

**Zeitschrift:** Umweltradioaktivität und Strahlendosen in der Schweiz = Radioactivité de l'environnement et doses de rayonnements en Suisse = Radioattività dell'ambiente e dosi d'irradiazione in Svizzera

**Herausgeber:** Bundesamt für Gesundheit, Abteilung Strahlenschutz

**Band:** - (1993)

**Rubrik:** Überwachung der Kernanlagen : Emissionen und Immissionen

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 26.04.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## 4. ÜBERWACHUNG DER KERNANLAGEN: EMISSIONEN UND IMMISSIONEN

### Zusammenfassung

*Im Jahr 1993 wurden die Jahresgrenzwerte für die Abgaben radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser und der Abluft aus den Kernkraftwerken Beznau (KKB), Gösgen (KKG), Leibstadt (KKL) und Mühleberg sowie des Paul-Scherrer-Institutes an die Umwelt eingehalten. Die auf Grund der erfolgten Jahresabgaben unter konservativen Annahmen berechneten Jahresdosen waren für Einzelpersonen der Bevölkerung wiederum sehr klein und lagen deutlich unterhalb des quellenbezogenen Dosisrichtwertes von 0.2 mSv. pro Jahr.*

*Bei der Sortierung und der Behandlung von Tritium-kontaminierten Abfällen aus dem BAG-Bereich kam es jedoch je einmal zu einer Überschreitung der Kurzzeitabgabelimite des Abfallabors und der Verbrennungsanlage des Paul-Scherrer-Institutes. Für beide Ereignisse waren die aus den Abgaben errechneten Dosen allerdings gering und betrugen unter sehr ungünstigen Annahmen maximal 0.003 resp. 0.012 mSv (Kleinkinder). Bei der Isotopenproduktion des PSI erfolgte im September 1993 eine erhöhte Abgabe von  $^{123}\text{Xe}$ , die allerdings unterhalb der Abgabelimiten blieb. Während der Abgabe, die ca. 1 Stunde dauerte, war mit den neu installierten MADUK-Messsonden eine Dosisleistungserhöhung beim Gemeindehaus in Villigen zu erkennen. Die Erhöhung lag in einer ähnlicher Grössenordnung wie die durch Niederschläge verursachte Schwankung des natürlichen Strahlenpegels. Das Ortsdosisleistungs-Messnetz MADUK ist im Laufe des Jahres in der Umgebung der Kernanlagen in Betrieb genommen worden. Das System besteht aus 12-18 kontinuierlich messenden Sonden pro Standort und hat sich bis anhin bewährt.*

*Im April wurden im KKB I während des Stillstandes beide Dampferzeuger ausgetauscht. Die während dieser Zeit durchgeführte Spezialmesskampagne zur Überwachung der Direktstrahlung ausserhalb des abgesperrten Areales ergab zwar am meistexponierten Punkt kurzfristig eine deutliche Erhöhung der Ortsdosisleistung, die daraus resultierende Dosis lag aber weit unterhalb des Grenzwertes von 0.1 mSv/Woche gemäss SSV0.*

*Die wichtigsten Expositionspfade radioaktiver Stoffe in der Umgebung wurden im Rahmen des permanenten Probenahme- und Messprogrammes überwacht. Die in verschiedenen Proben nachweisbaren Spuren künstlicher Radionuklide weisen auf die gasförmigen und die flüssigen Abgaben der Kernanlagen hin. Der Einfluss der Abgaben auf die Umgebung ist allerdings klein und die unter konservativen Annahmen berechneten Dosen bleiben um Grössenordnungen unter derjenigen der natürlichen Strahlung. Die Überwachung der Ortsdosis resp. der Ortsdosisleistung zeigte unmittelbar ausserhalb der Umzäunung durch Direktstrahlung erhöhte Werte bei den Siedewasserreaktoren KKL und KKM aus dem Maschinenhaus oder anderen Anlageteilen, beim Ostteil des PSI aus den Abfallagern des Bundes sowie beim Westteil des PSI durch Neutronenstreustrahlung. Die Messeinrichtungen in grösserer Distanz zu den Anlagen und insbesondere in bewohnten Gebieten zeigten dagegen - mit den oben erwähnten Ausnahmen - keine Werte über dem natürlichen Strahlenpegel. Der quellenbezogene Dosisrichtwert von 0,3 mSv/Jahr für die Bevölkerung aus externer und interner Strahlung konnte bei den schweizerischen Kernkraftwerken und beim Paul-Scherrer-Institut eingehalten werden. Im Kapitel 4.4 sind auch die Radioaktivitätsabgaben und die Direktstrahlung des CERN und die entsprechenden Resultate der Umgebungsüberwachung zusammengefasst.*

## 4.1. EMISSIONEN AUS DEN KERNANLAGEN (Tabellen 1a bis d)

**F. Cartier, A. Leupin, J. Schuler und W. Baur**

Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK), 5232 VILLIGEN-HSK

Die Abgaben radioaktiver Stoffe mit Abwasser und Abluft und die daraus für die Umgebungsbevölkerung errechnete maximale Personendosis im Jahr 1993 sind für die Kernkraftwerke und das Paul-Scherrer-Institut in den Tabellen 1a und 1b zusammengestellt. Die Fussnoten zu diesen Tabellen geben zusätzliche Hinweise über Berechnungsart, Definitionen und einige verwendete Annahmen. Es kann festgestellt werden, dass alle Grenzwerte für die Jahresabgaben eingehalten wurden. Den Tabellen 1c und 1d sind nuklidspezifische Angaben für die Emissionen über Abwasser und Abluft zu entnehmen. Die Abgabemessungen der Kernkraftwerke wurden wie in den Vorjahren mit vierteljährlichen, stichprobenartigen Vergleichsmessungen durch die Behörde kontrolliert.

Die aus den Emissionen errechnete Jahresdosis für Erwachsene und Kleinkinder (Altersklasse 1 Jahr) liegt für alle Anlagen auch unter Berücksichtigung der Ablagerungen aus den Vorjahren weit unterhalb des Dosisrichtwertes von 0,2 mSv pro Jahr. Sie beträgt für das KKB weniger als 0.006 mSv, beim KKM weniger als 0.013 mSv; beim KKG weniger als 0.004 mSv, beim KKL weniger als 0.006 mSv und für die Summe aller Abgabestellen des PSI weniger als 0.013 mSv. Im allgemeinen wird für die Kernkraftwerke die Dosis durch die C-14-Abgaben des laufenden Jahres dominiert, einzig beim KKM kommt der grösste Dosisanteil (ca. 0.01 mSv) durch Ablagerung von Aerosolen, die im Jahre 1986 in die Umgebung gelangten (29. KUeR-Bericht), zustande. Beim PSI stammt der grösste Dosisbeitrag (0.008 mSv) aus dem Betrieb der Verbrennungsanlage und dort insbesondere aus der Abgabe von Aerosolen.

Ergänzend muss erwähnt werden, dass am PSI bei drei Ereignissen eine erhöhte Abgabe von Radioaktivität an die Umgebung - in zwei Fällen mit Überschreitung einer Kurzzeitabgabelimite - auftraten:

- Am 31. August entwichen aus der Isotopenproduktion des PSI-West nach einem Fehler im Schnell-Abschalt-System ca.  $1,5 \cdot 10^{11}$  Bq  $^{123}\text{Xe}$ . Dies entspricht ungefähr 80% einer Kurzzeitabgabelimite. Ein ähnlicher Zwischenfall, allerdings auf Grund eines anderen auslösenden Fehlers ereignete sich bereits 1992 (vgl. BAG-Bericht 1992). Die errechnete Dosis aus der Abgabe war deutlich kleiner als 0.001 mSv und somit unbedeutend.

Der Durchgang der  $^{123}\text{Xe}$ -Wolke wurde von der MADUK-Messsonde beim Gemeindehaus in Villigen registriert. Eine Integration der Dosis aus der Wolkenstrahlung auf Grund der Messung dieser Sonde führt zu ca. 15 nSv.

- Beim Sortieren von radioaktiven Abfällen der sogenannten BAG-Sammelaktion von 1993 wurden am 1. September aus der Sortierbox des Radioaktiven-Abfall-Labors  $1,7 \cdot 10^{11}$  Bq Tritium (in der Form von HTO) in die Atmosphäre freigesetzt. Dies bedeutet eine Überschreitung der Kurzzeitabgabelimite um einen Faktor 2,7. Die aus diesem Ereignis für

die Umgebungsbevölkerung unter ungünstigen Annahmen maximale errechnete Dosis liegt bei 0.004 mSv.

- In der Woche vom 25. November bis 2. Dezember wurden diese Abfälle, nachdem sie vorgängig noch einmal zusätzlich sortiert worden waren, in der Verbrennungsanlage des PSI verarbeitet. Die im Anschluss an die Verbrennungen durchgeführte, routinemässige, wöchentliche Bilanzierung am 3. Dezember ergab eine Tritiumfreisetzung (in der Form von HTO) von  $1.25 \cdot 10^{12}$  Bq entsprechend ca. 3 mal der Kurzzeitabgabelimite der Verbrennungsanlage. Dies entspricht einer maximalen errechneten Dosis für die Umgebungsbevölkerung von ca. 0.012 mSv.

Als Sofortmassnahme wurde daraufhin die Verbrennung weiterer tritiumhaltiger Abfälle gestoppt. Im weiteren wurde inzwischen eine kontinuierliche Überwachung des Tritiumgehaltes der Rauchgase im Kamin realisiert. Es muss aber bemerkt werden, dass nach Meinung des PSI und auch der HSK ein Hauptgrund für diese Ereignisse auch in der ungenügenden Vorsortierung und Deklaration der Abfälle durch die anliefernden Betriebe liegt. Diese müssen in Zusammenarbeit aller betroffenen Stellen verbessert werden.

Beim Versuchsatomkraftwerk Lucens erfolgte anfangs 1993 die Freigabe der HSK zur Durchführung eines einjährigen Beobachtungsprogrammes bezüglich der Menge und die radiologische und chemische Charakteristik des Drainagewassers.

**Tabelle 1a:** Zusammenstellung der Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umgebung für das Jahr 1993 und die daraus resultierenden Dosen für Einzelpersonen der Bevölkerung.  
(Fussnoten am Ende der Tabelle).

