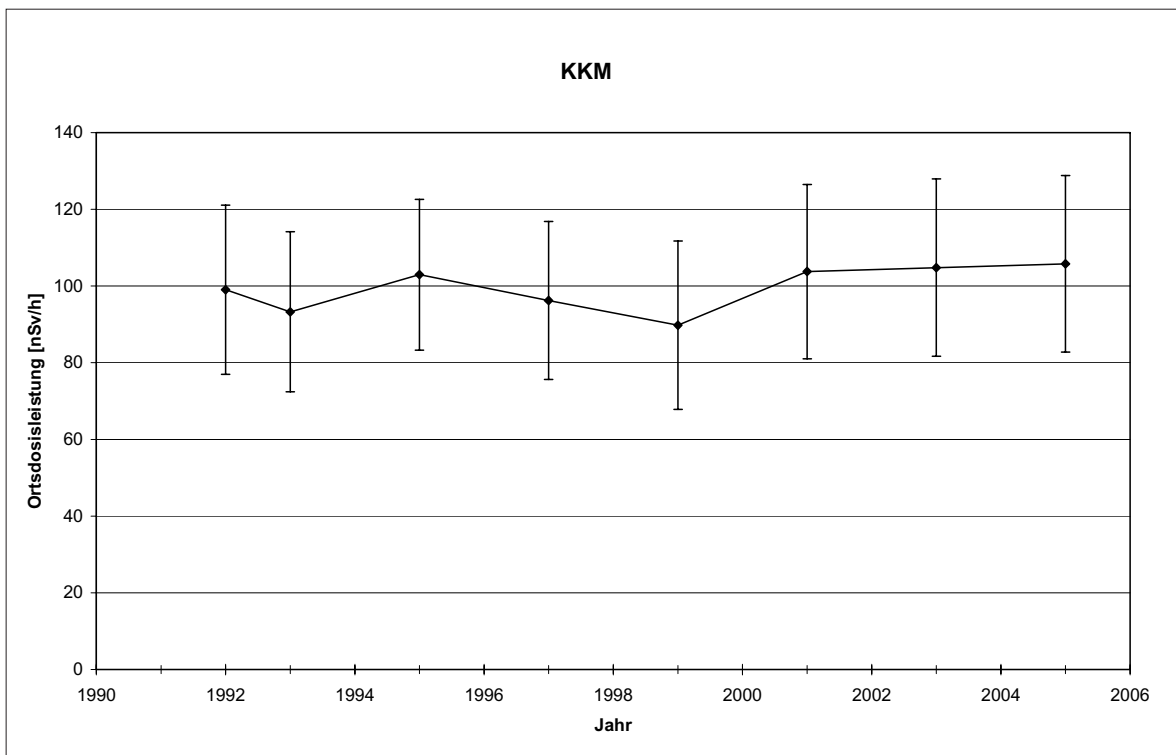
Die Veränderung des Mittelwertes zum Messzeitpunkt über die Jahre kann Hinweise über Trends in einem Messgebiet liefern. In den Darstellungen B.20 bis B.22 sind die Gebietsmittelwerte der verschiedenen Messjahre für die Umgebungen der Kernkraftwerke Beznau, Gösgen, Leibstadt, Mühleberg, des Paul Scherrer Instituts und des Zwischenlagers ZZL mit den 95%-Streubereichen dargestellt.

In den Darstellungen B.20 bis B.22 sind keine Trends zu erkennen. Die Streubereiche weisen keine grossen Variationen auf. Die in den Darstellungen B.23 bis B.25 dargestellten gemittelten Nettodosisleistungen liegen gesamthaft sehr nahe bei Null. Auch ihre Streubereiche zeigen nur geringe Variationen. Den kleinsten Streubereich weisen die Nettodosisleistungen im Messgebiet des KKG (Darstellung B.23) aus. Sie liegen allesamt unter 10 nSv/h. Auch beim Messgebiet des KKM (Darstellung B.24) liegen die Streubereiche mit einer Ausnahme unter 10 nSv/h. Beim Messgebiet der Anlagen KKB/KKL/PSI/ZZL (Darstellung B.25) ist für das Jahr 1993 ein «Ausreisser» zu erkennen. Die übrigen Jahre zeigen einen Streubereich von 8 bis 13 nSv/h.

