

Kernanlagen

Objektyp: **Group**

Zeitschrift: **Bericht der Eidgenössischen Kommission zur Überwachung der Radioaktivität**

Band (Jahr): **29 (1985-1986)**

Heft 1: **Text**

PDF erstellt am: **17.07.2024**

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

3. KERNANLAGEN

(In Zusammenarbeit mit der Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen [HSK])

3.1. Uebersicht (Tab. 3.1.)

Kernkraftwerke (KKW) geben während ihres Betriebes über die Abluft radioaktive Edelgase, weitere gasförmige und an Aerosole angelagerte Radioaktivität, Jod-Isotope, Kohlenstoff-14 und Tritium an die Umwelt ab. Diese Radionuklide (ausser Edelgase) können sich auf Boden und Pflanzen ablagern, und durch die Wurzeln und die Blätter resorbiert werden. Radioaktive Spalt- und Aktivierungsprodukte sowie Tritium werden von KKW auch über das Abwasser an die Flüsse (Vorfluter) abgegeben. Sie können aus dem Flusswasser in Wasserpflanzen, Fische und Flusssedimente übergehen. Die an die Umwelt abgegebenen radioaktiven Stoffe verursachen eine externe Bestrahlung von Personen, die sich in der Umgebung der KKW aufhalten; sie können über Atemluft, Trinkwasser und Nahrung in den menschlichen Körper aufgenommen werden, wo sie zu einer internen Bestrahlung führen.

Die Abgabelimiten der KKW werden in der Betriebsbewilligung von der Behörde so festgelegt, dass keine Person der Umgebungsbevölkerung durch Immissionen aus einem KKW eine Strahlendosis von mehr als 0,2 mSv/Kalender-Jahr erhält. Der Betreiber eines KKW ist verpflichtet, sämtliche Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umwelt lückenlos zu messen und zu bilanzieren. Die HSK kontrolliert die Angaben des Betreibers durch Ueberprüfung seiner Messgeräte und Aufzeichnungen und durch stichprobenartige eigene Messungen. Darüber hinaus kontrollieren die Labors von HSK und KUER die Messresultate des Betreibers durch Messungen von Parallel- und andern Stichproben.

Eine allfällige Direktstrahlung aus einem KKW (z.B. durch die hochenergetische Gamma-Strahlung von Stickstoff-16 im Dampfkreislauf eines Siedewasserreaktors) darf ausserhalb des umzäunten Areals zu einer Ortsdosis von höchstens 0,1 mSv/Woche führen. Diese Direktstrahlung ist nur in unmittelbarer Nähe ausserhalb der Umzäunung des KKW wirksam und nimmt mit der Entfernung rasch ab. Falls die über sämtliche Belastungspfade akkumulierte Jahresdosis von Einzelpersonen der Bevölkerung, unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten und der zu erwartenden Expositionszeiten durch die Direktstrahlung, den Wert 0,3 mSv pro Kalenderjahr überschreiten würde, müsste gemäss der Richtlinie R-11 die Direktstrahlung durch zusätzliche Massnahmen weiter reduziert werden.

Zusätzlich zur Ueberwachung der Emissionen eines KKW wird durch KUER und HSK die Umgebung auf Radioaktivität überwacht. Dadurch können die aus den Abgaben berechneten Dosen für die Umgebungsbevölkerung durch Messwerte überprüft werden. Gemäss einem für jedes Werk spezifischen Probenahme- und Messplan von HSK und KUER wird die Ortsdosis an mehreren Stellen sowie die Radioaktivität der wichtigsten Belastungspfade - teilweise kontinuierlich, teilweise stichprobenartig - gemessen (vergl. Tab. 3.1.).

Aus den gemessenen Radioaktivitätsabgaben wird in Verbindung mit Ausbreitungs- und Dosisberechnungen und unter Abstützung auf die Resultate der Umgebungsüberwachung die Strahlenexposition der dort lebenden Bevölkerung ermittelt und die Einhaltung des Dosisgrenzwertes von 0,2 mSv überprüft.

3.2. Emissionen aus Kernanlagen (Fig. 3.9; Tab. 3.2. - 3.8.)

Eine Zusammenstellung der zulässigen Jahresabgaben gemäss Abgabereglementen, der flüssigen und gasförmigen Radioaktivitätsabgaben aus Kernanlagen an die Umwelt, sowie der daraus berechneten maximalen Personendosen, findet sich in Tab. 3.2. und 3.3. Auch 1985 und 1986 lagen die Radioaktivitätsabgaben unter den Grenzwerten. Die Dosen der in der Umgebung lebenden Bevölkerung betragen weniger als 0,2 mSv.

Besonders zu erwähnen ist eine kurzzeitige Edelgasabgabe am 11.02.86 aus dem Kernkraftwerk Mühleberg. Innerhalb von 1 Stunde wurden ca. $1,3 \cdot 10^5$ GBq Xenon-133 über das Kamin abgegeben, weil beim erneuten Anfahren des Reaktors, nach einer Abschaltung, die Aktivkohlestrecke kurze Zeit überbrückt werden musste. Während dieser Zeit zeigten Messungen der Ortsdosis "Ufem Horn" (580 m W des Werkes) eine Erhöhung während etwa 3/4 Std. mit Spitzenwerten von $0,42 \mu\text{Sv/h}$. Das Integral dieser Dosiserhöhung betrug ca. 50 nSv. Die Kurzzeitabgabelimite wurde nicht überschritten.

Die Radioaktivitätsabgaben der Kernanlagen werden getrennt nach Abwasser und Abluft nuklidspezifisch bilanziert. Die Zusammensetzung der Abgaben geht aus den Tab. 3.5. bis 3.8. hervor.