Anlage	Medium	Art der Abgaben	Abgabelimiten (gem. Reglement) <sup>1)</sup>	Tatsächliche Abgaben <sup>2)</sup> ; ( $\pm 50\%$ )	Berechnete Jahresdosis <sup>3)</sup>	
			Bq/Jahr	Bq/Jahr	Erwachsener Sv/Jahr	Kleinkind Sv/Jahr
KKB 1+ KKB 2	Abwasser (38000 m <sup>3</sup> )	Nuklidgemisch (ohne Tritium) <sup>4)</sup>	3,7E+11	8,5E+09	} 2,5E-07	} 4,1E-08
		Tritium	7,4E+13	1,2E+13		
	Abluft	Edelgase <sup>4)</sup>	1,1E+15	1,9E+13	1,7E-07	1,7E-07
		Aerosole <sup>5)</sup> (ohne I-131, Halbwertszeit>8 Tage)	5,6E+09	8,7E+05	1,4E-08	1,3E-08
		Jod-131/133 (I-131-aeq.) <sup>4)</sup>	3,7E+09 (nur I-131)	1,5E+07	<1E-08	2,9E-08
	Kohlenstoff-14 <sup>6)</sup>	--	4,0E+10	1,1E-06	5,3E-06	
KKM	Abwasser (8199 m <sup>3</sup> )	Nuklidgemisch (ohne Tritium) <sup>4)</sup>	3,7E+11	3,7E+09	} 4,8E-07	} 1,5E-07
		Tritium	1,9E+13	3,0E+11		
	Abluft	Edelgase <sup>4)</sup>	2,0E+15	3,8E+12	<1E-08	<1E-08
		- $\beta$ -total-Messung Aerosole <sup>5)</sup> (ohne I-131, Halbwertszeit>8 Tage)	1,9E+10	1,0E+07 ( $<8E+13$ ) <sup>7)</sup>	1,1E-05	9,5E-06
		Jod-131	1,9E+10	1,2E+07	<1E-08	<1E-08
	Kohlenstoff-14 <sup>6)</sup>	--	2,0E+11	6,8E-07	3,2E-06	
KKG	Abwasser (7973 m <sup>3</sup> )	Nuklidgemisch (ohne Tritium) <sup>4,7)</sup>	1,9E+11	<1,3E+08	} 1,5E-08	} 1,9E-08
		Tritium	7,4E+13	1,3E+13		
	Abluft	Edelgase <sup>4)</sup>	1,1E+15	<1,1E+13	<2,5E-08	<2,5E-08
		Aerosole <sup>5,7)</sup> (ohne I-131, Halbwertszeit>8 Tage)	9,3E+09	<6E+06	<1E-08	<1E-08
		Jod-131 <sup>7)</sup>	7,4E+09	<4E+06	<1E-08	<1E-08
	Kohlenstoff-14 <sup>6)</sup>	--	1,0E+11	6,8E-07	3,2E-06	
KKL	Abwasser (17611 m <sup>3</sup> )	Nuklidgemisch (ohne Tritium) <sup>4)</sup>	3,7E+11	1,8E+08	} <1E-08	} <1E-08
		Tritium	1,9E+13	6,2E+11		
	Abluft	Edelgase <sup>4)</sup>	2,2E+15	2,9E+13	3,8E-08	3,8E-08
		Aerosole <sup>5,7)</sup> (ohne I-131, Halbwertszeit>8 Tage)	1,9E+10	<3E+06	<1E-08	<1E-08
		Jod-131	1,9E+10	1,2E+09	7,4E-08	4,9E-07
	Kohlenstoff-14 <sup>6)</sup>	--	1,9E+11	9,6E-07	4,5E-06	

**Tabelle 1b:** Zusammenstellung der Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umgebung für das Jahr 1993 und die daraus resultierenden Dosen für Einzelpersonen der Bevölkerung *(Fussnoten am Ende der Tabellen)*

Anlage	Medium	Art der Abgaben	Abgabelimiten <sup>1)</sup>			Tatsächliche Abgaben <sup>2)</sup> , (±50%)			Berechnete Jahresdosis <sup>3)</sup>					
			Bq/Jahr			Bq/Jahr			Erwachsener Sv/Jahr			Kleinkind Sv/Jahr		
PSI-OST	Abwasser (14311 m <sup>3</sup> )	Nuklidgemisch (ohne Tritium) <sup>4)</sup>	2,0E+11			1,8E+08			} <1E-08			} <1E-08		
		Tritium	2,0E+13			2,6E+10								
	Abluft	Edelgase/Gase (Ar-41-aeq.) <sup>4)</sup>	Hochkamin-Ost	Verbrennungsanl.	Uebrig-Ost	Hochkamin-Ost	Verbrennungsanl.	Uebrig-Ost	Hochkamin-Ost	Verbrennungsanl.	Uebrig-Ost	Hochkamin-Ost	Verbrennungsanl.	Uebrig-Ost
			--	4,0E+12	5,0E+11	1,4E+09	--	--	<1E-08	--	--	<1E-08	--	--
		β/γ-Aerosole <sup>5)</sup> (ohne Jod, Halbwertszeit>8 Tage)	1,0E+10	1,0E+09	1,0E+08	1,1E+07	4,1E+08	3,6E+03	} <1E-08	} 2,9E-06	} <1E-08	} <1E-08	} 6,6E-06	} 1,0E-08
		β/γ-Aerosole <sup>5)</sup> (8 Std.<Halbwertszeit<8 Tage)	--	--	--	1,1E+07	--	--						
		α-Aerosole	3,0E+08	5,0E+07	2,0E+06	--	9,2E+05	--						
Jod (I-131-aeq.) <sup>4)</sup>	3,0E+10	2,0E+09	2,0E+08	3,4E+09	4,5E+07	--	1,2E-07	6,7E-08	--	6,9E-07	2,0E-07	--		
Tritium (tritiertes Wasser)	--	4,0E+12	2,0E+12	--	1,5E+12	5,7E+11	--	4,0E-07	2,3E-07	--	1,2E-06	6,9E-07		
PSI-WEST	Abwasser (58 m <sup>3</sup> )	Nuklidgemisch (ohne Tritium) <sup>4)</sup>	--			2,0E+05			} <1E-08			} <1E-08		
		Tritium	--			4,0E+07								
	Abluft	Edelgase/Gase (Ar-41-aeq.) <sup>4)</sup>	Zentr. Abluft-West	Doppelkamin	Uebrig-West	Zentr. Abluft-West	Doppelkamin	Uebrig-West	Zentr. Abluft-West	Doppelkamin	Uebrig-West	Zentr. Abluft-West	Doppelkamin	Uebrig-West
			2,0E+14	5,0E+12	2,0E+12	3,5E+13	4,5E+10	9,4E+10	1,6E-06	2,6E-08	1,6E-07	1,6E-06	1,6E-08	1,6E-07
		β/γ-Aerosole <sup>5)</sup> (ohne Jod und Be-7, T <sub>1/2</sub> >8 Tage)	2,0E+08	5,0E+07	2,0E+08	2,5E+05	2,0E+04	1,4E+05	} <1E-08	} <1E-08	} <1E-08	} 4,1E-08	} <1E-08	} 3,8E-08
		β/γ-Aerosole <sup>5)</sup> (8 Std.<Halbwertszeit<8 Tage)	1,0E+11	--	--	1,2E+09	1,2E+05	7,3E+06						
		α-Aerosole	--	--	--	--	--	--						
Jod (I-131-aeq.) <sup>4)</sup>	5,0E+09	--	1,0E+08	1,5E+09	--	--	2,1E-07	--	--	7,9E-07	--	--		
Tritium (tritiertes Wasser)	6,0E+13	--	2,0E+12	8,4E+10	5,0E+05	8,3E+10	<1E-08	<1E-08	1,6E-07	1,0E-08	<1E-08	4,6E-07		

**Tabelle 1c:** Flüssige Abgaben der Kernanlagen an die Aare oder den Rhein, 1993  
(Fussnoten am Ende der Tabellen)

Nuklid	Abgaben (Q) <sup>2)</sup>				
	[Bq im Jahr]				
	Beznau	Gösgen	Leibstadt	Mühleberg	PSI
<b>β-/γ-Strahler</b>					
H-3	1.2E+13	1.3E+13	6.2E+11	3.0E+11	2.6E+10
Be-7					4.3E+05
Na-22					6.7E+07
Na-24	7.1E+09			1.7E+08	
S-35					4.1E+07
Cr-51	1.5E+08		1.1E+07	2.5E+09	
Mn-54	6.6E+08		2.0E+07	2.0E+09	1.5E+07
Co-56					2.0E+03
Co-57	1.6E+08				8.3E+06
Co-58	5.2E+10		4.8E+06	1.7E+09	2.2E+07
Co-60	1.8E+10	<1.9E+07 <sup>7)</sup>	1.2E+08	2.4E+10	6.2E+07
Fe-59	4.1E+06				
Zn-65	2.6E+07		8.8E+08	6.7E+09	3.9E+07
Cu-67					3.6E+06
Se-75					1.3E+06
Rb-83					1.7E+07
Rb-84					1.4E+06
Sr-85					3.1E+06
Sr-89	1.0E+08			3.1E+07	
Sr-90	5.1E+07	<1.3E+07 <sup>7)</sup>		2.1E+07	5.0E+07
Y-90				2.1E+07	
Zr-95	2.8E+07				
Nb-95	1.1E+08				8.1E+05
Mo-99				1.1E+07	
Tc-99					
Tc-99m	4.2E+06			6.7E+07	
Ru-103	1.5E+07				
Ag-110m	2.8E+08				
Sb-122	1.3E+08				2.0E+07
Sb-124	1.8E+09				3.5E+07
Sb-125	8.6E+08				2.0E+07
Te-121					1.5E+06
Te-121m					1.4E+05
Te-123m					1.7E+04
Te-132	3.1E+06				
I-125					8.1E+07
I-131	3.4E+08		7.6E+07	2.2E+06	1.1E+07
I-133	8.0E+08			5.0E+07	
Cs-134	4.3E+08		1.6E+07	1.8E+08	3.0E+07
Cs-136	1.4E+06				
Cs-137	8.2E+09	<1.1E+07 <sup>7)</sup>	1.4E+07	2.4E+09	1.0E+08
La-140	5.0E+06				
Ce-141	2.5E+07				
Ce-144	8.8E+06				
<b>α-Strahler</b>					
U-234/238					7.1E+06
Pu-239/240					7.5E+06
Pu-238/Am-242					3.1E+06

**Tabelle 1d:** Gasförmige Abgaben der Kernanlagen, 1993  
(Fussnoten am Ende der Tabellen)

Nuklid	Abgaben (Q) <sup>2)</sup>				
	[Bq im Jahr]				
	Beznau	Gösgen	Leibstadt	Mühleberg	PSI
<b>Gase</b>					
C-11					8.4E+12
N-13					8.3E+12
O-15					2.5E+13
Ar-41				2.2E+10	2.0E+12
Kr-85				2.2E+11	3.6E+11
Kr-85m	2.8E+11		3.9E+10	3.6E+10	
Kr-87			7.0E+10	1.6E+10	
Kr-88			7.5E+10	2.4E+10	
Kr-89				1.5E+11	
Xe-122					1.8E+11
Xe-123					3.1E+11
Xe-125					3.9E+11
Xe-127					1.8E+10
Xe-131m				6.3E+11	
Xe-133	4.1E+12	3.5E+12	4.2E+12	1.3E+11	
Xe-135	2.9E+12	4.3E+11	3.3E+12	8.1E+10	
Xe-135m			3.3E+12	1.0E+11	
Xe-137				6.8E+10	
Xe-138			8.4E+11	2.2E+10	
EG-Aequiv. <sup>4)</sup>				6.3E+11	
Andere	5.0E+11	4.3E+11			
<b>Jod</b>		7)			
I-122					2.0E+11
I-123					6.4E+10
I-124					3.2E+07
I-125					1.7E+09
I-126					1.0E+08
I-131	1.2E+07	<4.0E+06	1.2E+09	1.2E+07	2.8E+09
I-133	1.3E+07				

**Tabelle 1d:** Gasförmige Abgaben der Kernanlagen, 1993  
(Fortsetzung)

	Beznau	Gösgen	Leibstadt	Mühleberg	PSI
$\beta$ -/ $\gamma$ -Aerosole <sup>5)</sup>		7)	7)		
Be-7					1.4E+05
Na-24					6.0E+04
Cr-51				8.5E+05	
Co-58				3.9E+04	
Co-60	4.4E+05	<3.0E+06	<1.4E+06	2.5E+06	1.9E+05
Zn-65				1.8E+06	1.7E+08
Ge-69					2.9E+06
As-72					5.4E+05
As-74					5.0E+05
Se-75					3.6E+03
Br-82					2.5E+08
Sr-89				2.3E+05	
Sr-90				2.1E+04	
Ru-103					2.2E+05
Ru/Rh-106					2.5E+06
Ag-108m					2.5E+05
Ag-110m					2.1E+07
Te-121					7.3E+06
Te-121m					1.1E+06
Te-123m					5.6E+05
Te-125m					1.5E+08
Sb-125					1.7E+07
Cs-134				1.4E+05	1.6E+06
Cs-137	4.4E+05	<3.0E+06	<1.4E+06	4.8E+06	5.2E+07
Hg-193m					3.6E+08
Hg-195					5.2E+08
Hg-195m					1.6E+07
Hg-197m					3.9E+07
Hg-203					8.0E+03
$\alpha$ -Aerosole					
Po-208					2.8E+05
Po-210					6.4E+05
<b>C-14<sup>6)</sup></b>	4.0E+10	1.0E+11	1.9E+11	2.0E+11	
<b>Tritium</b>					2.3E+12