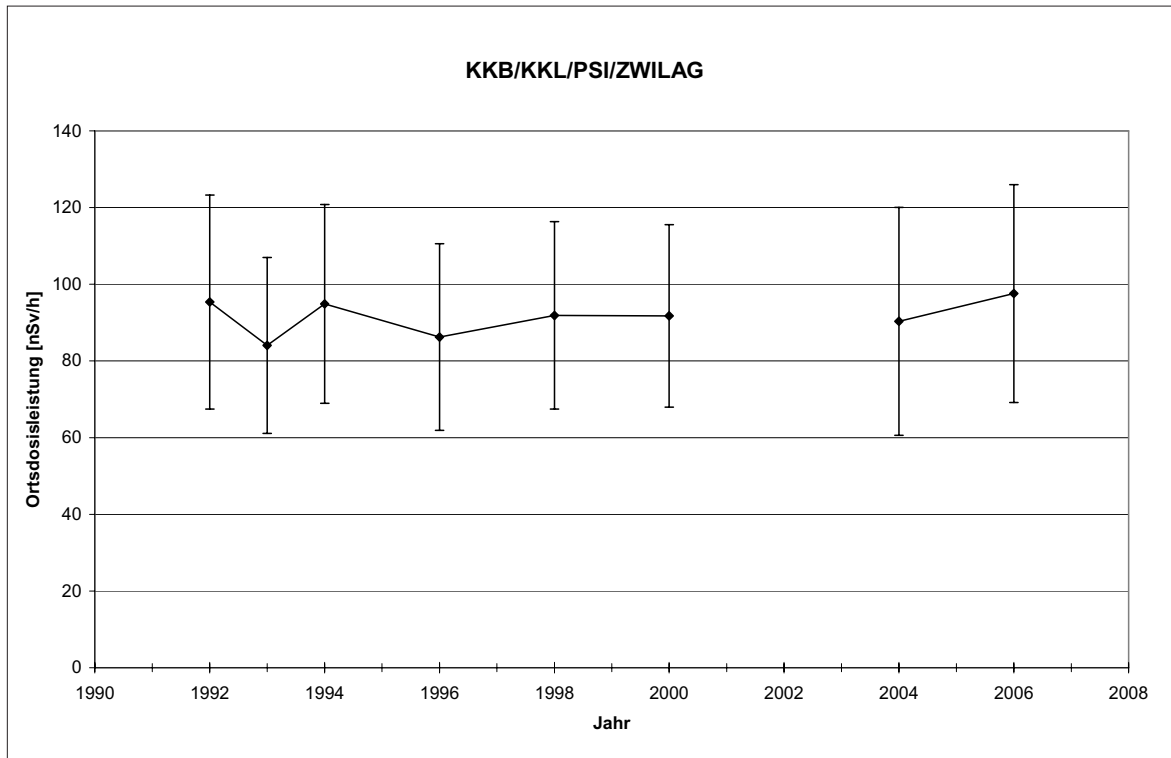
Darstellung B.20: Gebietsmittelwerte der Ortsdosisleistungen mit den Streubereichen von 95 % für den Zeitraum 1992 bis 2005 in der Umgebung von KKG



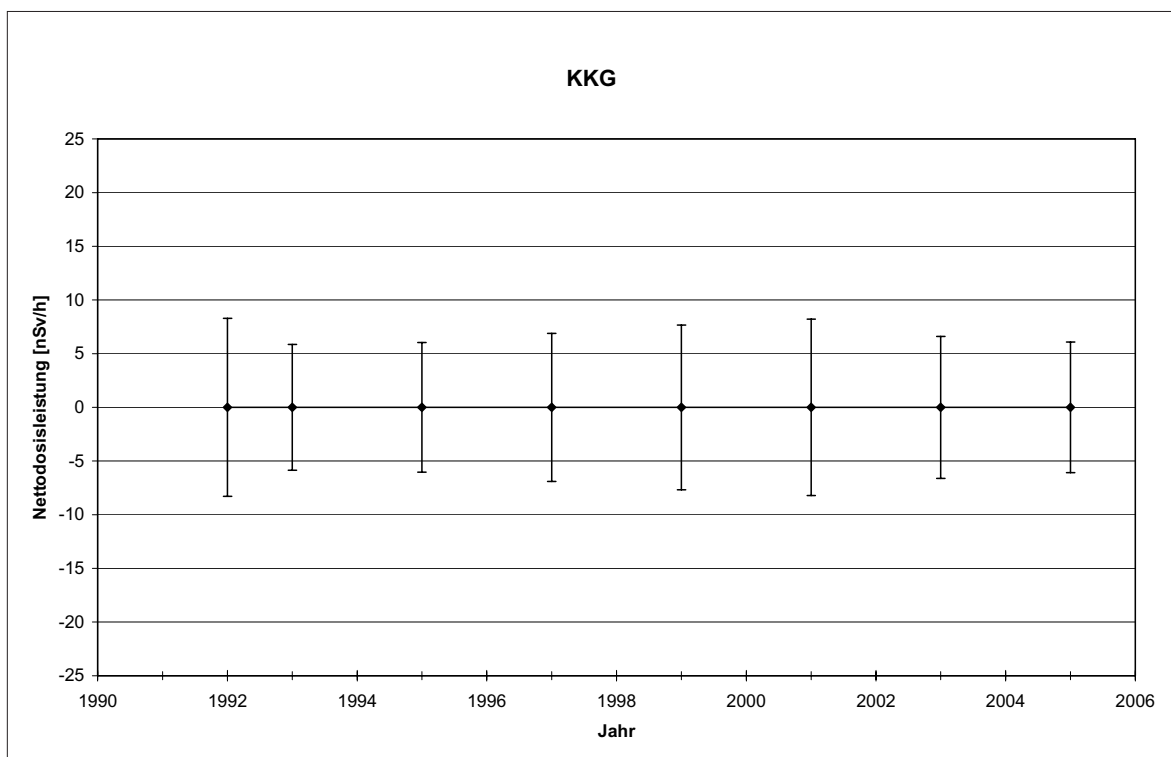
Darstellung B.21: Gebietsmittelwerte der Ortsdosisleistungen mit den Streubereichen von 95 % für den Zeitraum 1992 bis 2005 in der Umgebung von KKM