In Tab. 3.4. und Fig. 3.9. ist die zeitliche Entwicklung der flüssigen und gasförmigen Abgaben der Schweizer Kernkraftwerke seit 1974 dargestellt, ebenso die daraus berechneten maximalen Personen-Dosen. Mehrere Abgabelimiten wurden 1979 für das KKB und das KKM nach einigen Jahren Betriebserfahrung und als Folge von besserer Brennstoffqualität (Brennelementhüllen) und durchgeführter Nachrüstmassnahmen gesenkt. Z.B. wurden die Richtwerte der tatsächlichen Zusammensetzung des abgegebenen Nuklidgemisches angepasst. Für die Abwasserabgaben wurde der Strontium-90-Bezugsrichtwert von $C_w = 3,7 \cdot 10^5 \text{ Bq/m}^3$ durch den Richtwert von $3,7 \cdot 10^6 \text{ Bq/m}^3$ ersetzt; (1 C_w ist diejenige Aktivitätskonzentration im Wasser, die bei Dauerkonsum von 1,1 Liter/Tag an 250 Tagen pro Jahr zu den für beruflich strahlenexponierte Personen höchstzulässigen Dosen führen würde; siehe SSV0). Seit 1978 ist durch das Reglement R-11 die maximale jährliche Dosis der Umgebungsbevölkerung auf 0,2 mSv festgelegt. Diese Limite wurde seither nicht mehr geändert. Aus den Figuren 3.9. sind beispielsweise folgende Einzelheiten ersichtlich:

- a) die von KKM und KKB in flüssiger Form abgegebenen Aktivitäten haben seit 1974 etwa um einen Faktor 10 abgenommen;
- b) die beiden Siedewasserreaktoren (Mühleberg und Leibstadt) geben viel weniger Tritium ab als die Druckwasserreaktoren;

- c) die bessere Qualität des Brennstoffes hat im KKM zu einer deutlichen Reduktion der abgegebenen radioaktiven Edelgase geführt;
- d) aerosolförmige Abgaben waren, mit Ausnahme des Zwischenfalls des KKM im Herbst 86, immer viel tiefer als die Limiten;
- e) auffällig ist, dass 1986 vom KKM mehr Jod-131 abgegeben wurde, dies wegen schlechterem Brennstoff; dennoch liegen die Abgaben unterhalb der Limiten.

Die Resultate von Parallelmessungen von Abwasser, Abgas, Aerosolfiltern und Aktivkohle (Jod) durch HSK und KUER zeigten auch 1985 und 1986 eine befriedigende Übereinstimmung mit den Messungen der Werke.

Gemäss einer Abschätzung der HSK und Stichprobenmessungen betragen die jährlichen Kohlenstoff-14-Abgaben der Kernanlagen über die Abluft: KKB I und II ca. 37 GBq/Jahr; KKM ca. 190; KKG ca. 110; KKL ca. 440 und Reaktor Saphir des EIR weniger als 7 GBq/Jahr. Bei Druckwasserreaktoren (KKB und KKG) werden nur ca. 50% des Kohlenstoff-14 als CO₂ d.h. in assimilierbarer Form (Rest vorwiegend als Methan) abgegeben. Die Tritium-Abgaben über die Abluft liegen ebenfalls gemäss HSK-Abschätzungen, beim KKB I und II bei ca. 1500, beim KKM bei ca. 370, beim KKG bei ca. 3700 und beim KKL bei ca. 1100 GBq/Jahr.

Aus den Versuchsreaktoren der ETH Lausanne und der Universitäten Basel und Genf wurden nach Angaben der HSK keine in Bezug auf den Strahlenschutz nennenswerten Aktivitäten mit dem Abwasser abgegeben. Messungen erhärteten diese Feststellung. Stichproben von Abwasser der kontrollierten Zone, aus dem Versuchsreaktor CROCUS und der Anlage LOTUS, alle im Institut de Génie Atomique der ETH Lausanne, ergaben 1985 und 1986:

Anzahl Proben	Probenahme Stelle	Tritium kBq/Liter	Gamma-Strahler Bq/Liter
4	Abwasser der kontrollierten Zone	0,2-11	Na- 22: 0-200 Co- 60: < 1
2	Experimentier-Reaktor CROCUS	0,05; 0,07	keine
1	Versuchsanlage LOTUS	574	keine

Pro Jahr werden aus der kontrollierten Zone und dem Reaktor CROCUS zusammen 100-150 m³ Wasser abgegeben; aus der Versuchsanlage LOTUS weniger als 5 m³ pro Jahr.

Proben von abgabebereitem Abwasser aus dem ehemaligen Versuchsatomkraftwerk Lucens (CNL) ergaben 1985-86 folgende Werte:

Anzahl Proben	Probenahmeort	Tritium kBq/Liter	Cs-137 kBq/Liter
4	Puits III 1) (davon eine Puits I)	0,78-155	0,07-44
5 2)	Puits III 1)	35-330	0,06-6,1

1) Abgaberate an die Broye: $3,4 \text{ m}^3/\text{h}$ während der Abgabe

2) Abgaben während eines Auslaugversuches in der CNL-Kaverne

3.3. Umgebungsüberwachung der Kernanlagen (Zwischenfall im KKW Mühleberg vom September 1986, siehe Kap. 3.4.)

3.3.1. Ortsdosen (Tab. 3.9.-3.12.; Fig. 3.1.-3.3. + 5.10.t)

Die Ortsdosen in der Umgebung der Kernanlagen werden mit Thermolumineszenzdosimetern (TLD) überwacht; diese werden vierteljährlich ausgewertet. An je 4 Stellen in der Umgebung jedes KKW sind zusätzlich zu den werkeigenen TLD auch solche der KUER installiert. Die Genauigkeit der ermittelten Netto-Dosen liegt bei $\pm 20\%$. Da verschiedene Messsysteme verwendet werden, stimmen die Absolutwerte der Dosen nur etwa innerhalb 30% überein. 1985-1986 ergab die Überwachung mit TLD die in Tab. 3.9. und 3.10. angegebenen Ortsdosen.

Die Messungen ergaben Unterschiede der Jahres-Ortsdosen zwischen den einzelnen KKW-Standorten (vgl. Tab. 3.9. und 3.10. Fig. 3.1.-3.3. und 5.10.t) und in der Umgebung der einzelnen Werke bis zu 30%. Dafür sind hauptsächlich Unterschiede in der Zusammensetzung des Bodens, bei einzelnen Messstellen auch die Nähe von Gebäuden verantwortlich. Ab dem 2. Quartal 1986 ist deutlich der Einfluss des Reaktorunfalls Tschernobyl sichtbar. Die Ortsdosen und deren zeitliche Variationen hängen ausserdem von meteorologischen Faktoren wie Temperatur, Niederschlag, Wassergehalt oder Schneebedeckung des Bodens ab.