## Fussnoten zu Tabelle 1a-d

- 1) Abgabelimiten gemäss Bewilligung der jeweiligen Kernanlage. Die **Abgabelimiten** wurden so festgelegt, dass die radiologische Belastung der kritischen Bevölkerungsgruppe in der Umgebung unter 0.2 mSv/Jahr bleibt. Bei einigen Stoffgruppen und Abgabestellen des PSI wurde auf die Festlegung von Jahresabgabelimiten verzichtet, da auch bei dauernder Ausschöpfung der Kurzzeitabgabelimiten die resultierende Dosis unbedeutend klein ist.
- 2) Die **Messung der Abgaben** erfolgt nach den Erfordernissen der Reglemente "über die Abgaben radioaktiver Stoffe aus dem Kernkraftwerk ... und über die Umgebungsüberwachung" resp. des Reglementes "für die Abgabe radioaktiver Stoffe und deren Überwachung in der Umgebung des Paul Scherrer Instituts (PSI)" und nach Weisungen der HSK. Die Messgenauigkeit beträgt ca.  $\pm 50\%$ .  
Sofern für ein Nuklidgemisch keine nuklidspezifische Messungen vorliegen, wird für die Dosisberechnung und all-fällige Äquivalentumrechnungen von einem Standardnuklidgemisch ausgegangen. Dies gilt insbesondere für Aerosole im KKB (Standardgemisch: 50% Co-60 und 50% Cs-137) und Edelgase im KKG (Standardgemisch: 80% Xe-133, 10% Xe-135 und 10% Kr-88).
- 3) **Berechnete Jahresdosis** (effektive Äquivalenzdosis) für Personen, die sich dauernd am kritischen Ort aufhalten, ihre gesamte Nahrung von diesem Ort beziehen und ihren gesamten Trinkwasserbedarf aus dem Fluss unterhalb des Werkes resp. des PSI decken (Wasserführung der Aare in Mühleberg  $3,8 \cdot 10^9$  m<sup>3</sup>/Jahr, in Gösigen  $9,0 \cdot 10^9$  m<sup>3</sup>/Jahr, in Würenlingen (PSI) und in Beznau  $1,8 \cdot 10^{10}$  m<sup>3</sup>/Jahr und des Rheines in Leibstadt  $3,3 \cdot 10^{10}$  m<sup>3</sup>/Jahr).  
Dosiswerte kleiner als  $1,0E-08$  Sv - entsprechend einer Dosis, die durch natürliche externe Strahlung in einigen Minuten akkumuliert wird - werden nicht angegeben. Bei der **externen Strahlung** wurde bei der Berechnung der Dosis der Abschirmeffekt durch den Aufenthalt in Häusern berücksichtigt: für den Abschirmfaktor im Haus wurde 0.2 angesetzt, für die Aufenthaltszeit im Freien 40 Stunden pro Woche.  
Für die Berechnung des **Aerosol-Dosisbeitrages** wurde von homogenen Abgaben während des Jahres ausgegangen. Der Dosisbeitrag der Immissionen längerlebiger Nuklide aus früheren Jahren durch Aerosol-Ablagerungen am Boden und Aufnahme über die Nahrung wurde berücksichtigt.  
Beim **Jod** wurde die Ingestion über Gemüse und Fleisch berücksichtigt. Dies ergibt gegenüber der reinen Milch-ingestion eine Erhöhung der Dosis um ca. einen Faktor 1.5 für Kleinkinder und einen Faktor 3 für Erwachsene.
- 4) Angabe in **Abgabe-Äquivalenten**:  
**Abwasser**: Abgaben in Bq/Jahr normiert auf einen  $C_w$ -Wert von  $10^{-4}$  Ci/m<sup>3</sup> =  $3,7 \cdot 10^6$  Bq/m<sup>3</sup> nach SSVÖ.  
**Edelgase**:  $C_A = 3,7E+05$  Bq/m<sup>3</sup>-Äquivalente respektive Argon-41-Äquivalente beim PSI, berechnet durch gewichtete Summation der Abgaben sämtlicher Nuklide pro Jahr.  
**Jod** (Für das PSI und die Abgaben des KKB): Jod-131-Äquivalente berechnet durch gewichtete Summation der Abgaben sämtlicher Iod-Nuklide, wobei sich der Gewichtungsfaktor aus dem Verhältnis des Ingestionsdosisfaktors des jeweiligen Nuklides zum Ingestionsdosisfaktor von I-131 ergibt.
- 5) Der Dosisbeitrag von Aerosolen mit Halbwertszeiten kleiner 8 Tagen ist bei den Kernkraftwerken vernachlässigbar. Beim PSI-West spielen allenfalls die extrem kurzlebigen Aerosole für die Inhalations- und Immersionsdosis sowie für die Dosis aus der Bodenstrahlung eine Rolle. Unter sehr konservativen Annahmen errechnet sich ein Beitrag von ca. 50% zur gesamten Aerosoldosis.  
Beim KKM ergibt sich der Hauptbeitrag zur Dosis durch die Bodenstrahlung von Aerosolen, die im Jahre 1986 durch eine unkontrollierte Abgabe in die Umgebung gelangten. Der Dosisbeitrag, der durch Aerosolabgaben im Berichtsjahr verursacht wurde, ist demgegenüber vernachlässigbar und liegt in der Grössenordnung der anderen schweizerischen Kernkraftwerke.
- 6) Die angegebenen Abgaben von C-14 basieren mit Ausnahme des KKL (gemessene Werte) auf Abschätzungen der HSK basierend auf temporären Messungen in den Anlagen in früheren Jahren.
- 7) Abgabe unterhalb der **Signifikanzschwelle**: Als Signifikanzschwelle ist derjenige Wert definiert, oberhalb dessen die HSK einen bilanzierten Wert als aussagekräftig erachtet. Sofern ein Kraftwerk Abgaben unterhalb der Signifikanzschwelle bilanzierte, wurde hier die Signifikanzschwelle mit dem Vermerk "<" als Abgabe angegeben, für die Dosisberechnung wurde die Nachweisgrenze der Leitnuklide verwendet. Für Messungen von Einzelnukliden (Jod, Tritium) entspricht die Signifikanzschwelle der Nachweisgrenze des verwendeten Messgerätes. Für Nuklidgruppen wurde die Signifikanzschwelle als Summe der Nachweisgrenzen einiger wichtiger Leitnuklide festgelegt (als Leitnuklide wurden für Aerosole z.B. Co-60 und Cs-137, für Abwasser Co-60, Sr-90 und Cs-137 verwendet).

## **4.2. ORTSDOSISLEISTUNG IN DER UMGEBUNG DER KERNANLAGEN**

**F. Cartier, A. Leupin, J. Schuler und W. Baur**

Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK), 5232 VILLIGEN-HSK

**Ch. Murith** Sektion Überwachung der Radioaktivität (SUER)

Bundesamt für Gesundheitswesen, Ch. du Musée 3, 1700 FRIBOURG

### **4.2.1. Überwachung der Ortsdosisleistung**

Im April 1993 fand während des Stillstandes der Austausch beider Dampferzeuger im KKB I statt. Während der Transporte der alten Dampferzeuger auf dem KKB-Gelände in der Zeit zwischen dem 23. und 29. April wurde die Beznau-Insel für die Öffentlichkeit abgesperrt. Die NADAM-Sonde, die sich im Innern des abgesperrten Gebietes befand, zeigte während der Transporte deutliche Erhöhungen der Ortsdosisleistung (vgl. Kapitel 3.8., Fig. 1).

Die HSK führte eine spezielle Messkampagne zur Überwachung der Ortsdosisleistung an öffentlich zugänglichen Orten durch. Insbesondere wurden folgende Messresultate erhoben:

- Bestimmung der Ortsdosisleistung mittels einer Ionisationskammer am meistexponierten Punkt ausserhalb der Absperrungen (Oberwasserkanal).
- Messfahrten zur Bestimmung der Ortsdosisleistung an verschiedenen weiteren Punkten der Umgebung mit einem Szintomaten.
- Kontrolle der Kontamination anhand von Grasproben.

Die aus der Dosisleistung abgeleitete Ortsdosis betrug am meistexponierten Punkt ausserhalb der Absperrung 0.008 mSv und lag somit deutlich unterhalb des Grenzwertes gemäss SSVO von 0.1 mSv/Woche.

An den übrigen Messpunkten ausserhalb der Absperrung ergab sich kurzzeitig maximal eine Verdoppelung der Ortsdosisleistung des natürlichen Strahlungsuntergrundes.

Nach den Dampferzeugerwechseln erhobene Grasproben zeigten keine abweichenden Resultate von zuvor erhobenen Proben.

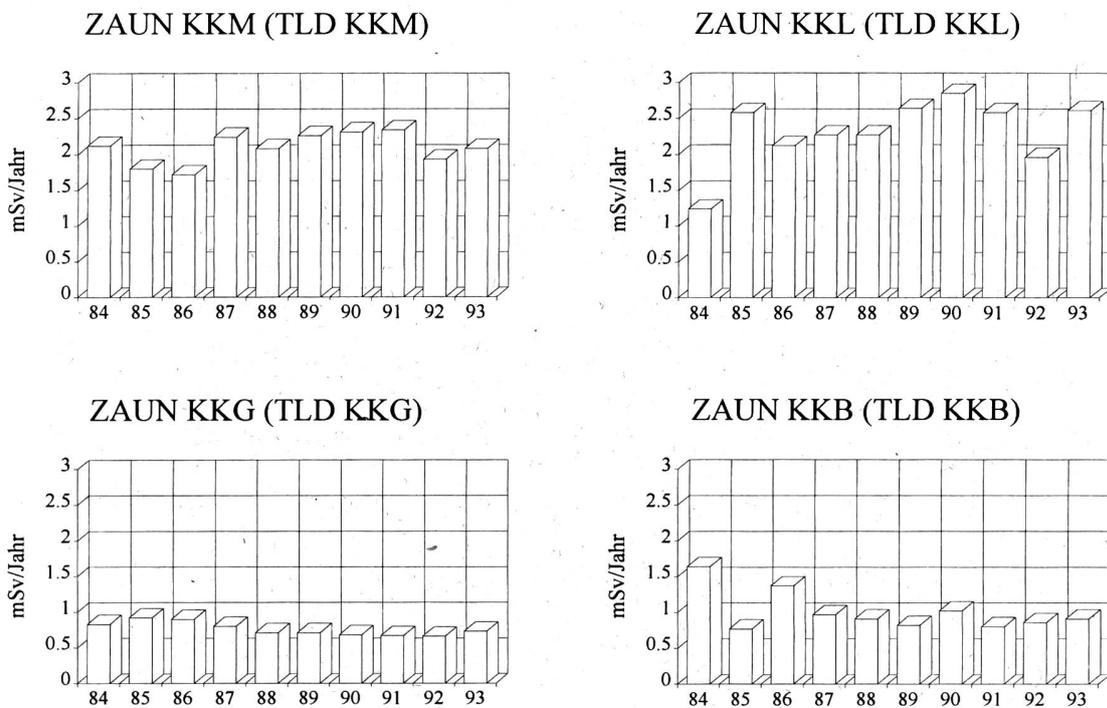
Die Routine-Überwachung der externen Strahlung in der Umgebung der Kernanlagen erfolgte 1993 durch:

- Gamma-Dosimeter der Werke und der SUER (TLD an bis 40 Stellen in der Umgebung und zusätzlich ca 20 Stellen entlang der Umzäunung). Beim PSI-West werden zusätzlich Neutronendosimeter eingesetzt.
- Ionisationskammern, die an 1 bis 2 Stellen pro Werk die Gamma-Ortsdosisleistung kontinuierlich registrieren. Pro Werk ist zusätzlich eine NADAM Sonde in Betrieb (siehe 3.8).