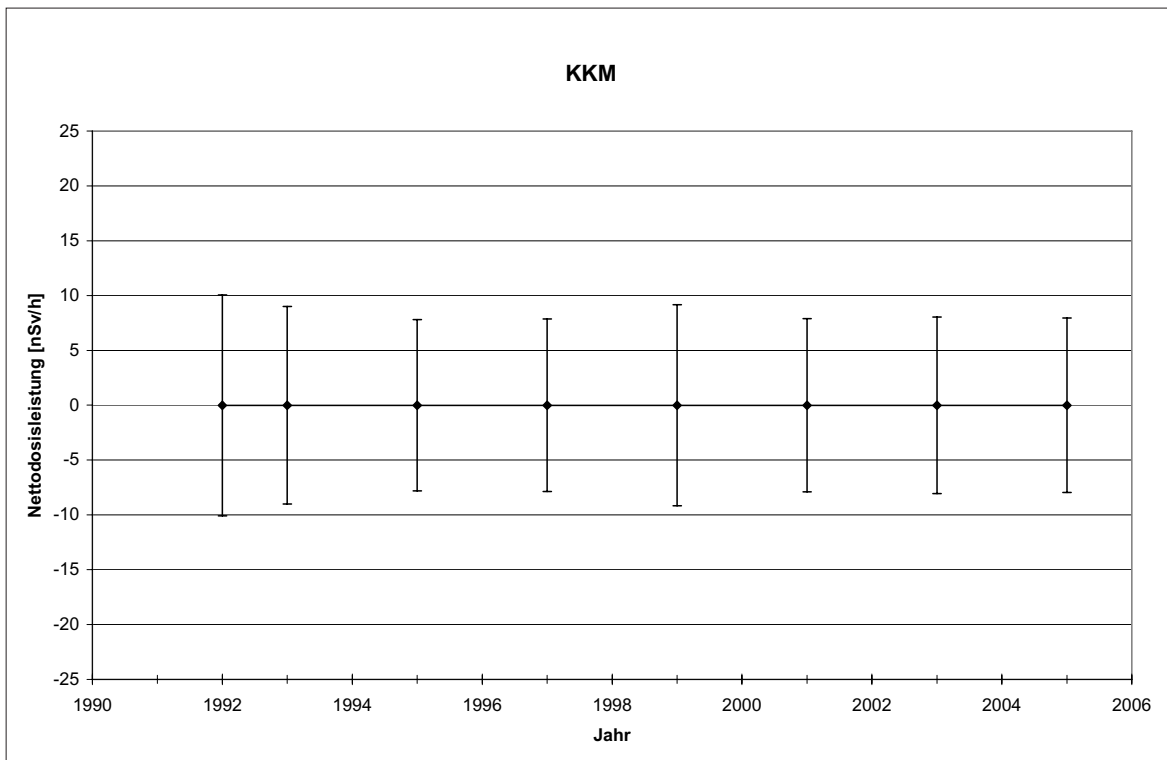
Darstellung B.22: Gebietsmittelwerte der Ortsdosisleistungen mit den Streubereichen von 95 % für den Zeitraum 1992 bis 2006 in der Umgebung von KKB/KKL/PSI/ZWILAG