Ausgehend von der Annahme, dass die Einflüsse der Witterung, der Kalibrierung und der Auswertemethode auf die TLD-Ergebnisse der gleichen KKW-Umgebung und des gleichen Quartals dieselben sind, lassen sich durch eine geeignete Verarbeitung der Ergebnisse allfällige, durch die KKW-Abgaben verursachten Strahlendosen genauer ermitteln. Es wird so möglich, zusätzliche Dosen von ca. $0,04 \text{ mSv}$ und mehr, verursacht durch KKW-Abgaben, festzustellen; dies obwohl die Unterschiede der Bruttomesswerte deutlich grösser sind ($0,1$ bis $0,15 \text{ mSv}$). Für die Umgebung KKW Mühleberg, KKW Beznau-EIR (Würenlingen) und KKL sind die so berechneten Netto-Dosen (inkl. Tschernobyl-Beitrag) in den Tab. 3.11. und 3.12.a und b zusammengestellt. Für das KKW konnte von 1985 bis I. Quartal 87, wegen zu grossen Streuungen der Messresultate, verursacht durch das verwendete Auswertegerät der TLD, die Methode nicht angewendet werden.

Aus den Ergebnissen kann geschlossen werden, dass auch in den Berichtsjahren die maximale jährliche Personendosis von $0,2 \text{ mSv}$

für die Umgebungsbevölkerung nicht überschritten wurde, dies auch, obwohl der Unfall Tschernobyl erhöhte Ortsdosen verursacht hatte. Mit Tschernobyl hängt auch der in Tab. 3.12.b auffällige Wert der 3. Station im 4. Quartal zusammen: das TLD befindet sich nahe bei einer Scheune, in welcher im Herbst kontaminiertes Heu eingelagert wurde.

Seit Anfangs 1984 sind auch an sieben Stellen in der Umgebung des Institut de Génie Atomique der ETH-Lausanne TLD der KUER (Auswertung durch das Institut de Radiophysique appliquée der Universität Lausanne) aufgestellt. Sie ergaben Jahresdosen (inkl. natürlichem Untergrund) zwischen 0,7-0,9 mSv und zeigen keinen messbaren Einfluss durch die Abgaben des Instituts.

Zusätzlich zu den Dosismessungen mit TLD werden auch Messungen der Ortsdosisleistung mit Hochdruckionisationskammern durchgeführt; einerseits kurze Messungen (einige Minuten) an 30-40 Stellen, andererseits auch kontinuierliche Registrierungen an ausgewählten Stellen über längere Zeit (Fig. 3.1.-3.3.). Diese Messungen ergaben 1985/86, auf das Jahr umgerechnet, folgende Resultate:

Kurze Messungen (einige Minuten)

Umgerechnet auf das Jahr
(Ohne Stellen im Bereich der Direktstrahlung
Fehlerangabe beim Mittelwert : einfache Standardabweichung)

Umgebung	Datum	Anzahl Stellen	Streubereich der Messwerte mSv	Mittelwert mSv
KKM	9.7.85	42	0,73-0,99	0,85±0,07
	11.9.+7.10.86		0,82-1,6	1,0 ±0,2
KKG	8. 8.85	38	0,67-0,87	0,75±0,05
	10.12.86		0,72-0,98	0,82±0,06
KKL	25. 6.85	32	0,6 -0,81	0,73±0,05
	9.12.86		0,8 -1,0	0,9 ±0,06
KKB/EIR	26. 6.85	33	0,65-0,87 ¹⁾	0,76±0,08
	9.12.86		0,8 -1,0	0,92±0,07

1) beim EIR-Abfalllager: 1,2 mSv

Der Unterschied zwischen 1985 und 1986 ist auf die Erhöhung der Ortsdosen durch den Unfall Tschernobyl, sowie beim KKM auf den Zwischenfall vom September 1986 zurückzuführen. Da der "Tschernobyl-Anteil" der Ortsdosis im Verlauf des Sommers und Herbstes 1986 wieder zurückging, hängen die Messwerte auch etwas vom Zeitpunkt der Messung ab.

Kontinuierliche Registrierungen

(Standorte der Ionisationskammern und TLD nicht bei allen KKW exakt die selben)

Werk	Stelle	Jahr		Ortsdosis (Ionisations- kammer) mSv	KUER-TLD in der Nä- he der Io- nisations- kammer mSv
			Dauer der Messung		
KKM	BKW-Schaltzentrale (800m ENE)	1985	12 Monate	0,91±0,09	0,83±0,08
		1986	11 Monate	1,0 ±0,1	0,93±0,09
KKM	Ufem Horn (500m W)	1985	12 Monate	1,0 ±0,1	0,86±0,09
		1986	12 Monate	1,1 ±0,1	0,93±0,1
KKG	220 kV-Schaltan- lage Niedergösgen (800m ENE)	1985	11 Monate	0,77±0,08	0,75±0,08
		1986	12 Monate	0,88±0,09	0,81±0,08
KKB	Wasserkraftwerk ¹⁾	1985	12 Monate	0,6 ±0,05	0,64±0,07
		1986	12 Monate	0,77±0,26	0,82±0,08
KKL	Full-Pumpwerk	1985	12 Monate	0,82±0,08	0,76±0,08
		1986	12 Monate	0,99±0,1	0,83±0,08
KKL	Leibstadt-Chlämmi	1985	12 Monate	0,88±0,09	0,69±0,07
		1986	6 Monate	1,10±0,1 ²⁾	0,77±0,1

1) Messgerät mit NaJ-Detektor

2) da das Gerät nur in der ersten Hälfte 1986 in Betrieb war (nachher defekt), liefert die Umrechnung auf das ganze Jahr (wegen des Tschernobyl-Beitragtes im Frühling) einen etwas zu hohen Wert.

Berücksichtigt man die erreichbare Messgenauigkeit der verwendeten Geräte und Dosimeter, so ergibt sich eine befriedigende Übereinstimmung. Ionisationskammern erlauben eine genauere Messung der Ortsdosis als die TLD, deren Messwerte auf ±20% genau sind; Ionisationskammern sind jedoch wesentlich teurer in der Anschaffung und ihr Einsatz ist im Dauerbetrieb aufwendiger, weshalb solche Geräte nur an ein bis zwei Stellen in der Umgebung jedes KKW eingesetzt werden können. Da sie die Dosisleistung jedoch kontinuierlich registrieren, werden sowohl natürliche als auch durch KKW-Abgaben verursachte Änderungen der Dosisleistung fortlaufend erfasst.

Auf den betreffenden graphischen Darstellungen (Fig. 3.1.-3.3.) sind die durch meteorologische Einflüsse bedingten jahreszeitlichen Variationen sowie der Einfluss des Unfalles von Tschernobyl, Ende April 1986, und beim KKM (Stelle "Ufem Horn") der Zwischenfall vom September 1986 zu erkennen.