- einer jährlichen Messfahrt mit Ionisationskammern in der KKW-Umgebung.
- In-situ-Messungen mit einem tragbaren Germaniumdetektor (siehe 3.3).

Eine Erhöhung der Ortsdosisleistung ist besonders durch die Direktstrahlung am Zaun der Siedewasserreaktoren KKM und KKL feststellbar. Der Verlauf der Ortsdosisleistung am Zaun der schweizerischen KKW ist in Figur 1 ersichtlich.

**Fig. 1** Maximale jährliche Ortsdosen am Zaun der KKW  
inklusive natürlichem Untergrund von 0.7 bis 1.2 mSv/Jahr.



Entlang der Umzäunung der Kernanlagen ergaben sich im Jahre 1993 am meistbetroffenen Ort folgende Netto-Ortsdosen: KKB und KKG <0.1 mSv; KKL 2 mSv; KKM 1 mSv; PSI 3.6 mSv. Die Werte liegen alle unterhalb des SSVG-Grenzwertes (Art. 108) von 0.1 mSv pro Woche respektive 5 mSv pro Jahr. Die Ortsdosiserhöhungen ergeben sich durch Direktstrahlung aus dem Maschinenhaus oder andern Anlageteilen bei den Siedewasserreaktoren KKL und KKM sowie aus den Abfallagern des Bundes beim PSI und zusätzlich durch Neutronen-Streustrahlung der Beschleuniger beim PSI-West, wo in einem Punkt in der Entfernungen von 200 Metern eine Neutronen-Ortsdosis von ca. 0.11 mSv gemessen wurde (Tabelle 1). Da in diesen Bereichen niemand wohnt und die Aufenthaltszeiten beim Spazieren, Fischen oder Arbeiten auf dem Feld kurz sind, betragen die akkumulierten Personendosen nur ein Bruchteil der gemessenen jährlichen Ortsdosen am Zaun.

**Tabelle 1: Neutronen-Dosen in der Umgebung des PSI-West im Jahre 1993**

Ort / Gebäude <sup>1)</sup>		Neutronen-Dosen ( $\mu\text{Sv}$ )					
		1. Quartal	2. Quartal	3. Quartal	4. Quartal	Summe	Netto <sup>2)</sup>
<b>PSI-Süd</b>	(350m; 100°)	11 ± 6	15 ± 6	18 ± 6	<sup>3)</sup>	44	--
<b>Tüeliboden</b>	(400m; 310°)	13 ± 6	13 ± 6	14 ± 6	14 ± 2	54	--
<b>Förderband</b>	(700m; 210°)	14 ± 6	13 ± 6	13 ± 6	11 ± 2	51	--
<b>Scheune Schödler</b>	(200m; 270°)	15 ± 6	28 ± 6	52 ± 9	13 ± 2	108	60
<b>Gästehaus</b>	(250m; 20°)	11 ± 6	18 ± 6	21 ± 8	14 ± 2	64	20
<b>Villigen</b>	(1300m; 210°)	11 ± 6	10 ± 6	12 ± 6	9 ± 2	42	--

- 1) In Klammern Distanz und Richtung vom Beschleuniger (Nord = 0°, Ost = 90°)
- 2) Angegeben werden Werte, die im Jahr mindestens 20  $\mu\text{Sv}$  über dem Vergleichswert von Gebenstorf (38  $\mu\text{Sv}$ ) liegen.
- 3) Keine Neutronenmessung wegen Umbauarbeiten am Haus Stalder

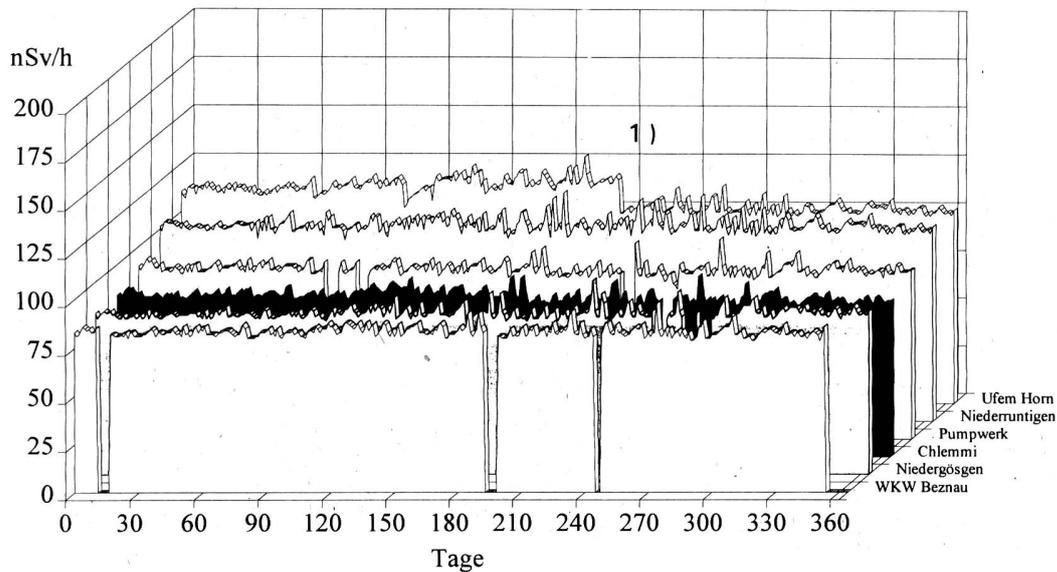
Aufgrund der Gamma-Dosimeter in der Umgebung, die quartalsweise ausgewertet werden, lässt sich schliessen, dass zusätzliche jährliche Netto-Dosen durch allfällige Abgaben der Kernkraftwerke oder des Paul Scherer Institutes kleiner als 0.05 mSv waren. Die berechneten Jahresmittelwerte lassen keine Ortsdosiserhöhungen im Vergleich zu den Jahren vor 1986 erkennen.

Während den jährlichen Messfahrten der SUER und der HSK wurde die Ortsdosisleistung mit Ionisationskammern an jeweils 32 Orten in der Umgebung der Kernkraftwerke gemessen. Umgerechnet auf die jährliche Ortsdosis ergeben sich nachstehende Werte. Die Abweichungen gegenüber den Vorjahren liegen im Bereich der Variationen der natürlichen Strahlung.

mSv/Jahr	Mittelwert 1993	Wertebereich 1993
Umgebung KKM	0.83 ± 0.07	0.70 bis 1.01
Umgebung KKG	0.73 ± 0.06	0.64 bis 0.85
Umgebung KKL	0.73 ± 0.06	0.59 bis 0.87
Umgebung KKB/PSI	0.76 ± 0.06	0.66 bis 0.88

In Figur 2 sind die kontinuierlichen Messungen der Ortsdosisleistung in der Umgebung der Kernkraftwerke in Form von Tagesmitteln dargestellt. Die Messtellen befinden sich in der Hauptwindrichtung in ca 1 km Entfernung. Die Ergebnisse zeigen die witterungsbedingten Variationen der natürlichen Strahlung. Die Tagesmittelwerte sind aus 1-Minuten-Messwerten berechnet worden. Diese haben im Jahre 1993 nie Hinweise auf erhöhte Aktivitätsabgaben der Kernanlagen gegeben.

**Fig.2: Tagesmittelwerte der Ortsdosisleistung in der Umgebung der KKW 1993  
(Messung HSK / SUER)**



1) Ab 1.9.93 wurde die SUER-Ionisationskammer am MADUK-Standort für Vergleichsmessungen aufgestellt.

Aus diesen Tagesmittelwerten erhält man für 1993 folgende Jahresmittelwerte in mSv/Jahr, unter der Annahme eines Daueraufenthaltes am Messort.

KKM		KKG	KKB	KKL	
Ufem Horn	Niederruntigen	Niedergösgen	WKW Beznau	Chlemmi	Pumpwerk
0.95	0.89 (1.16)	0.74 (0.96)	0.73 (1.02)	0.73	0.77 (0.99)

Die in Klammer angegebenen NADAM Vergleichswerte (Mitteilung der NAZ) zeigen eine ODL-Überschätzung von etwa 30%, bedingt durch die etwas andere Energieabhängigkeit der Geiger-Müller-Zählrohre der NADAM-Sonden.

#### 4.2.2. MADUK-Messnetz (Fig. 3 bis 7)

Mit der Inbetriebnahme des Messnetzes zur Automatischen Dosisleistungsüberwachung in der Umgebung der Kernkraftwerke (MADUK) im Herbst 1993 steht in der Schweiz nun ein zweites Messsystem zur Verfügung. Das NADAM Messnetz (Kapitel 3.8) wird damit in der Umgebung der Kernanlagen verdichtet und ergänzt. Der Zweck dieser Messnetze kann grob in drei Punkten zusammengefasst werden:

- a) die Messnetze bilden ein Mittel zur raschen und regelmässigen Information der Bevölkerung über den aktuellen radiologischen Zustand in der Schweiz.

- b) Bei Ereignissen können Erhöhungen der Strahlenpegel bereits in der Grössenordnung der natürlichen Radioaktivität festgestellt werden und die nötigen Abklärungen frühzeitig vorgenommen werden.
- c) Bei Unfällen unterstützen die Messnetze eine rasche Beurteilung der radiologischen Lage.

Das MADUK-Messnetz setzt sich aus vier Teilnetzen im Umkreis von etwa 6 km um die Kernkraftwerke und das PSI mit je 12 bis 18 automatischen Sonden mit Geiger-Müller-Zählrohren zusammen. Zusätzlich sind in MADUK auch die meteorologischen Daten, die an den Standorten der KKW mit Messtürmen erfasst werden, integriert.

Bei der Wahl der Sondenstandorte wurde einerseits auf meteorologische Parameter Rücksicht genommen, andererseits wurde darauf geachtet, in allen umliegenden Gemeinden der Zone I in Wohngebieten mindestens eine Sonde zu platzieren (vgl. Fig. 3-6).

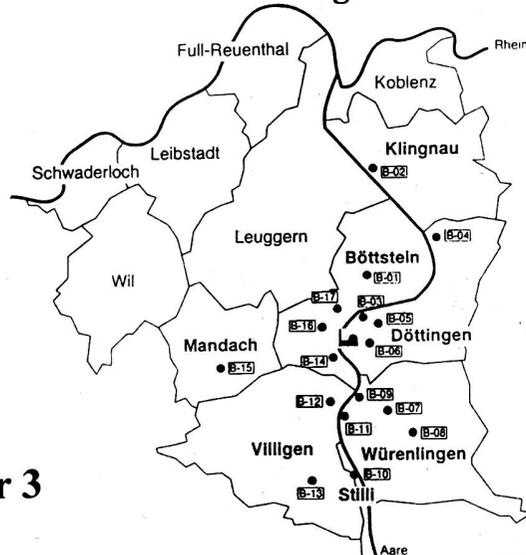
Die Sonden messen die Ortsdosisleistung im Bereich des natürlichen Strahlenpegels bis 10 Sv/h. Die Messwerte werden auf den Zentralrechner bei der HSK übertragen. Bei ungefähr der Hälfte der MADUK-Sonden ist zusätzlich eine öffentlich zugängliche Vorortanzeige zur Information der Bevölkerung installiert.