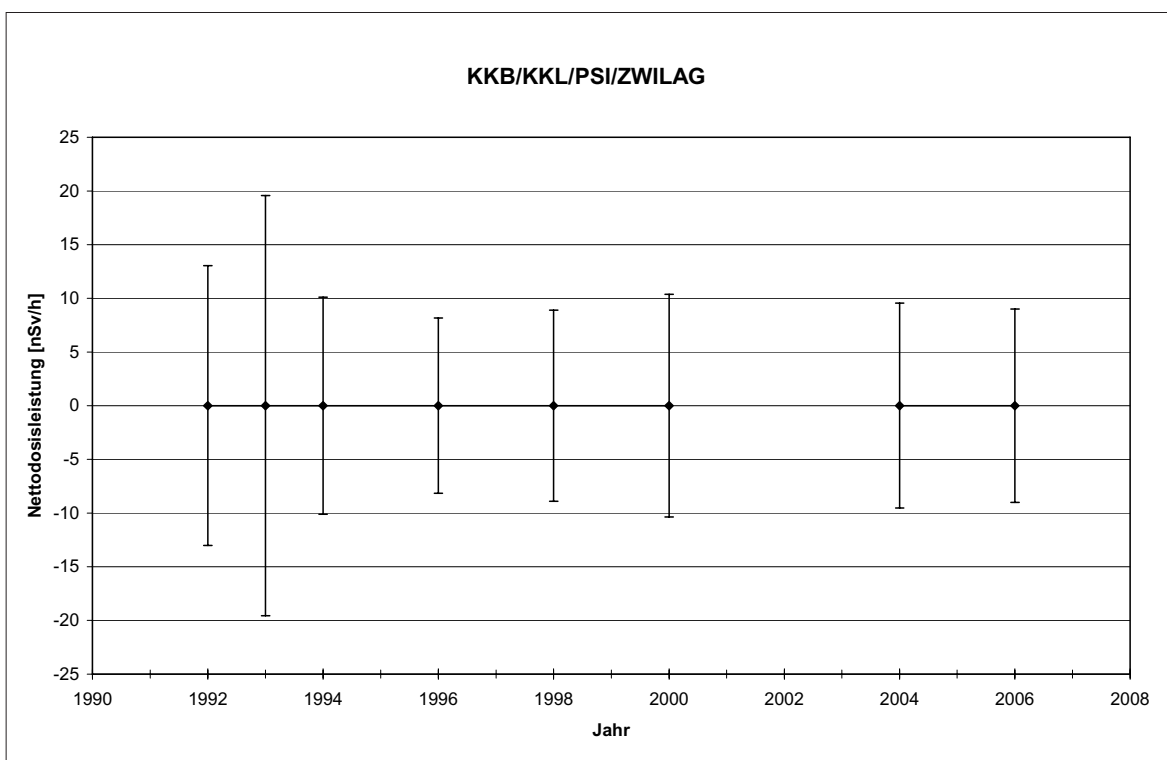
Darstellung B.23: Gemittelte Nettodosisleistung mit den entsprechenden Streubereichen (95%-Intervall) in der Umgebung von KKG für die Jahre 1992 bis 2005



Darstellung B.24: Gemittelte Nettodosisleistung mit den entsprechenden Streubereichen (95%-Intervall) in der Umgebung von KKM für die Jahre 1992 bis 2005



Darstellung B.25: Gemittelte Nettodosisleistung mit den entsprechenden Streubereichen (95%-Intervall) in der Umgebung von KKB/KKL/PSI/ZWILAG für die Jahre 1992 bis 2006



Aus den berechneten Nettodosisleistungen lässt sich auch eine Nachweisgrenze bestimmen. Diese liegt für das Messgebiet KKG bei rund 12 nSv/h, für das Messgebiet KKM bei 15 nSv/h und für das Messgebiet KKB/KKL/PSI/ZWILAG bei 20 nSv/h (Vertrauensintervall von 95%). Somit wäre auch für das Messgebiet KKB/KKL/PSI/ZWILAG noch eine zusätzliche Jahresdosis von 0,2 mSv erkennbar.

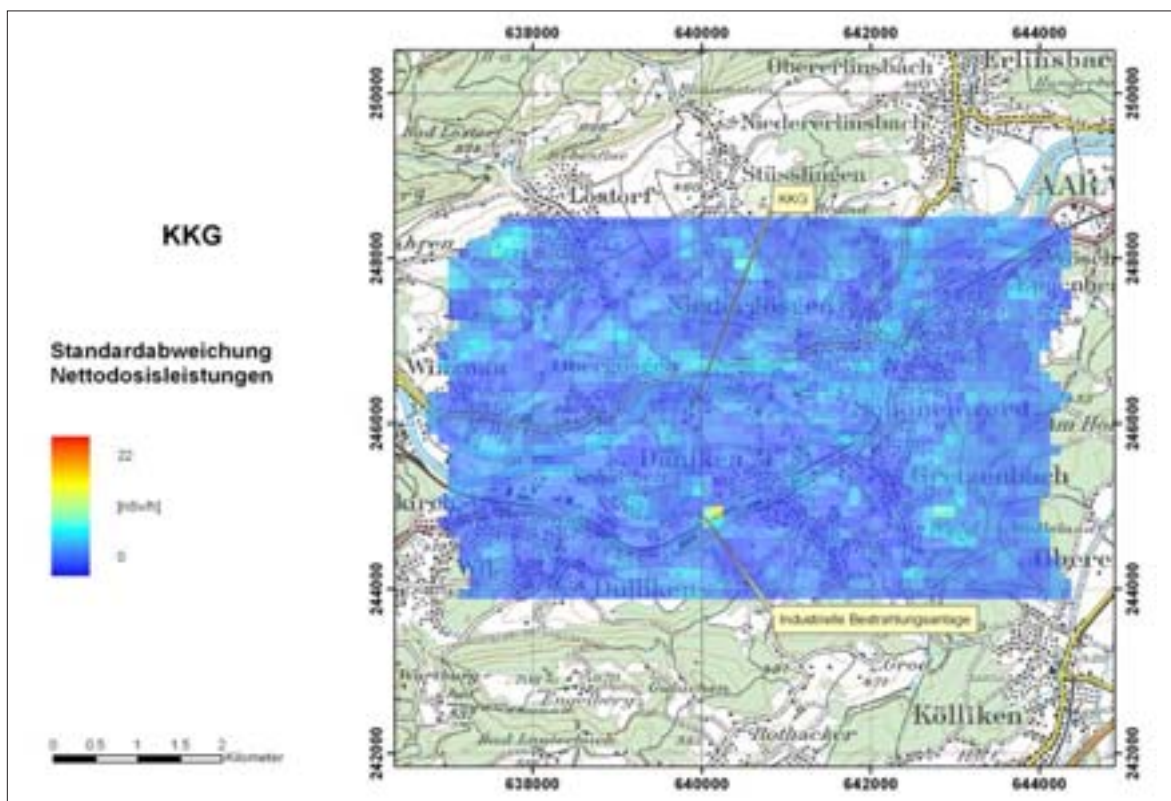
Die Variation der Nettodosisleistungen für die einzelnen Zellen ist in den Darstellungen B.26 bis B.28 dargestellt. Beim Messgebiet KKG (Darstellung B.26) ist vor allem ein Ort mit einem grösseren Streubereich der Nettodosisleistung zu erkennen. Dieser liegt unmittelbar bei einem Gebäude in Däniken/SO, in dem eine industrielle Bestrahlungsanlage betrieben wird. Diese wurde beim Messflug des Jahres 1995 detektiert. Aufgrund verbesserter Abschirmungen konnten in den letzten Jahren keine erhöhten Werte mehr detektiert werden.