3.3.2 Erhöhte Ortsdosen infolge Direktstrahlung

Bei den meisten Kernanlagen ergibt sich unmittelbar ausserhalb der Umzäunung eine zusätzliche Ortsdosisleistung durch Direktstrahlung. Diese wird durch Dosimeter entlang der Umzäunung überwacht. Die unten angegebenen Netto-Ortsdosen erhält man nach Abzug der natürlichen Untergrunddosis für den betreffenden Ort; sie liegen überall unter dem für allgemein zugängliche Gebiete ausserhalb von Anlagen maximal zulässigen Wert von 0,1 mSv pro Woche (5 mSv pro Jahr). Drittpersonen halten sich im Bereich dieser Direktstrahlung nur kurze Zeit auf, z.B. während Spaziergängen oder Arbeiten auf dem Feld, und akkumulieren daher nur geringe zusätzliche Dosen. Der Einfluss der Direktstrahlung nimmt ferner mit der Entfernung vom KKW rasch ab.

Die TLD entlang der Umzäunung des KKB zur Messung der Direktstrahlung ergaben 1985 und 1986 im Sektor NE-SE Jahresnettodosen zwischen 0,1 und 0,6 mSv. Die Dosimeter in den andern Sektoren entlang der Umzäunung wiesen keine erhöhte Strahlung nach. Die TLD-Messwerte entlang der Umzäunung wurden von der HSK durch Messungen mit tragbaren Geräten bestätigt.

Jährliche Netto-Ortsdosen von 0,5 bis 3 mSv wurden am NE-Rand des EIR-Areals an der Umzäunung (verursacht durch das Abfallager und das Uebungsgelände der Schule für Strahlenschutz) festgestellt. Die übrigen Dosimeter entlang der Umzäunung aufgestellt, zeigten keine Erhöhung.

Beim KKM ergibt die Direktstrahlung aus dem Maschinenhaus infolge der harten Gamma-Strahlung von Stickstoff-16 aus dem Primärkreislauf entlang der Umzäunung, vor allem südlich und östlich des Maschinenhauses, eine erhöhte Ortsdosis. Das Maximum der jährlichen Netto-Dosen am Zaun südlich des Maschinenhauses betrug 1985 und 1986 1,7 mSv. Auf der Waldstrasse im Runtigenrain (ca. 200 m südlich des KKM) liegen die Netto-Werte bei 0,15-0,45 mSv, auf dem Umgehungsweg bei 0,5-1,1 und beim Weekendhaus auf der rechten Aareseite sind sie kleiner als 0,2 mSv (nat. Untergrund ca. 0,9 mSv). Die hier angegebenen Resultate wurden mit TLD (vierteljährliche Integration) gemessen. Kurzzeitig wurden von der HSK an einer Stelle am Zaun, wegen vorübergehend aufgestellter Container mit radioaktiven Abfällen, höhere Werte festgestellt, bis 0,5 μ Sv/h (inkl. nat. Untergrund), was auf das Jahr umgerechnet eine Netto-Dosis von 3,7 mSv ergeben würde. Da jedoch diese Container nicht während des ganzen Jahres dort standen, sind die Jahreswerte tiefer.

Beim KKG ergaben die 10 TLD entlang der Umzäunung keine messbaren Netto-Dosisbeiträge durch die Direktstrahlung d.h. pro Jahr weniger als 0,1 mSv (nat. Untergrund ca. 0,86 mSv).

Die Messungen der Direktstrahlung verursacht durch die γ -Strahlung von N-16 aus dem Maschinenhaus des KKL ergaben umgerechnet auf 1 Jahr folgende Netto-Werte:

am SW-Teil der Umzäunung:	0,3 -0,83 mSv
am SO-Teil der Umzäunung:	0,31-1,83 mSv
entlang der übrigen Umzäunung:	0-0,62 mSv

Auch beim CNL sind erhöhte Ortsdosen durch Direktstrahlung vorhanden, die ausserhalb des Zauns jährlich netto höchsten 4 mSv betragen.

3.3.3. Feldmessungen in der Umgebung der Kernkraftwerke mit tragbarem Germanium-Detektor (Fig. 5.16)

Auch 1985 und 1986 wurden in der Umgebung von KKW "in-situ" Messungen mit einem tragbaren Germanium-Detektor durchgeführt. Aus den an jeder Stelle akkumulierten Gamma-Spektren wurde für jedes gamma-strahlende Nuklid (sowohl natürlichen wie auch künstlichen Ursprunges) die Aktivitätskonzentration des Bodens und die entsprechende Dosisleistung berechnet und in den Fig. 5.16. graphisch dargestellt. Ausser beim Zwischenfall im KKM im Sept. 1986 sind keine messbaren Beiträge aus den Abgaben der KKW feststellbar.

Da diese Messungen einen Mittelwert über eine Fläche von ca. 100 m² liefern, sind deren Resultate repräsentativer als diejenigen von Laboruntersuchungen an Bodenstichproben. Diese Messmethode hat vor allem auch bei Störfällen grosse Vorteile und ist zudem so empfindlich, dass Abgaben von radioaktiven Aerosolen aus den KKW im Bereich der Jahreslimite gut nachgewiesen werden können (vgl. auch Beschreibung der Methode in Kap. 5.16.).

3.3.4. Aerosole und Niederschläge (Fig. 3.4., 3.5.)

Die Bestimmung der Radioaktivität der Aerosole in der Luft in der Umgebung der Kernanlagen erfolgt monatlich mit Hilfe von ausgelegten, vaselinbeschichteten Platten auf denen sich Aerosole ablagern. Anschliessend wird ihre Gesamt-Beta-Aktivität untersucht. Bei der Messstelle EIR-Nord in der Nähe der Verbrennungsanlage für radioaktive Abfälle, konnte während des Betriebes der Anlage (16.9.-16.11.85; 3.2.-21.3.86; 15.9.-18.12.86) keine eindeutige Erhöhung festgestellt werden. Auch in der Umgebung der KKW wurden an keiner Stelle markante Erhöhungen festgestellt. Die aus den Vaselinmessungen bestimmten Radioaktivitätsablagerungen in Bq/m² geben pro Monat z.T. tiefere Werte als die Niederschlagsmessungen, da die trocken abgelagerte Aktivität z.T. vom Regen abgewaschen wird und die im Regen leichter löslichen Radionuklide nicht vollständig auf den Platten haften. Dennoch liefert diese Methode gute Hinweise bei möglichen Aerosolimmissionen.