In der HSK werden die im 10-Minuten-Takt eingehenden Werte automatisch auf Erhöhungen gegenüber dem natürlichen Untergrund getestet und abgespeichert. Liegen im Normalbetrieb der Kernkraftwerke Überschreitungen von Schwellenwerten vor, so führt die HSK in Zusammenarbeit mit der SUEr die notwendigen Abklärungen durch.

Auf die bei der HSK abgespeicherten Daten haben auch die Nationale Alarmzentrale (NAZ), die Sektion Überwachung der Radioaktivität des Bundesamtes für Gesundheitswesen (SUEr/BAG) sowie für den "eigenen" Messring die Kernkraftwerke direkten Zugriff. Somit würde MADUK in einem Störfall oder Unfall allen beteiligten Überwachungsorganen wichtige Daten und Informationen bezüglich der Ausbreitung und der Intensität der Radioaktivität in der nahen Umgebung der Kernanlagen liefern. Dadurch würde eine rasche Anpassung der angeordneten Schutzmassnahmen möglich.

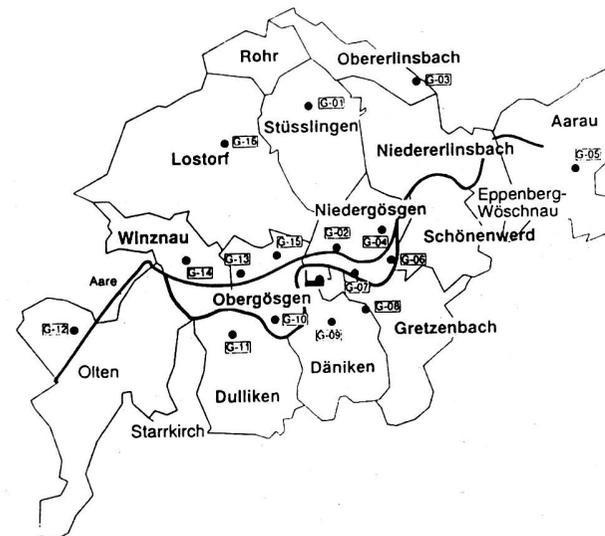
Bis jetzt hat sich das System im grossen und ganzen bewährt. Eine geringfügige Abgabe von  $^{123}\text{Xe}$  aus dem PSI im September 1993 konnte auf der beim Gemeindehaus in Villigen stationierten Messsonde deutlich erkannt werden (Figur 7).

### Messring Beznau



Figur 3

### Messring Gösgen



Figur 4

#### Dosisleistung im Februar 1994

In nSv/h (Nano-Sievert pro Stunde)

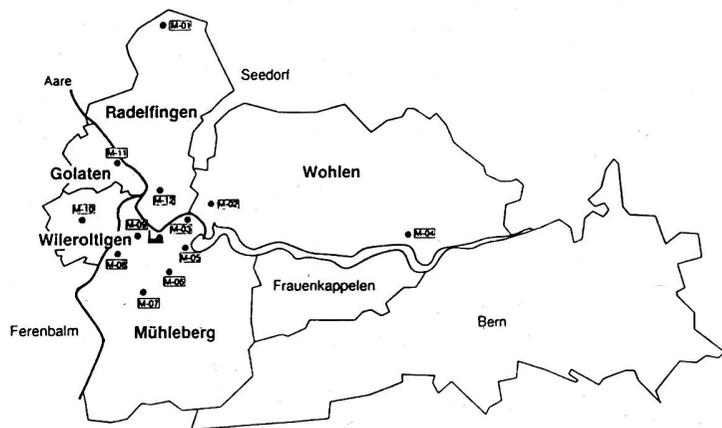
Nr.	Standort	Monats-Mittelwert	Natürlicher Schwankungsbereich	
			von	bis
B-01	Böttstein, Eien, Rest. Waldhüsli	100	85	133
B-02	Klingnau, Schwimmbad	95	77	120
B-03	Döttingen, Beznau Schaltanlage	97	81	124
B-04	Döttingen, Altersheim	99	82	132
B-05	Döttingen, NOK-Sportpavillion	94	78	132
B-06	Döttingen, Unterwald Pumpwerk	86	72	120
B-07	Würtenlingen, Militärdepot	104	89	133
B-08	Würtenlingen, Gemeindehaus	103	86	137
B-09	Würtenlingen, PSI - ZWILAG	101	90	115
B-10	Stilli, Kläranlage	99	82	130
B-11	Würtenlingen, PSI - Kantine	101	83	134
B-12	Villigen, PSI - Gästehaus	101	82	138
B-13	Villigen, Gemeindehaus	109	91	145
B-14	Böttstein, Schmidberg	106	90	144
B-15	Mandach, Gemeindehaus	112	96	137
B-16	Böttstein, Trafostation Bol	109	92	142
B-17	Böttstein, Post	109	93	141

#### Dosisleistung im Februar 1994

In nSv/h (Nano-Sievert pro Stunde)

Nr.	Standort	Monats-Mittelwert	Natürlicher Schwankungsbereich	
			von	bis
G-01	Stüsslingen, Schulhaus	109	94	132
G-02	Niedergösgen, Mülfeld	100	86	123
G-03	Erlinsbach, Altersheim Mühlefeld	109	94	142
G-04	Niedergösgen, Schulanlage	107	89	132
G-05	Aarau, Zivilschutzanlage Zelgli	93	78	115
G-06	Schönenwerd, Zivilschutzanlage	107	87	134
G-07	Niedergösgen, Meteoturm KKG	94	78	121
G-08	Gretzenbach, Werkhof	102	85	124
G-09	Däniken, Gemeindehaus	107	91	132
G-10	Obergösgen, Kleinkaliberstand	97	79	135
G-11	Dulliken, Werkhof	106	90	130
G-12	Olten, Stadthaus	86	71	102
G-13	Obergösgen, Gemeindehaus	96	81	116
G-14	Winznau, Schulanlage Buelacker	116	99	138
G-15	Obergösgen, Trafostation Stegbach	103	86	127
G-16	Lostorf, Gemeindehaus	113	97	144

### Messring Mühleberg



Figur 5

### Messring Leibstadt

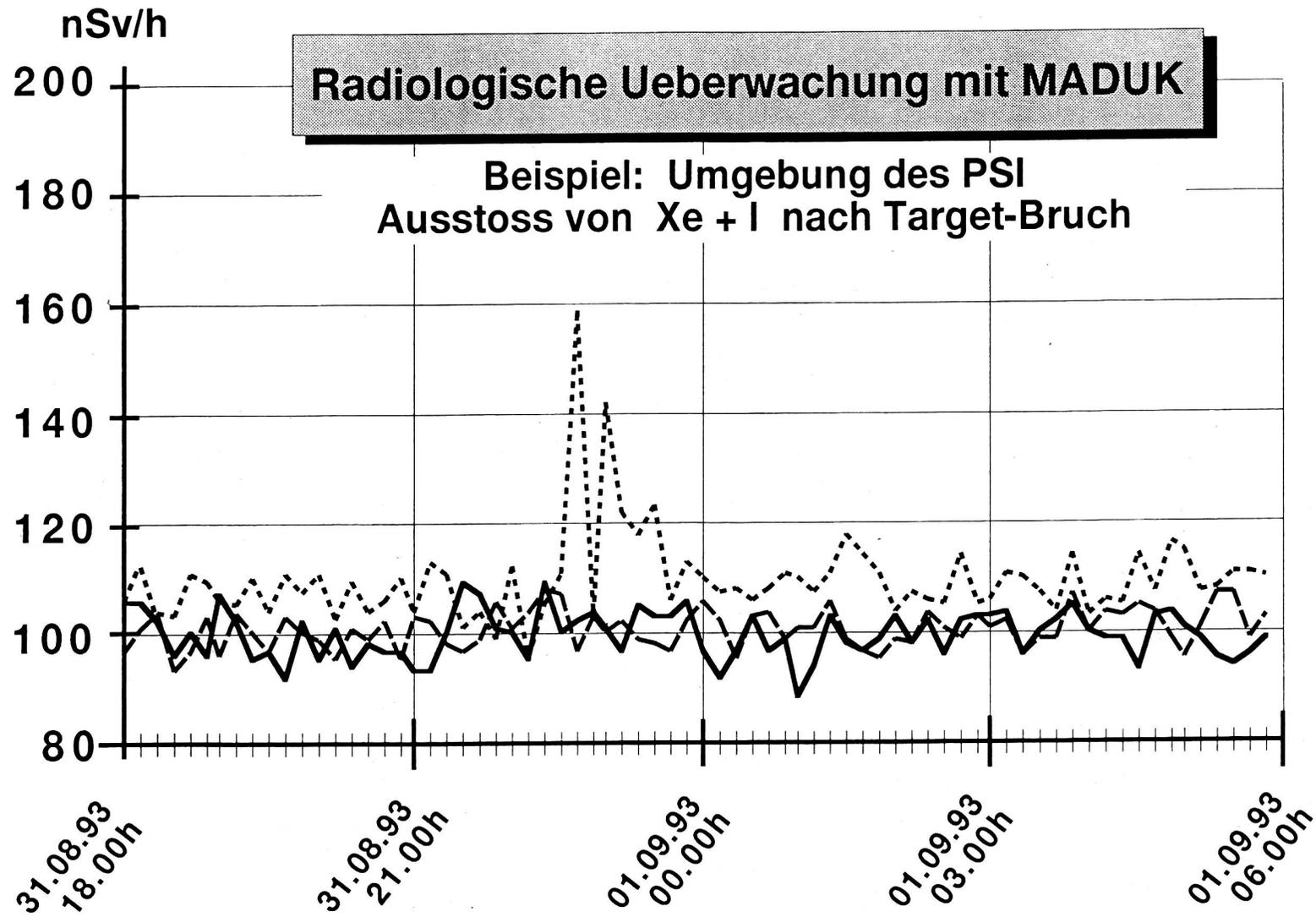


Figur 6

- B.4.16 -

Dosisleistung im Februar 1994				
in nSv/h (Nano-Sievert pro Stunde)				
Nr.	Standort	Monats-Mittelwert	Natürlicher Schwankungsbereich	
			von	bis
M-01	Detligen, Gemeindehaus	108	90	141
M-02	Wohlen, Salvisberg	112	93	147
M-03	Mühleberg, Meteoturm KKM	102	87	124
M-04	Wohlen, Gemeindehaus	90	73	114
M-05	Mühleberg, Fuchsried	118	101	155
M-06	Mühleberg, Schufelacher	112	96	142
M-07	Mühleberg, Schulanlage	111	94	137
M-08	Mühleberg, Marfeldingen	109	92	146
M-09	Mühleberg, Uf em Horn	117	100	152
M-10	Wileroltigen, ZSA	118	102	153
M-11	Golaten, Wittenberg	102	86	134
M-12	Detligen, Oberruntigen	110	88	147