Beim Messgebiet KKM (Darstellung B.27) sind die grössten Variationen am Rande des Wohlensees zu er-

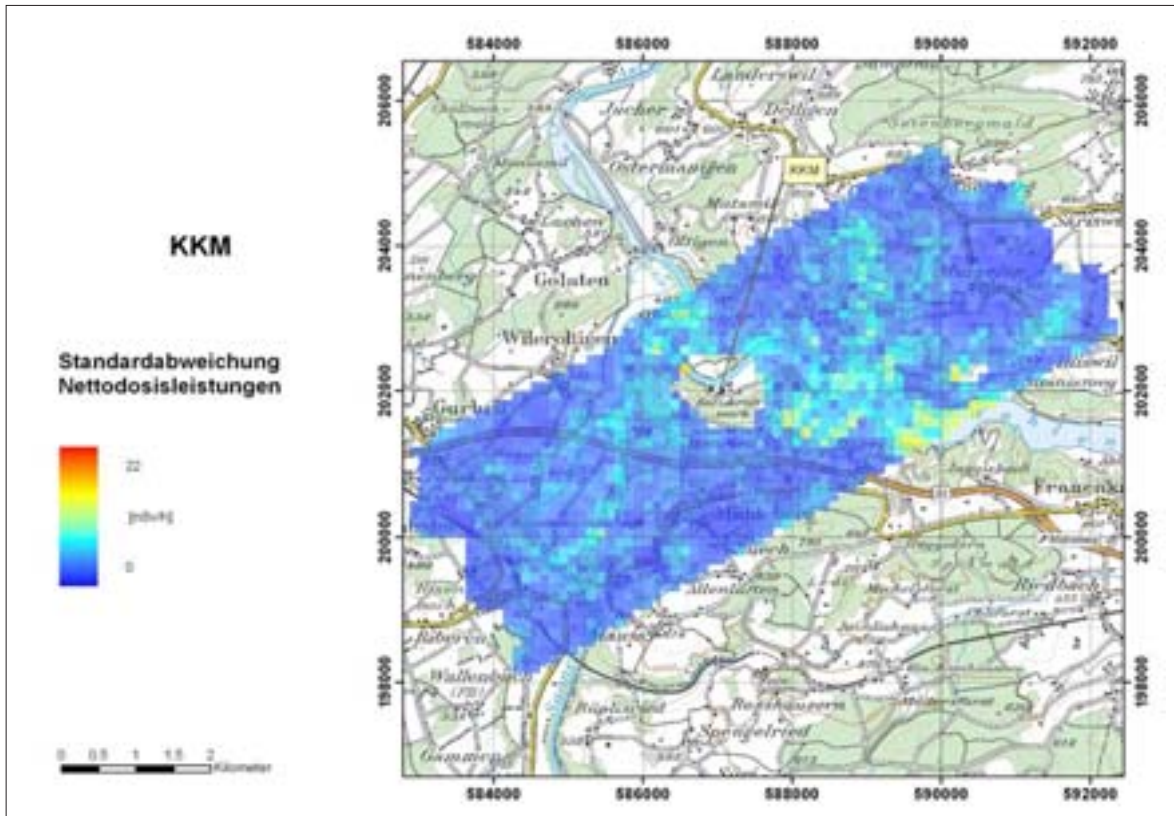
kennen. Dies ist auf die beschränkte räumliche Auflösung und die bis zum Jahre 2000 noch bescheidene Genauigkeit der GPS-Positionierung zurückzuführen. Ähnliche Phänomene sind auch im Messgebiet KKB/KKL/PSI/ZWILAG (Darstellung B.28) beim Klingnauer Stausee, bei der Aare und teilweise über dem Jura zu erkennen.