Aerosole werden auch kontinuierlich beim KKG (Niedergösgen, 220 kV-Schaltanlage ATEL), beim KKL (Full, Wasserresevoir beim Schützenhaus), beim KKM ("Ufem Horn") und nördlich des EIR auf Zellulosefiltern gesammelt und monatlich (EIR: wöchentlich) auf Gamma-strahlende Nuklide analysiert. Sichtbar ist nur Aktivität von Tschernobyl; auch die im Juli und August 1986 in Luft aus der Umgebung des KKM beobachtete geringe Konzentrationserhöhung stammt vermutlich hauptsächlich aus Tschernobyl wie aus dem Caesium-134 zu Caesium-137-Verhältnis geschlossen werden kann (vgl. hierzu Fig. 5.7.c.).

Niederschlagsproben werden beim KKG (Niedergösgen, 220 kV-Schaltanlage), beim KKL (Full, Wasserreservoir beim Schützenhaus) beim EIR und an einer Stelle beim KKM (nur zur Tritiumbestimmung) gesammelt und wöchentlich auf Gesamt-Beta-Aktivität

und Tritium untersucht. Die gemessenen Tritium- und Gesamt-Beta-Aktivitäten an diesen Stationen zeigen innerhalb der Messgenauigkeit gegenüber denjenigen von Freiburg und andern Stationen keinen Unterschied (vgl. auch Kap. 2.2.). Ein Einfluss erhöhter Abgaben aus Kernanlagen ist nicht erkennbar. Es kann nicht ausgeschlossen werden, ob die Tritium-Werte im Niederschlag bei Mühleberg durch Tritium-Abgaben eines Betriebes in der Region Bern beeinflusst werden (cf. Kap. 4.1.). Vom Strahlenschutzstandpunkt aus ist der erhöhte Wert im Dezember 1985 vernachlässigbar.

3.3.5. Erde, Gras, Getreide, Milch (Tab. 2.1. und 2.2.)

Proben von Erde, Gras, Getreide und Milch, die periodisch in der Umgebung von Kernanlagen erhoben werden, zeigten ausser in der Umgebung des KKM nach dem Zwischenfall vom September 1986 keine signifikanten Abweichungen der Aktivität zu entsprechenden Proben aus andern Landesgegenden. In allen Proben, die vor dem Unfall Tschernobyl erhoben wurden, waren nur noch Spuren von Strontium-90 und Caesium-137 vom Atombombenfallout feststellbar.

Für die nach dem Tschernobyl-Unfall erhobenen Erd- und Gras-Proben konnte aufgrund des bekannten Cs-134/Cs-137-Isotopenverhältnisses der "Tschernobyl-Anteil" subtrahiert werden. Beim verbleibenden, "alten" Caesium-137-Anteil ist, wie zu erwarten, gegenüber dem Vorjahr kein Unterschied feststellbar.

3.3.6. Wasser, Sedimente, Wasserpflanzen, Fische

(Tab. 3.14., 3.15.)

Flusswasserproben oberhalb und unterhalb der Kernanlagen (kontinuierliche Sammlung; wöchentliche Gesamt-Beta-Messung) ergaben meist (ausser nach dem Unfall Tschernobyl) Werte unter 0,4 Bq/Liter, in Uebereinstimmung mit anderen Oberflächengewässern der Schweiz. Ein Unterschied zwischen oberhalb und unterhalb der einzelnen Kernanlagen gesammelten Wasserproben ist nicht festzustellen. Die Tritium-Aktivität von Stichproben der gleichen Probenahme-Stellen betrug 2 bis 20 Bq/Liter.

Grundwasserstichproben aus Pumpwerken in der Umgebung der Kernanlagen zeigten Gesamt-Beta-Aktivitäten zwischen 0,04 und 0,2 Bq/Liter, und Tritium-Aktivitäten von 4-16 Bq/Liter. Einflüsse der Kernanlagen sind keine erkennbar.

Proben von Sediment und Wasserpflanzen aus den Flüssen unterhalb der Kernanlagen enthielten teilweise nebst natürlichen Radionukliden auch Jod-131, Caesium-134 und -137, Antimon-125, Mangan-54, Kobalt-58 und -60, Zink-65 etc. von den Kernanlagen. 1986 kommt ein Teil des Caesium-137 und -134 auch vom Unfall Tschernobyl, z.T. auch noch vom Fallout, während Jod-131 auch von den Abgaben aus Spitälern stammt.

Proben von Fischfleisch (Filets) aus den Flüssen bei den Kernanlagen ergaben nebst natürlichem Kalium-40 im Mittel:

1985: < 2 Bq Cs-137/kg
1986: 2,2 - 10 Bq Cs-137/kg und 1,9 - 5,2 Bq Cs-134/kg
(hauptsächlich vom Ausfall Tschernobyl)

3.3.7. C-14 in Baumblättern (Tab. 3.13.; Fig. 3.6.)

An der Referenzstation (Imihubel, Längenberg/BE) lag die Kohlenstoff-14-Aktivität 1985 bei 226 und 1986 bei 213 o/oo über dem natürlichen Level. Dieser beträgt nach Definition 1000 o/oo, was einer spezifischen Aktivität von 0,226 Bq pro g Kohlenstoff entspricht. Diese allgemeine Erhöhung stammt noch von den Kernwaffenversuchen der 60er-Jahre und nimmt infolge CO₂-Austausch der Atmosphäre mit den Ozeanen kontinuierlich ab (siehe Figur 3.6.). Eine Erhöhung des Kohlenstoff-14-Levels wegen Tschernobyl ist in Uebereinstimmung mit andern Messungen in Mitteleuropa nicht feststellbar.

In der Umgebung Schweizerischer Kernanlagen weisen die Pflanzen gegenüber denjenigen an der Referenzstation unterschiedlich erhöhte Kohlenstoff-14-Gehalte auf. Während in den Hauptwindrichtungen und in der Nahumgebung einiger Anlagen infolge assimilierbarer Kohlenstoff-14-Abgaben (in CO₂-Form) deutliche Erhöhungen gemessen werden, treten solche bei andern Anlagen nicht auf und sind bei allen Kernanlagen in grösserer Entfernung kaum mehr feststellbar. Die 1985 und 1986 erhobenen Stichproben erlauben folgende Aussagen:

Die grössten Erhöhungen (bis ca. 1000 o/oo) sind wiederum im EIR-Areal und in der unmittelbaren Umgebung von dessen Forschungsreaktor SAPHIR gemessen worden. Gegenüber 1984 lässt sich kein Trend erkennen; die festgestellten Variationen von 1984 bis 1986 an den einzelnen Stationen rühren vermutlich von einer unterschiedlichen Ausbreitung und Verdünnung der Emissionen während der Wachstumsphase her. Daraus kann auf ähnliche jährliche Abgaberraten in den letzten drei Jahren geschlossen werden. Wie 1984 nimmt die Erhöhung der Kohlenstoff-14-Aktivität mit der Entfernung rasch ab (vgl. Figur 3.6. und Tabelle 3.13: Proben Au, Wasserkraftwerk, EIR-Ost, EIR-Süd ergeben wesentlich tiefere Werte als die Stellen nahe vom Reaktor Saphir). Die starke Erhöhung in der unmittelbaren Nähe des Reaktors SAPHIR und die rasche Abnahme mit der Entfernung stimmen mit der Vorstellung überein, dass die lokale Verdünnung bei fehlendem Kamin wesentlich geringer ist, als wenn die Emissionen, wie bei den KKW, über einen Hochkamin erfolgen würden. Der in den Baumblättern gemessene zusätzliche Kohlenstoff-14-Gehalt führt in den Blättern pro Jahr zu maximal ca. 0,01 mGy. Dieser Wert ist viel kleiner als die örtlichen Variationen der natürlichen Strahldosen. An den landwirtschaftlich genutzten Orten nordöstlich des EIR ist die Kohlenstoff-14-Konzentration wesentlich geringer, so dass die zusätzlichen Dosen durch den Verzehr der dort erzeugten landwirtschaftlichen Produkte vernachlässigbar sind.

Die in der Hauptwindrichtung des KKL erhobenen Stichproben zeigen in den Jahren 1985 und 1986 d.h. nach dessen Inbetriebnahme im Herbst 1984, einen Anstieg der Kohlenstoff-14-Konzentrationen in nordöstlicher Richtung (vgl. Figur 3.6.). Diese Erhöhungen bis ca. 80 o/oo sind von der gleichen Grössenordnung wie sie in

der Umgebung eines Siedewasserreaktors erwartet werden. Eine hypothetische Strahlenexposition durch ausschliesslichen Verzehr von Nahrungsmitteln mit einem erhöhten Kohlenstoff-14-Gehalt von 80 o/oo würde pro Jahr zu zusätzlich ca. 1 μ Sv führen, und fällt somit nicht ins Gewicht.

3.4. Zwischenfall im KKW Mühleberg vom September 1986

3.4.1. Ursache und Hergang des Ereignisses

Im September 1986 ereignete sich im KKW Mühleberg ein Zwischenfall, bei dem unkontrolliert Radioaktivität in Form von Staub über die Abluft in die nähere Umgebung gelangte und sich auf Boden und Pflanzen ablagerte.

Einzelne Stichproben der KUER im Sommer 1985 zeigten im Boden der Umgebung des KKM Spuren von Co-60 (ca. 1 Bq/kg T.S. entsprechend ca. 50 Bq/m²). Messungen von KUER und HSK im Sommer 1986 ergaben an 3 Stellen in der Nahumgebung Werte um 100-400 Bq/m² je für Kobalt-60 und Zink-65. Aus diesen Aktivitäten berechnet sich eine Zunahme der Dosisleistung in der Nahumgebung des KKM von etwa 1-5 nSv/h, was gegenüber der Erhöhung durch Tschernobyl klein ist. Caesium-137 und -134 aus dem KKM fiel zu diesem Zeitpunkt gegenüber dem Caesium von Tschernobyl nicht auf. Das KKM wurde mündlich über diese Resultate orientiert.

Bei den Kontrollen, die das KKM daraufhin im Abluftsystem durchführte, kam es am 16.9.86 zum Austritt radioaktiven Staubes aus einem Raum, in dem sich ein Wärmerückgewinnungs-Austauscher befindet. Dabei wurde ein Mitarbeiter des KKM, das Dach des Aufbereitungsgebäudes und der Platz unmittelbar davor kontaminiert.

Genauere Abklärungen des KKM ergaben, dass radioaktiver Staub, der beim Zentrifugieren von Ionenaustauscher-Harzen anfiel, nicht wie vorgesehen zurückgehalten wurde, dass von insgesamt 136 Vor- und Hauptfiltern im Lüftungssystem 15 defekt waren und dass deshalb das Abluftsystem nach den Filtern kontaminiert wurde. Später stellte man fest, dass die Aerosolmessstelle im Abluftkamin nicht korrekt gemessen hatte. Bei den abgegebenen Aerosolteilchen handelte es sich um gröbere Teilchen als üblich, die sich in der Probenahmeleitung abgeschieden hatten und vom Messinstrument nicht erfasst wurden. Somit gelangte unkontrolliert Radioaktivität über den Kamin in die Umgebung. Seit wann solche Freisetzungen erfolgten, konnte nicht eruiert werden, da nicht bekannt ist, seit wann die Filter defekt sind.

Das KKM hat danach alle 136 Abluftfilter ersetzt, die Verbindung zwischen den Zentrifugen und dem Abluftsystem dicht verschlossen und das Abluftsystem dekontaminiert. Eine neue Aerosol-Messeinrichtung sorgt dafür, dass die Abgaben von radioaktiven Staubpartikeln nun korrekt erfasst werden (seit Oktober 1986). Die seither gemessenen Abgaben liegen wesentlich unterhalb des Wochengrenzwertes (1,9 GBq/Woche).

3.4.2. Messungen in der Umgebung und Abschätzung der freigesetzten Aktivität (Fig. 3.7.)

Nachdem die KUER vom Vorfall des 16.9.86 Kenntnis hatte, wurden mit Messfahrten in der Umgebung des KKM die Ortsdosisleistungen bestimmt, die Registrierstreifen der Ionisationskammern "Ufem Horn" und bei der Schaltzentrale in Niederruntigen ausgewertet und an 26 Stellen Erd- und Gras-Proben erhoben, um eine Bilanz über die abgegebene Aktivität ziehen zu können. Zudem wurden bei den umliegenden Bauernhöfen durch die KUER und das kantonale Labor Bern Proben von Milch, Gemüse, Wasser und Früchten erhoben.