Dosisleistung im Februar 1994				
in nSv/h (Nano-Sievert pro Stunde)				
Nr.	Standort	Monats-Mittelwert	Natürlicher Schwankungsbereich	
			von	bis
L-01	Full, Zivilschutzanlage	104	88	125
L-02	Full, Pumpwerk Fullerfeld	102	82	126
L-03	Koblenz, ARA	96	74	123
L-04	Reuenthal, Zivilschutzanlage	105	89	132
L-05	Gippingen, Kindergarten	87	71	113
L-06	Leibstadt, Meteoturm KKL	97	79	119
L-07	Leuggern, Zivilschutzanlage	88	71	112
L-08	Hettenschwil, Schulhaus	102	83	128
L-09	Leibstadt, Telefonzentrale	110	92	147
L-10	Wil, Pumpwerk Chilchmatt	113	97	148
L-11	Schwaderloch, Gemeindehaus	113	95	133
L-12	Leibstadt, Wehrübergang RADAG	102	82	122



**Radiologische Ueberwachung mit MADUK**

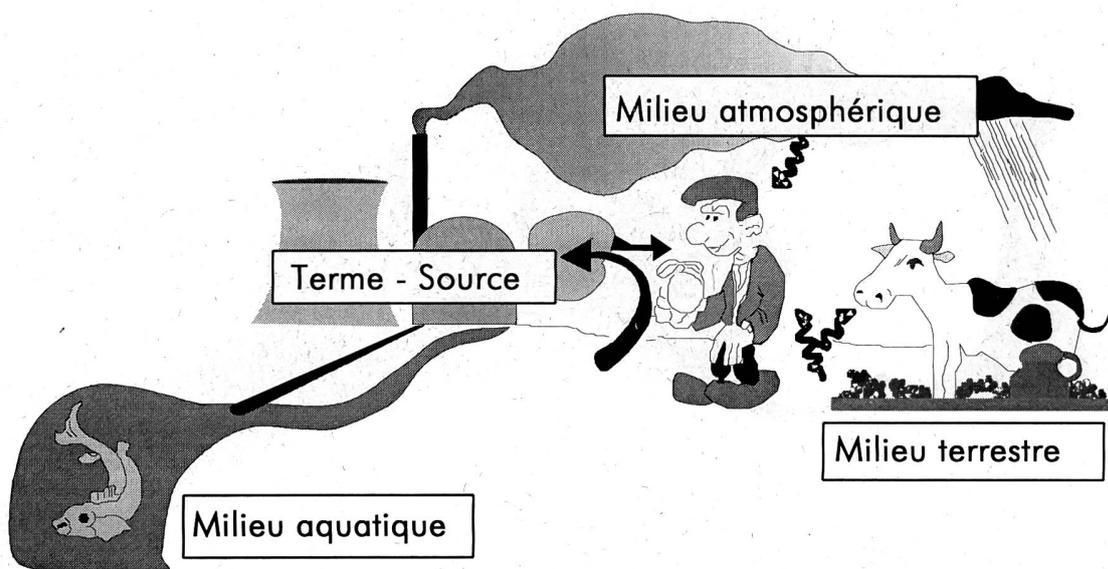
Beispiel: Umgebung des PSI  
Ausstoss von Xe + I nach Target-Bruch

Figur 7

- Sonde 11 Würenlingen "Oase"
- Sonde 12 Villigen Gästehaus
- ..... Sonde 13 Villigen Gemeindehaus

### 4.3. ENVIRONNEMENT DES INSTALLATIONS NUCLÉAIRES

**Ch. Murith, A. Gurtner :** Section de surveillance de la radioactivité, SUER  
Office fédéral de la santé publique  
Ch. du Musée 3, 1700 FRIBOURG



#### Résumé

*Le fonctionnement des centrales nucléaires suisses a entraîné en 1993 l'émission, après traitement et selon la législation en vigueur, d'effluents liquides et gazeux faiblement radioactifs. L'environnement est le récepteur de la radioactivité émise et également le vecteur des éléments radioactifs vers la population avoisinante. C'est pourquoi, l'OFSP coordonne dans un esprit de protection des individus, un nombre considérable de mesures de surveillance dans l'environnement des ces installations. Les contrôles de 1993 indiquent les traces habituellement décelables en raison du fonctionnement normal de ces installations nucléaires. Le  $^{60}\text{Co}$  témoigne en particulier des rejets liquides et le  $^{14}\text{C}$  des rejets atmosphériques. Les mesures effectuées en 1993 dans le voisinage des sites nucléaires montrent que la radioactivité naturelle prédomine et qu'au niveau artificiel, l'environnement reste avant tout marqué par le  $^{137}\text{Cs}$  de Tchernobyl et le  $^{90}\text{Sr}$  des essais nucléaires.*

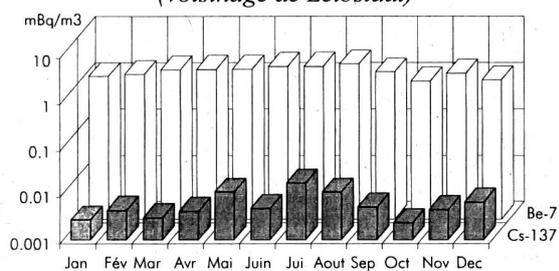
*Nous aimerions remercier très vivement les collaborateurs des institutions impliquées dans le programme de surveillance, les exploitants, les autorités locales et les personnes privées, qui par leur disponibilité ont pu contribuer au bon déroulement des mesures.*

### 4.3.1. Milieu atmosphérique (Fig. 1 à 4)

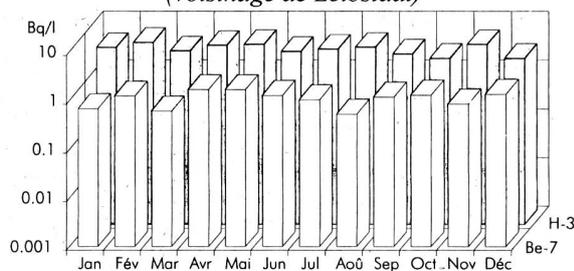
Dans le milieu atmosphérique, le fonctionnement des installations nucléaires se traduit principalement dans le voisinage du PSI et des réacteurs à eau bouillante par un accroissement des concentrations  $^{14}\text{C}$  dans les feuillages (cf. 3.2.4). Ce nucléide comme le  $^3\text{H}$  est également produit par les rayons cosmiques et provient encore en majeure partie des essais nucléaires passés. La surveillance de l'air et des précipitations effectuée en 1993 au voisinage des centrales nucléaires sont comparables à ceux enregistrés dans les stations de référence du nord des Alpes. A titre d'exemple la figure 1 indique les concentrations mensuelles mesurées sur les filtres à air dans une station du voisinage de Leibstadt. La radioactivité naturelle due au  $^7\text{Be}$  cosmogénique prédomine avec des activités voisines du  $\text{mBq/m}^3$ . La radioactivité artificielle reste perceptible au niveau du  $^{137}\text{Cs}$  à des concentrations 100 fois inférieures proches du seuil de détection. Ces traces témoignent de la remise en suspension d'une part du césium de Tchernobyl. Le suivi correspondant dans les précipitations fait l'objet de la figure 2. Il confirme la présence du  $^7\text{Be}$  naturel à des concentrations de l'ordre du  $\text{Bq/l}$ , alors que les activités  $^{137}\text{Cs}$  sont restées inférieures au seuil de détection de  $0.01 \text{ Bq/l}$ . Les activités tritium comprises entre 2 et 5  $\text{Bq/l}$  incombent avant tout aux essais thermonucléaires. Les contrôles de l'exploitant n'ont pas indiqué des valeurs inhabituelles, comme le montre par exemple le suivi de l'activité bêta totale des dépôts sur plaques de vaseline à Leibstadt (fig. 3). Les valeurs comprises entre 1 et 10  $\text{Bq/m}^2$  s'inscrivent dans le domaine naturel où le  $^{40}\text{K}$  prédomine.

Le fonctionnement de l'installation d'incinération du PSI explique certaines valeurs accrues (jusqu'à  $65 \text{ Bq/l}$ ) du tritium dans les précipitations auprès de cet institut. Ces concentrations restent bien inférieures à celles enregistrées auprès des industries de peintures luminescentes (cf. 5.4).

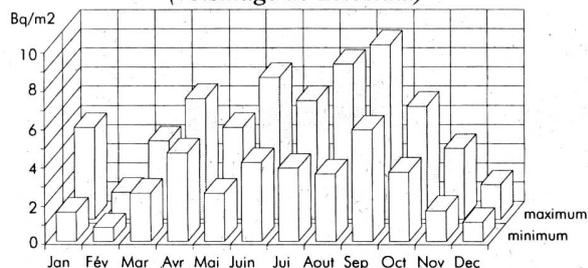
**Fig. 1. Activités des aérosols :**  
mesures SUER 1993  
(voisinage de Leibstadt)



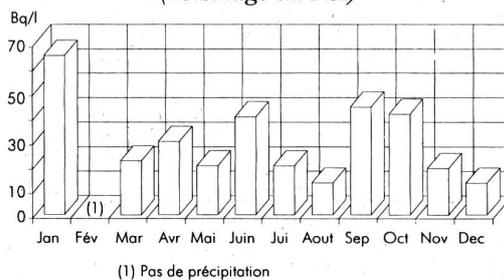
**Fig. 2. Activités des précipitations :**  
mesures SUER 1993  
(voisinage de Leibstadt)



**Fig. 3. Activité Bêta totale :**  
mesures KKL 1993  
(voisinage de Leibstadt)



**Fig. 4. Tritium dans les précipitations :**  
mesures PSI 1993  
(voisinage du PSI)



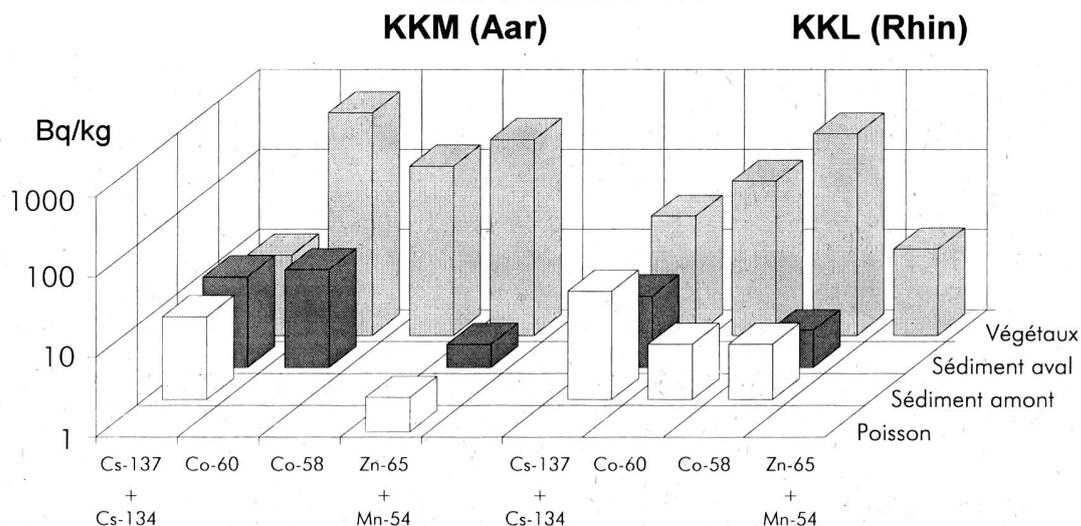
### 4.3.2. Milieu aquatique (voir aussi chap. 3.4.)