Die Annahme, dass alle Messungen eines Jahres zum selben Zeitpunkt stattgefunden haben, beeinflusst die Resultate nicht wesentlich. Der Effekt ist jedoch in den Nettodosisleistungen ersichtlich. So sind im Histogramm für die Nettodosisleistungen des Jahres 2000 im Messgebiet KKB/KKL/PSI/ZWILAG (Darstellung B.29) deutlich zwei überlagerte Verteilungen zu erkennen. Im Jahre 2000 wurde dieses Messgebiet mit zwei Flügen an unterschiedlichen Tagen vermessen. Im Jahre 2006 wurde hingegen die Messung am selben Tag durchgeführt. Das entsprechende Histogramm (Darstellung B.30) zeigt eine Verteilung, die nur ein Maximum aufweist.

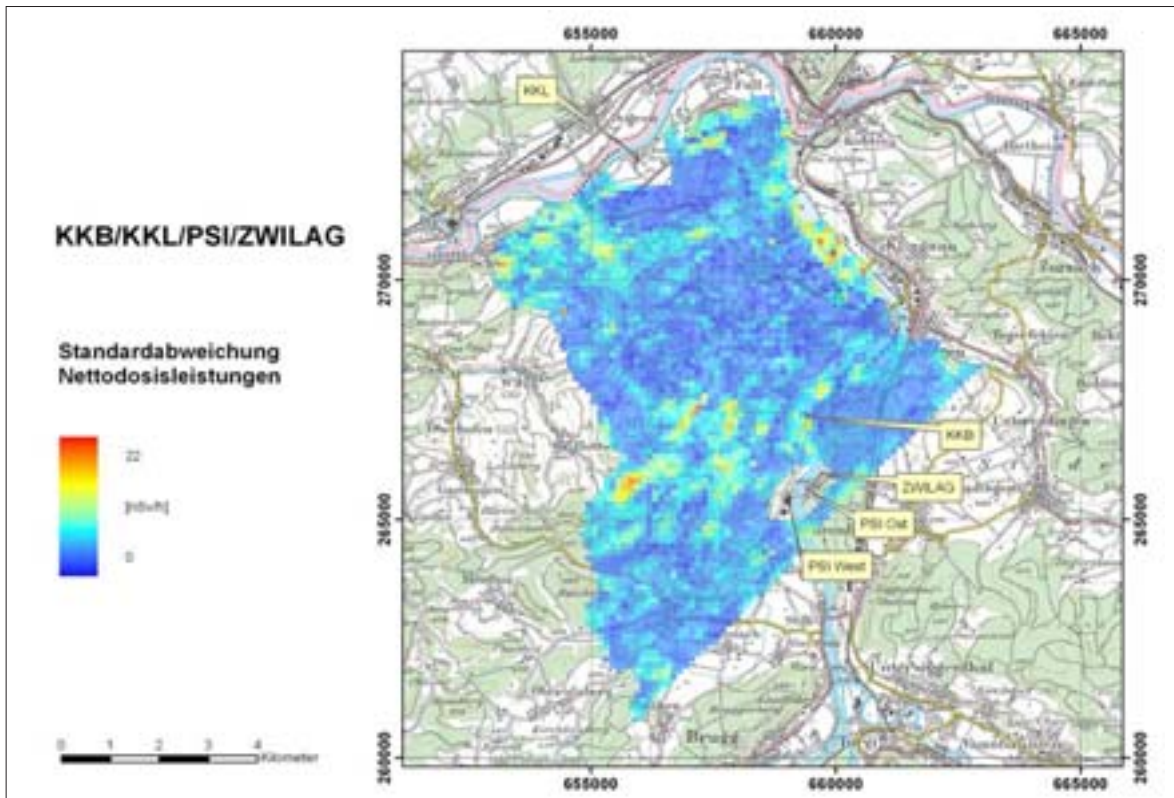
Darstellung B.26: Standardabweichung der Nettodosisleistungen über die Jahre 1992 bis 2005 im Messgebiet KKG. PK100©2003 swisstopo (DV 316.2)