Die Gebiete mit den höchsten Aktivitäten aus dem KKM liegen in den beiden Hauptwindrichtungen, in südwestlicher Richtung bis ca. 1 km Entfernung und in nordöstlicher Richtung bis ca. 2 km Entfernung. In grösseren Entfernungen sinken die Aktivitäten der vom KKM abgegebenen Nuklide rasch unter die Nachweisgrenze. Die Figuren 3.7.a bis c zeigen schematisch die gemessenen Bodenaktivitäten von Caesium-137, Cobalt-60 und Zink-65, welche aus dem KKM freigesetzt wurden. Diese lagen zu über 80% auf der Bodenoberfläche, der Rest auf dem Gras. Während die gemessenen Cobalt-60 und Zink-65-Aktivitäten nur aus dem KKM stammen, enthielten die Messresultate von Caesium-137 und -134 die Beiträge aus dem KKM, aus Tschernobyl und, für Caesium-137, auch vom früheren Kernwaffen-fallout. Da der Kernwaffenbeitrag aus früheren Messungen bekannt ist, und da der Beitrag aus Tschernobyl aus dem Ruthenium-103/Caesium-134- und aus dem Caesium-137/-134-Verhältnis (siehe Kap. 5) abgeschätzt werden kann, konnten die aus dem KKM stammenden Beiträge von Caesium-137 und -134 berechnet werden. Diese sind in der Fig. 3.7. angegeben. Verglichen mit dem Ausfall aus Tschernobyl weist derjenige aus dem KKM ein höheres Caesium-134/-137 Verhältnis (ca. 1,2-1,4) auf, verglichen mit 0,54 bei Tschernobyl im Mai 1986.

Aus den Boden- und Grasmessungen konnte die unkontrolliert über das Kamin freigesetzte Aktivität abgeschätzt werden, nämlich rund 11 GBq (300 mCi); davon sind 40% Caesium-137, 50% Caesium-134, ca. 7% Kobalt-60 und ca. 3% Zink-65. Die Abgaben lagen somit unterhalb des Jahresgrenzwertes von 19 GBq (500 mCi). Ueber die Höhe der wöchentlich abgegebenen Menge an radioaktiven Aerosolen, und damit über die Einhaltung des Wochengrenzwertes von 1,9 GBq (50 mCi), kann keine Aussage gemacht werden. Es konnte auch nicht eruiert werden, seit wann diese Abgaben erfolgten, ob sie über längere Zeit oder ob sie in einer oder mehreren kurzen Abgaben erfolgt sind. Immerhin kann aus den Resultaten der kontinuierlich messenden Reuter-Stokes-Kammer "Ufem Horn" abgelesen werden, dass dort der grösste Teil der Aktivität am 11.9.86 und ein etwas kleiner Teil am 2./3.9.86 abgelagert wurde (Fig. 3.2.a). Die Kontrolle der Aufzeichnungen dieses Gerätes ergab folgende Ergebnisse: Ufem Horn betrug die Dosisleistung im Jahresmittel (vor Tschernobyl) ca. 115 nSv/h. Sie stieg nach Tschernobyl um einige 10 nSv/h an und nahm hernach langsam wieder ab. Im August betrug sie Ufem Horn noch 124 nSv/h, lag also noch ca. 10 nSv/h über dem natürlichen Untergrund. Am 2./3.9.86 stieg sie um 11 auf 135 nSv/h und am 11.9.86 auf 167 nSv/h, also um insgesamt 43 nSv/h.

Diese Ortsdosisleistungen können mit den Resultaten an Boden- und Grasproben verglichen werden. Gemäss Kap. 5.4.3. kann aus der Aktivitätsbelegung des Bodens auf die zusätzlich verursachte Ortsdosisleistung geschlossen werden. In der Umgebung der Reuter-Stokes-Kammer Ufem Horn wurden Ende September 1986 folgende Beiträge aus dem KKM ermittelt:

		*)			
Isotop:	gemessen:	berechnete Dosis:			
Cs-137:	2200 Bq/m ²	$\hat{=}$	6	nSv/h	(vom Sept. 86)
Cs-134:	3000 Bq/m ²	$\hat{=}$	21	nSv/h	(vom Sept. 86)
Co- 60:	560 Bq/m ²	$\hat{=}$	6	nSv/h	(vom Frühjahr und z.T. Sept. 86)
Zn- 65:	850 Bq/m ²	$\hat{=}$	2	nSv/h	(vom Frühjahr und z.T. Sept. 86)
Total:			<u>35</u>	nSv/h	

*) Zur Umrechnung der Flächenaktivität in Dosisleistung vgl. entsprechende Dosisfaktoren in: C. Murith, H. Völkle und S. Weimer: "Aspekte der "in-situ"-Gamma-Spektrometrie". Loseblattsammlung, Arbeitskreis Umweltüberwachung des Fachverbandes für Strahlenschutz, 1987

Die totale Dosisleistung stimmt mit der aus Fig. 3.2.a ersichtlichen Erhöhung der Ortsdosisleistung Ende September von ca. 30 nSv/h gut überein und bestätigt die oben gezogenen Schlüsse über die vom KKM in der ersten Septemberhälfte freigesetzten Cesium-Aktivitäten an dieser Stelle. Zusätzlich können obige Angaben über erhöhte Ortsdosisleistungen mit den TLD-Netto-Dosen (Tab. 3.11.) verglichen werden. Ufem Horn ist im IV. Quartal eine gegenüber dem II. und III. Quartal um 60 ± 20 μ Sv erhöhte Dosis gemessen worden. Umgerechnet auf die 2200 Stunden in diesen 3 Monaten, ergibt dies eine Erhöhung der Dosisleistung von 27 nSv/h, was für diesen Zeitabschnitt wiederum gut mit den Resultaten der Ionisationskammer übereinstimmt. Auch die in-situ-Messungen ergeben für Ufem Horn eine Zunahme der Ortsdosisleistung von ca. 38 nSv/h (Fig. 5.16.m.).

Eine weniger gute Uebereinstimmung zwischen Boden-, "in-situ"-, Ortsdosisleistungs- und Dosis-Messungen ergibt sich in der nordöstlichen Windrichtung. Während die Ionisationskammer in Niederruntigen (Fig. 3.2.b) und die TLD-Dosis (Tab. 3.11.) im Herbst 86 keinen deutlichen Anstieg zeigen, ergaben Bodenproben die in der Fig. 3.7.a bis c dargestellten Aktivitäten, also ähnliche Werte wie Ufem Horn. Allerdings waren in Niederruntigen Ortsdosisleistung, TLD-Dosis und in-situ-Messungen bereits im Juni 86, verglichen mit Ufem Horn, leicht erhöht, was bedeuten könnte, dass in dieser Windrichtung die Abgaben aus dem KKM nicht nur in der ersten Septemberhälfte erfolgten, sondern teilweise schon im Sommer. Ebenfalls nicht einfach erklärbar ist der relativ rasche Rückgang der Ortsdosisleistung Ufem Horn von September bis Dezember 86.