Dans le milieu aquatique, le fonctionnement des centrales nucléaires s'est traduit par des effluents liquides, dont les traces sont avant tout mesurables dans les sédiments et les végétaux. Leur transfert au poisson n'a été constaté que dans un cas isolé pour le  $^{65}\text{Zn}$  (2.7 Bq/kg) à Mühleberg. Dans les divers compartiments examinés le long de l'Aar et du Rhin, les concentrations naturelles mesurées en 1993 s'établissent comme suit:

Nucléides	Sédiments	Végétaux	Poissons
	Bq/kg matière sèche	Bq/kg matière sèche	Bq/kg chair
$^{40}\text{K}$	300-500	200-300	70-140
$^{226}\text{Ra}$	10-50	< 100	< 10
$^{228}\text{Ac}$	15-30	< 40	< 2
$^7\text{Be}$	10-40	50-600	< 10

Au niveau artificiel, le césium présent en amont comme en aval des sites provient essentiellement de Tchernobyl et des essais nucléaires passés. La figure 5 indique les concentrations artificielles maximales dans les compartiments examinés en 1993. Le nombre et le niveau de radioactivité des éléments fixés sont plus importants dans les végétaux aquatiques que dans les sédiments, qui adsorbent principalement le  $^{60}\text{Co}$  et le  $^{58}\text{Co}$ . La présence de ces radiocobalts dans les sédiments en amont de Leibstadt suggère que ces indicateurs de rejets proviennent d'installations implantées en amont. L'interprétation des résultats est tributaire de la représentativité des prélèvements et reste avant tout qualitative. L'étude en cours à l'EAWAG devrait permettre d'aboutir à une meilleure compréhension du comportement des effluents liquides dans l'Aar et le Rhin ainsi qu'à mieux distinguer les différentes sources émettrices. Elle vise également à préciser dans le voisinage des sites les lieux de prélèvement les plus appropriés.

**Fig. 5. Activités artificielles maximales dans les compartiments aquatiques :  
mesures EAWAG 1993**



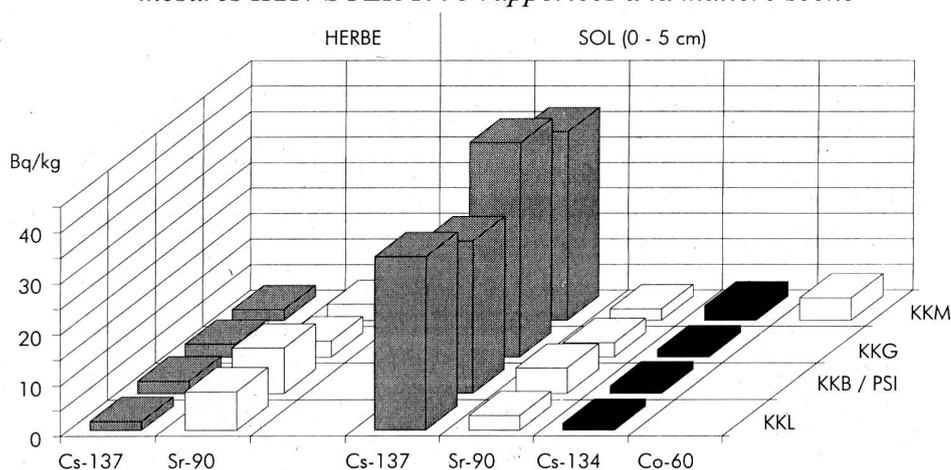
### 4.3.3. Milieu terrestre (voir aussi chap. 3.3.)

Dans le milieu terrestre (herbe et sol), le fonctionnement des centrales nucléaires suisses en 1993 n'a indiqué aucune contamination attribuable à leurs rejets atmosphériques. Dans l'herbe comme dans le sol, la radioactivité naturelle prédomine selon les domaines suivants en 1993:

Bq/kg matière sèche	<sup>40</sup> K	<sup>226</sup> Ra	<sup>228</sup> Ac	<sup>7</sup> Be
Herbe (1m <sup>2</sup> )	300-1600	< 20-60	< 10-40	70-500
Sol (0-5 cm)	300- 800	15-30	20-30	5-10

Au niveau de la radioactivité artificielle, la figure 6 indique les concentrations maximales dans les prélèvements de 1993. Si l'on excepte les traces de <sup>60</sup>Co dans le site marqué par les résines radioactives émises à Mühleberg en septembre 86, les isotopes du césium témoignent essentiellement de Tchernobyl et le <sup>90</sup>Sr des essais nucléaires passés. Les activités de ces nucléides de longue période sont conformes à celles enregistrées dans les sites de référence du nord des Alpes, hors voisinage des centrales nucléaires.

**Fig. 6. Activités artificielles maximales dans le milieu terrestre mesures IRA / SUER 1993 rapportées à la matière sèche**



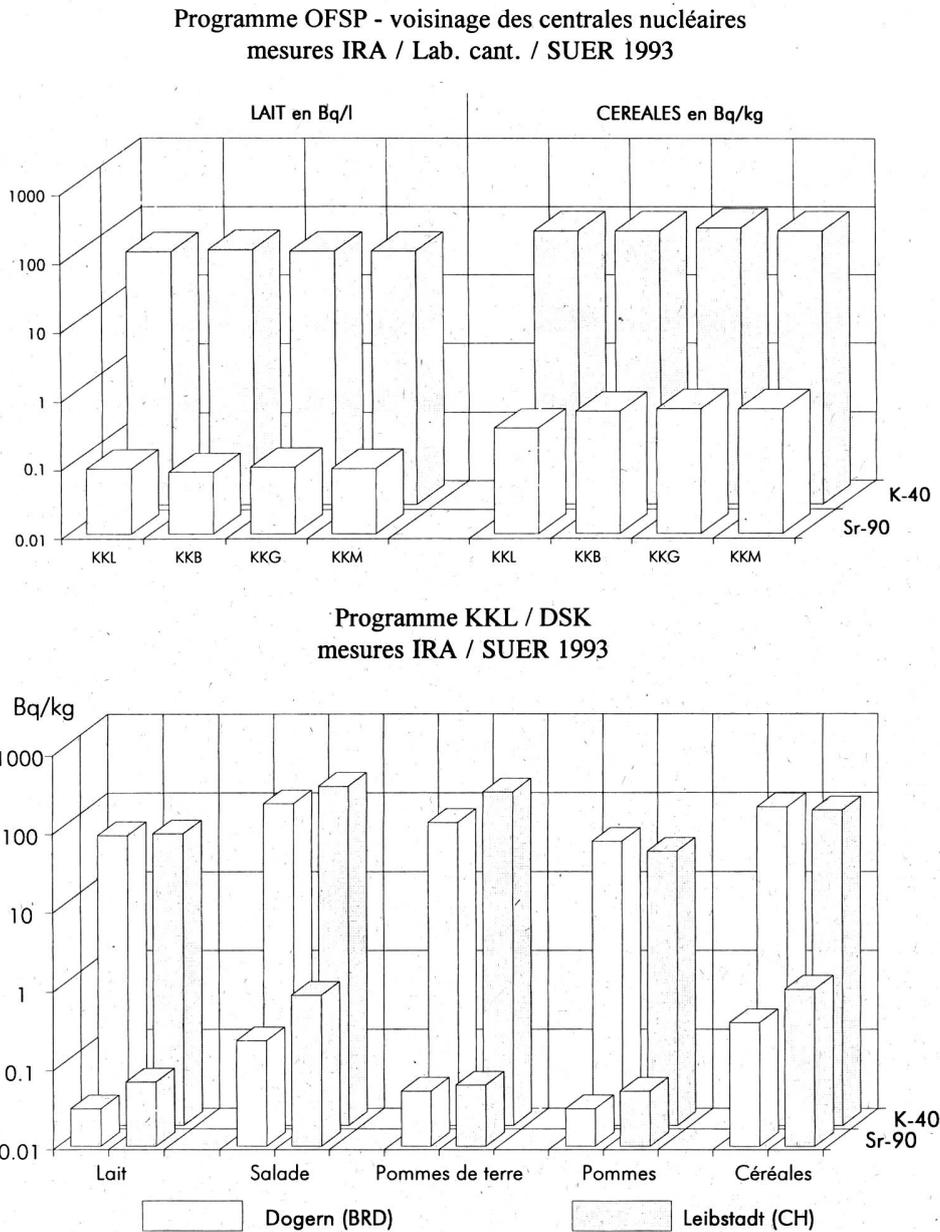
### 4.3.4. Denrées alimentaires (voir aussi chap. 3.5. et 3.6.)

La surveillance des denrées alimentaires provenant du voisinage des installations nucléaires se fait en étroite collaboration avec les laboratoires cantonaux (AG, BE, SO) et l'IRA sous la coordination de l'OFSP. Si l'on excepte le <sup>14</sup>C (cf. 3.2.4), aucun nucléide témoignant des rejets des centrales nucléaires suisses n'a été transféré dans les productions agricoles examinées en 1993. Ces dernières ont présenté les concentrations naturelles habituelles suivantes:

Nucléides	Lait (Bq/l)	Céréales (Bq/kg)	P. d. terre (Bq/kg)	Pommes (Bq/kg)	Salade (Bq/kg)
<sup>40</sup> K	40-50	90-110	70-170	30-40	120-200
<sup>226</sup> Ra	< 5	< 10	< 10	< 5	< 10
<sup>228</sup> Ac	< 2	< 2	< 2	< 1	< 3
<sup>7</sup> Be	< 2	< 3	< 2	< 2	4-7

Au niveau artificiel, seul le  $^{90}\text{Sr}$  des essais nucléaires reste encore décelable dans les parties consommables en raison de son transfert à partir du sol (fig. 7).

**Fig. 7. Activités dans les denrées alimentaires prêtes à la consommation**



#### 4.3.5. Conclusions et bilan radiologique

Les mesures effectuées en 1993 dans l'environnement des centrales nucléaires suisses n'ont signalé aucun résultat inhabituel résultant de leur exploitation. Du point de vue de l'exposition de la population avoisinante, on peut ainsi se baser sur les doses hypothétiques maximales calculées à partir des émissions, soit 0.015 mSv auprès de la centrale de Mühleberg et moins de 0.006.mSv auprès de Gösgen/Däniken, Beznau et respectivement Leibstadt. Ces doses sont insignifiantes en particulier en regard des doses maximales voisines de 100 mSv/an, attribuables au radon dans les maisons en Suisse.

## 4.4. CONTRÔLE DE L'ENVIRONNEMENT AUTOUR DU CERN

M. Höfert, M. Pressevot, D. Wittekind

CERN, Radioprotection, TIS-RP, 1211 GENÈVE 23

### Programme

Le contrôle de l'environnement autour du CERN est basé sur un programme établi en 1977. Ce programme a été adapté pour couvrir, au fur et à mesure, les nouvelles installations (LEP) ainsi que l'évolution du mode de fonctionnement des anciens accélérateurs.

Des résultats de mesures détaillés sont présentés dans quatre rapports trimestriels, dont le dernier contient les résultats pour l'ensemble de l'année.

Le programme, résumé dans le tableau 1, se divise en deux grands domaines:

- Le contrôle de la radioactivité émise dans l'air et dans l'eau à partir des différentes installations du CERN et des sites dans leur ensemble (Émission).
- La mesure des rayonnements diffusés produits par l'exploitation des accélérateurs du CERN ainsi que la mesure de la radioactivité contenue dans différents échantillons prélevés dans l'environnement et susceptibles d'être influencés par le rayonnement ou la radioactivité produits par le CERN (Immission).

### Résultats des mesures des immissions pour 1993

Les résultats des mesures de la radioactivité dans des échantillons ayant trait à l'environnement (aérosols, précipitations, eau potable, eau souterraine, végétation, etc.) sont résumés dans les tableaux 2 à 8. On doit noter que, sauf le  $^{40}\text{K}$ , les radio-nucléides pouvant être attribués à la radioactivité naturelle ne sont pas mentionnés.