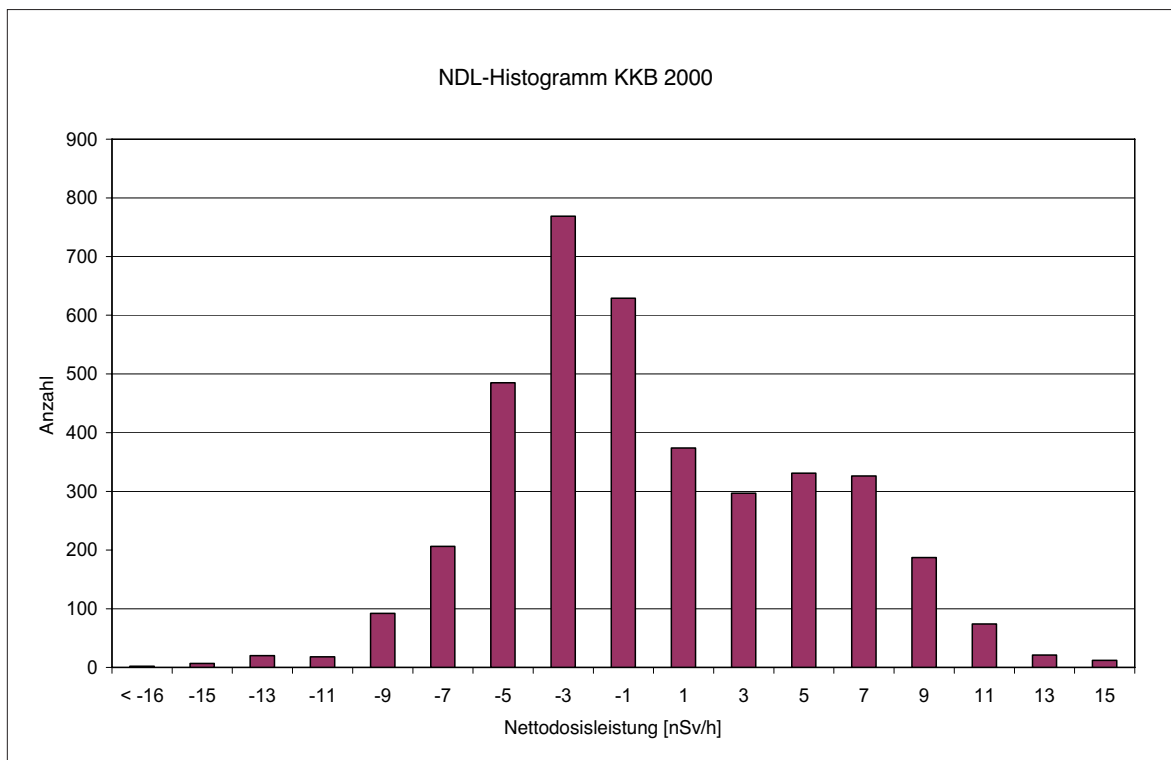
Darstellung B.27: Standardabweichung der Nettodosisleistungen über die Jahre 1992 bis 2005 im Messgebiet KKM. PK100©2003 swisstopo (DV 316.2)



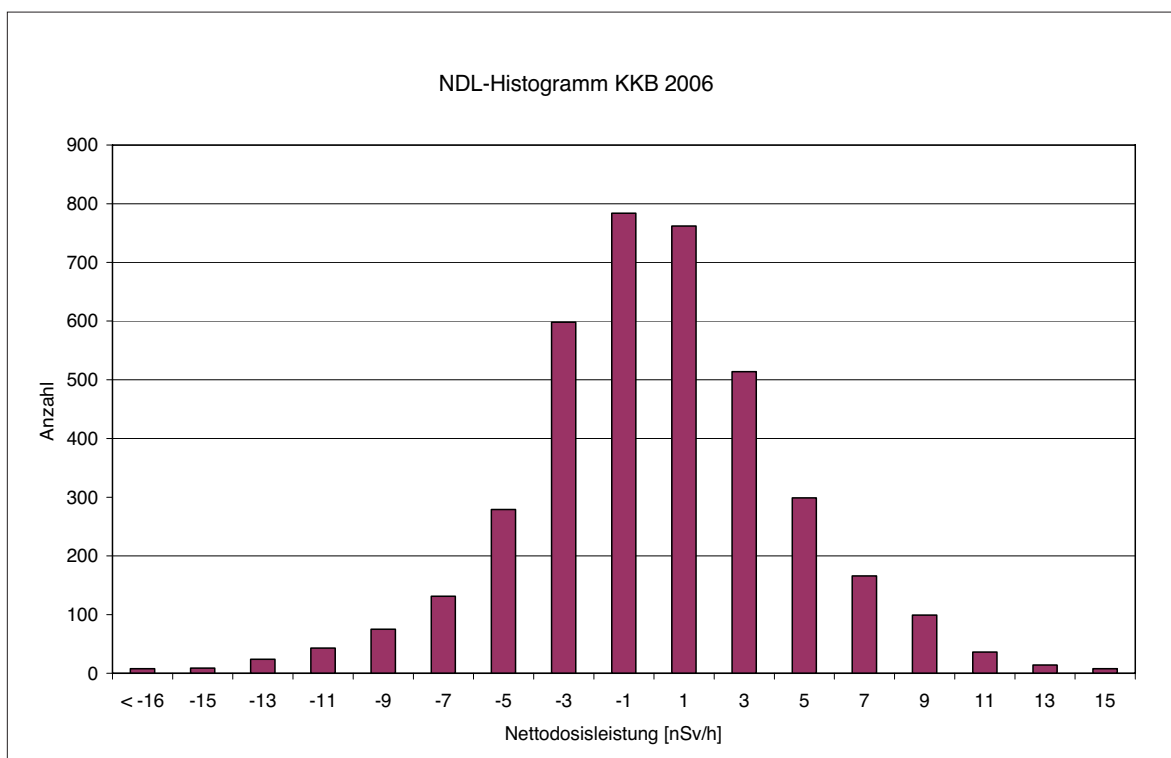
Darstellung B.28: Standardabweichung der Nettodosisleistungen über die Jahre 1992 bis 2005 im Messgebiet KKB/KKL/PSI/ZWILAG. PK100©2003 swisstopo (DV 316.2)



Darstellung B.29: Verteilung der Nettodosisleistungen im Messgebiet KKB/KKL/PSI/ZWILAG im Jahre 2000



Darstellung B.30: Verteilung der Nettodosisleistungen im Messgebiet KKB/KKL/PSI/ZWILAG im Jahre 2006



5.3 Fazit

Bezüglich der gemessenen Ortsdosisleistungen sind keine Trends über die Jahre zu erkennen. Die bestimmten Nettodosisleistungen weisen auf keine wesentliche Änderung der externen Strahlung hin.