3.4.3. Messungen in Lebensmitteln (Fig. 3.8.)

Milchproben von 19 Höfen in der Umgebung des KKM ergaben meist Aktivitäten unter 25 Bq/Liter je für Caesium-137 und -134. Lediglich Milch des Bauernhofs "Ufem Horn", 600 m westlich des KKM, ergab im Oktober Werte bis ca. 100 Bq/Liter für beide Caesium-Isotope und ca. 20 Bq/Liter für Zink-65 (Fig. 3.8.). Die Messungen der Milch vom "Horn" wurden bis 21.11.86 weitergeführt. Aus einer Grasmessung am 20. September wurde unter Benutzung eines Transferfaktors von 0,3 Bq/Liter Milch pro Bq/kg Gras eine Konzentration in der Milch von 270 Bq/Liter für Caesium-137 und 320 Bq/Liter für Caesium-134 abgeschätzt (Fig. 3.8.). Die maximale Konzentration dürfte so gegen den 15. September erreicht worden sein. Nachher wurde eine Abnahme entsprechend einer effektiven Halbwertszeit von 10 Tagen festgestellt. Dies kann mit einer Verdünnung durch Wachstum des Grases und teilweisem Abwaschen durch Niederschläge erklärt werden. In der Milch anderer Bauernhöfe gingen die Caesium-Aktivitäten ähnlich rasch zurück.

Anfangs Oktober ergab Lauch vom Hof "Ufem Horn" 118 Bq/kg Caesium-134, 96 Bq/kg Caesium-137, 44 Bq/kg Kobalt-60 und 50 Bq/kg Zink-65 (in gewaschenem Zustand). Bei Pflaumen und Äpfeln lagen alle Werte unter 37 Bq/kg. Jod-131 war keines feststellbar. In der folgenden Woche wurden weitere 20 Obstproben und 19 Gemüseproben aus der Umgebung des KKM untersucht. Mit Ausnahme der Proben vom "Horn" war in allen Gemüse- und Obstproben praktisch kein Caesium-137 d.h. <7 Bq/kg nachweisbar; 4 Gemüseproben (Spinat und Nüsslisalat) Ufem Horn enthielten 20 bis 50 Bq/kg Caesium-137.

3.4.4. Abschätzung der Strahlendosen

Bei der Abschätzung der durch den Zwischenfall verursachten Strahlendosen für die in der Nahumgebung wohnende Bevölkerung wurde von den gemessenen Ortsdosen sowie den Milch- und Gemüseproben ausgegangen. Zur Bestätigung wurden auch Ganzkörper- und Urinmessungen an einer Person des 600 m westlich gelegenen Bauernhofes durchgeführt.

Die zusätzliche externe Dosis kann aus den TLD-Messungen und den in Fig. 3.2. dargestellten Ortsdosisleistungsmessungen abgeschätzt werden. Geht man für September bis Dezember 86 von einer mittleren Erhöhung von 30 nSv/h an der Stelle "Ufem Horn" aus und nimmt man eine Aufenthaltsdauer im Freien von 6 Stunden pro Tag an, so erhält man ca. 25 μ Sv für die zusätzliche externe Dosis im Jahr 1986 an dieser exponiertesten Stelle. Dies stimmt mit den TLD Werten aus Tab. 3.11. gut überein.

Zur Abschätzung der Ingestionsdosis wird angenommen, dass ein Selbstversorger ab 15. September täglich 0,5 Liter Milch trinkt, welche die in Fig. 3.8. angegebenen Caesium-137 und -134-Aktivität aufweist, die zeitlich gemäss dieser Figur abnimmt. Ferner esse er täglich 200 g Gemüse, welches Anfangs Oktober 100 Bq/kg Caesium-137 enthielt, mit einer zeitlichen Abnahme wie in der Milch. Dies ergibt eine total aufgenommene Aktivität im Herbst 86 von ca. 3500 Bq Caesium-137 und 5000 Bq Caesium-134. Mit den in Kap. 6.1. angegebenen Dosisfaktoren ergibt dies für den Selbstversorger eine zusätzliche effektive Äquivalentdosis von ca.

0,15 mSv. Cobalt-60 und Zink-65 ergeben höchstens einen 10 mal kleineren Beitrag.

Zur Kontrolle dieser berechneten Dosis wurde an einer Person vom Bauernhof "Ufem Horn" am 17.12.86 eine Ganzkörpermessung durchgeführt. Sie ergab 3900 Bq für Caesium-137 und -134 zusammen. Auf Oktober 86 zurückgerechnet (unter Verwendung einer effektiven Halbwertszeit für Caesium im Körper von 100 Tagen) entspricht dies ca. 5600 Bq. Davon entfallen 500 bis 1500 Bq auf den Anteil aus Tschernobyl (siehe Fig. 5.47a für das Mittel-land). Damit müssten ca. 4500 Bq Caesium-137 und -134 der oben erwähnten Aktivität aus der Ganzkörpermessung auf den Zwischenfall des KKM zurückgeführt werden. Dieser Wert ist kleiner als der aus den Konsumraten abgeschätzte Wert (ca. 8500 Bq Caesium-137 und -134) und zeigt, dass die Dosisabschätzung aus den Ingestionswerten wohl konservativ ist, wie dies auch bei der Dosisabschätzung des Unfalls Tschernobyl festgestellt wurde (Kap. 6.2.).

Von der gleichen Person wurde am 6.1.87 auch eine Urinmessung durchgeführt. Sie ergab je 6,3 Bq/Liter für die beiden Caesium-Nuklide. Unter der Annahme einer Tagesausscheidung von 1,4 Liter und einer effektiven Halbwertszeit von 100 Tagen erhält man bezogen auf den 6.1.87 eine Aktivität im ganzen Körper von 2800 Bq. Unter der vereinfachenden Annahme, dass das ganze im Körper eingebaute Caesium über den Urin ausgeschieden wird, lässt sich auf den Oktober 86 zurückgerechnet eine Aktivität im Körper von ca. 5200 Bq bestimmen. Dies ist wiederum in guter Übereinstimmung mit den oben erwähnten Werten.

Als Summe für externe und interne zusätzliche Strahlendosen erhält man also für 1986 0,1 bis 0,2 mSv. Obschon diese Abschätzungen gewisse Unsicherheiten aufweisen, kann angenommen werden, dass durch den Zwischenfall des KKM die maximal zulässige Jahresdosis für 1986 von 0,2 mSv nicht überschritten wurde.