Die ermittelten Nachweisgrenzen liegen zwischen 12 nSv/h und 20 nSv/h. Die erkennbaren Variationen in den Nettodosisleistungen sind grösstenteils auf die beschränkte räumliche Auflösung und die bescheidene Genauigkeit der GPS-Positionierung vor dem Jahr 2000 zurückzuführen. Diese Phänomene machen sich vor allem im hügeligen Gebiet und an den Rändern von grösseren Gewässern bemerkbar. Die mit dieser Auswertemethode ermittelten Nachweisgrenzen können anhand der, im Jahr 1995 aus der Luft detektierten und seither besser abgeschirmten, industriell genutzten Bestrahlungsanlage in Däniken/SO überprüft werden: Die signifikante Nettodosisleistung betrug 37 nSv/h, d.h. das rund Dreifache der Nachweisgrenze.

Die Durchführung der Messungen eines Gebietes an unterschiedlichen Tagen kann zu deutlichen Unterschieden in der Nettodosisleistung führen. Wenn immer möglich, sollten deshalb die Messungen am selben Tag erfolgen.

REFERENZEN ZU TEIL B

- [1] Verordnung über die Einsatzorganisation bei erhöhter Radioaktivität (VEOR) vom 26. Juni 1991 (Stand am 16. Februar 1999)
- [2] Atmosphärische Ausbreitungsrechnungen bei Unfällen in Kernanlagen, Konzept verabschiedet durch die Eidgenössische Kommission für ABC-Schutz anlässlich der Sitzung vom 7. März 2002
- [3] Dienstleistungsvereinbarung zwischen der Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK) und dem Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie (MeteoSchweiz) betreffend CN MET: Bereitstellung von meteorologischen Mess- und Prognosedaten für die Berechnung der Ausbreitung radioaktiver Stoffe vom 10. Dezember 2005
- [4] Projekt WINDBANK unteres Aaretal, Klassifikation von Windfeldern als Grundlage zur Diagnose der aktuellen Ausbreitungssituation, W.K. Graber und D. Bürki, PSI-Bericht-Nr. 96-11 (Juni 1996)
- [5] Projekt WINDBANK oberes Aaretal, Klassifikation, Diagnose und Prognose von Windfeldern in der Region des Kernkraftwerkes Mühleberg, W.K. Graber und M. Tinguely, PSI-Bericht Nr. 99-09 (Oktober 1999)
- [6] Projekt WINDBANK mittleres Aaretal, W.K. Graber und M. Tinguely, Analyse, Diagnose und Prognose der Windverhältnisse um das Kernkraftwerk Gösgen, PSI-Bericht Nr. 02-17 (Juli 2002)
- [7] Projekt WINDBANK Schlussbericht (Homogenisierung), F. Gassmann, H. Isaak, M. Tinguely, PSI-Bericht Nr. 05-08 (Juli 2005)
- [8] Schwarz, G. F., 1991: Methodische Entwicklungen zur Aerogammaspektrometrie. Beiträge zur Geologie der Schweiz, Geophysik Nr. 23, Schweizerische Geophysikalische Kommission
- [9] Bucher, B., 2001: Methodische Weiterentwicklungen in der Aeroradiometrie. Dissertation Nr. 13973, ETH Zürich
- [10] 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
- [11] Fachverband für Strahlenschutz, 1988: Bestimmung der Nettodosis mit Hilfe der TLD-Dosimetrie. Empfehlungen zur Überwachung der Umwelt-radioaktivität. Loseblattsammlung FS-78-15-AKU, Blatt 3.4.1, Fachverband für Strahlenschutz

Impressum

HSK Strahlenschutzbericht 2006

Herausgeber

Hauptabteilung für die Sicherheit
der Kernanlagen (HSK)
CH-5232 Villigen-HSK
Telefon ++41(0)56 310 38 11
Telefax ++41(0)56 310 39 95

zu beziehen bei

Hauptabteilung für die Sicherheit
der Kernanlagen
Informationsdienst
CH-5232 Villigen-HSK
oder per E-Mail
Infodienst@hsk.ch

Zusätzlich zu diesem Strahlenschutzbericht...

...informiert die HSK in drei weiteren
jährlichen Berichten aus ihrem
Arbeits- und Aufsichtsgebiet.

abrufbar unter

www.hsk.ch

HSK-AN-6163
ISSN 1661-2914

© HSK, Juni 2007

HSK-AN-6163
ISSN 1661-2914

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