### *Note générale*

Afin d'avoir les valeurs moyennes pour tous les échantillons pris pendant une période définie (p. ex. 1 mois) les corrections de décroissance sont calculées par l'ordinateur en tenant compte du début et de la fin de la période d'échantillonnage. Dans le cas des échantillons pour lesquels aucune activité gamma n'est rapportée, la valeur mesurée a été trouvée en-dessous de la limite de détection.

Pour plus de détails, veuillez consulter le rapport annuel de 1993 qui sera disponible début mars auprès du Secrétariat du Groupe Radioprotection.

**PROGRAMME DU CONTRÔLE DE L'ENVIRONNEMENT AUTOUR DU CERN**

**Tableau 1a: Contrôle de l'émission**

Objet de la mesure	MESURES					Nbre points	STATIONS DE CONTRÔLE / ECHANTILLONNAGE			
	Radiation Radioactivité	Fréquence	Temps après prélèvement	Unité	Instruments		Locations	Méthodes, Instruments	Préparation d'échantillons	
1. Air /aérosol	β totale	2 x par mois	1 semaine	mBq /m <sup>3</sup>	Compteur proportionnel à grande surface	15	PMV 11,31,51,61,70, 72, 73,74,170,801,819, 901,903,905,907 (819: ventilation circuit fermé)	Filtre en fibre de verre (Schleicher & Schüll, No 6, 20 cm Ø). Aérosols > 0.3µm		
	γ	1 x par mois			Détecteur Ge					
/gaz	β totale	continu	-	GBq	Chambre différentielle à ionisation ou compteur GM à grande surface	14	Puits de ventilation: BA3,5,85; Lab. Bât. 26; TT10,20,60,70; ACOL, BA7, PS, ISOLDE, LEP; PMVG31,51,819,11,26,801,72,73, 61,70,74,170,901,905			
2. Eau de surface, effluent liquide	γ totale	continu	-	Bq/l	Cristal de NaI (TI)	1	Près du BA2 (PMW 21)			
						1	Près du BA6 (PMW 62)			
						3	Site Meyrin (PMW 101, 102, 103)			
						1	LEP Point 1 (PMW 901)			
	β totale	1 x par mois	1 semaine	Si l'act. β est > 0.37 Bq/l	Bq/l	Compteur proportionnel à grande surface	1	Site Prévessin-Le Lion (SWL2)	SEIN, échantillonneur automatique d'eau (5 cm <sup>3</sup> / 288 s)	évaporation de 4 l; 1 x par mois un échantillon mélangé est analysé
							1	Site Meyrin-Le Lion (SWL3)		
γ	1 x par mois	Si l'act. β est > 0.37 Bq/l		Bq/l	Détecteur Ge	1	Site Prévessin-N.d'Avril (SWN1)			
						2	Site Meyrin-N.d'Avril (SWN2, 3)			
Tritium					Compt. à scintillation liquide	1.	LEP Point 1-N.d'Avril (SW901)			
						1	Puits DP62 Bât. 513, ACOL (SWNA)	5 l, 1 x par mois		

**PROGRAMME DU CONTRÔLE DE L'ENVIRONNEMENT AUTOUR DU CERN**

**Tableau 1b: Contrôle de l'immission**

Objet de la mesure	MESURES					Nbre points	STATIONS DE CONTRÔLE / ÉCHANTILLONNAGE		
	Radiation Radioactivité	Fréquence des mesures	Temps après prélèvement	Unité	Instruments		Locations	Méthodes Instruments	Préparation d'échantillons
1. Rayonnement diffusé	γ totale n totale	continu		μSv	Chambre à ionisation (remplie avec argon). Compteur BF <sub>3</sub> + modérateur	39	28 près des clôtures 11 sur les sites		
2. Air/aérosol	β totale γ	2 x par mois 1 x par mois	1 semaine	mBq /m <sup>3</sup>	Compteur proportionnel à grande surface Détecteur Ge	8	PMA 32, 71, 100, 126, 805, 821, 911, 951	Filtre en fibre de verre (Schleicher & Schüll, No 6, 20 cm Ø). Aérosols > 0.3μm	
3. Eau potable et souterraine	γ totale	continu		Bq/l	Cristal de NaI(Tl)	1	Près du BA6 (PMW61)		
	β totale γ Tritium	1 x par an	1 semaine Si l'act. β est > 0.37 Bq/l	Bq/l	Compteur proportionnel à grande surface Détecteur Ge  Compt. à scintillation liquide	1 1 1 1	Site Meyrin - Penev (FWPE) Site Prévessin-Le Vengeron (FWVE) Prévessin (UWPR) St-Genis(UWSG) Versonnex (UWVX)		Évaporation de 4 l
4. Précipitations	β totale γ Tritium	1 x par mois	1 semaine Si l'act. β est > 0.37 Bq/l	Bq/l et MBq/km <sup>2</sup>	Compteur proportionnel à grande surface Détecteur Ge  Compt. à scintillation liquide	1 1	Toit du bât. 24 RP (RWSS) Toit du bât. 865 SPS (RWSF)	Collecteur 1 m <sup>2</sup> Collecteur 1 m <sup>2</sup>	Évaporation de 4 l
	5. Rivières	β totale γ Tritium	2 x par an	1 semaine	Bq/l	Compteur proportionnel à grande surface Détecteur Ge Compt. à scintillation liquide	1 1 1 1	Allondon (SWA1) Le Lion (SWL4) La Versoix (SWV1) Nant d'Avril (SWN4)	
6. Boue	β totale γ	2 x par an	1 semaine	Bq / kg poids sec	Compteur proportionnel à grande surface  Détecteur Ge	1 1 1 1	Allondon (MUA1) Le Lion (MUL3) La Versoix (MUV1) Nant d'Avril (MUN4)		Séchage
	7. Herbes	β totale γ	1 x par an en juin	1 semaine	Bq / kg poids sec	Compteur proportionnel à grande surface  Détecteur Ge	1 1 2 1 1 1	Nord-Ouest de AA (GRE2) Nord-Est du BA7 (GRB4) Site Meyrin BA6 (GRB3), PS (GRB1) Zone Nord (GRN1) Cessy, puits 5 LEP (GRC1) Le Vengeron (GRVE)	
8. Vins	γ Tritium	1 x par an		Bq/l	Décteur Ge Compt. à scintillation liquide	1	Sud-Ouest du PS (WIS1)		Distillation

**Tableau 2: Eau de surface (rivières)**

1993 Date	Point de contrôle		Activité en Bq/l	
			Total bêta	3H
07.05	SWA1	Allondon	0.055	< 7.7
26.10	SWA1	Allondon	0.073	< 7.7
07.05	SWL4	Le Lion	0.075	< 7.7
26.10	SWL4	Le Lion	0.098	< 7.7
07.05	SWN4	Nant d'Avril	0.073	< 7.7
26.10	SWN4	Nant d'Avril	0.078	< 7.7
07.05	SWV1	La Versoix	0.055	< 7.7
26.10	SWV1	La Versoix	0.049	< 7.7

**Tableau 3: Sédiments (rivières)**

1993 Date	Point de contrôle		Activité en Bq/kg matière sèche				
			Total bêta	<sup>40</sup> K	<sup>7</sup> Be	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs
07.05	MUA1	Allondon	540	240	-	-	1.2
26.10	MUA1	Allondon	450	310	6.9	-	2.1
07.05	MUL3	Le Lion	310	240	9.0	-	3.7
26.10	MUL3	Le Lion	320	250	20.0	-	3.5
07.05	MUN4	Nant d'Avril	470	360	4.8	-	3.4
26.10	MUN4	Nant d'Avril	480	440	32.0	-	5.2
07.05	MUV1	La Versoix	530	310	-	-	2.3
26.10	MUV1	La Versoix	550	350	5.6	-	4.5

**Limite de détection:** <sup>54</sup>Mn : 0.26 Bq/kg poids sec  
<sup>58</sup>Co : 0.25 Bq/kg poids sec  
<sup>60</sup>Co : 0.25 Bq/kg poids sec  
<sup>65</sup>Zn : 0.52 Bq/kg poids sec  
<sup>134</sup>Cs : 0.24 Bq/kg poids sec

**Note:** Les échantillons sont pris deux fois par an.

**Tableau 4: Végétation**

1993 Date	Point de contrôle		Activité en Bq/kg poids sec			
			<sup>40</sup> K	<sup>7</sup> Be	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs
04.06	GRC1	Cessy point 5 du LEP	1100	260	-	-
15.06	GRE3	Site Meyrin BA6	720	190	-	1.4
04.06	GRH6	Site Meyrin PS	510	120	-	-
04.06	GRK3	SW du BA7	480	130	-	-
04.06	GRK6	NW de AA	640	150	-	-
04.06	GRN1	Zone Nord	330	59	-	-
04.06	GRVE	Le Vengeron (échantillon de référence)	1000	390	-	0.81

**Limite de détection:** <sup>54</sup>Mn : 1.3 Bq/kg poids sec  
<sup>58</sup>Co : 1.3 Bq/kg poids sec  
<sup>60</sup>Co : 1.3 Bq/kg poids sec  
<sup>65</sup>Zn : 2.7 Bq/kg poids sec  
<sup>134</sup>Cs : 1.3 Bq/kg poids sec  
<sup>137</sup>Cs : 1.5 Bq/kg poids sec

**Tableau 5: Vin blanc**

1993 Date	Point de contrôle		Activité en Bq/l		
			<sup>40</sup> K	<sup>137</sup> Cs	<sup>3</sup> H
1992	WIS1	400 m SW du PS	11	-	< 20

**Limite de détection:** <sup>134</sup>Cs : 0.38 Bq/l  
<sup>137</sup>Cs : 0.45 Bq/l

**Note:** Les échantillons sont pris une fois par an

Tableau 6: Précipitations

Point de contrôle : RWSS Site Meyrin, sur le toit du bâtiment 24

1993		Activité			
Mois	Précipitations	Total bêta		<sup>3</sup> H	
	l/m <sup>2</sup>	Bq/l	Bq/m <sup>2</sup>	Bq/l	Bq/m <sup>2</sup>
1	18.8	0.075	1.4	18.0	330
2	6.1	0.130	0.76	14.0	85
3	10.3	0.220	2.3	11.0	110
4	57.0	0.190	11.0	9.9	560
5	50.0	0.110	5.5	8.0	400
6	63.0	0.100	6.3	17.0	1100
7	65.0	0.073	4.7	< 7.7	< 500
8	75.0	0.072	5.4	< 7.7	< 580
9	275.7	0.022	6.1	< 7.7	< 2100
10	212.0	0.023	4.9	< 7.7	< 1600
11	29.4	0.091	2.7	< 7.7	< 230
12	140.0	0.030	4.2	< 7.7	< 1100
<b>Total</b>	1002.3		55.0		< 8700

Limite de détection: <sup>54</sup>Mn : 0.31 Bq/l  
<sup>58</sup>Co : 0.30 Bq/l  
<sup>60</sup>Co : 0.30 Bq/l  
<sup>65</sup>Zn : 0.63 Bq/l  
<sup>134</sup>Cs : 0.30 Bq/l  
<sup>137</sup>Cs : 0.35 Bq/l

Note: Entonnoir 1 m<sup>2</sup>. Quantité de pluie mesurée à l'aéroport de Cointrin.

Tableau 7: Eau potable (FW) et eau souterraine (UW)

1993 Date	Point de contrôle	Activité en Bq/l	
		Total bêta	<sup>3</sup> H
13.08	FWPE Site Meyrin - Peney	0.058	< 7.7
13.08	FWVE Site Prévessin - Vengeron	0.061	< 7.7
13.08	UWPR Site Prévessin	0.083	< 7.7
13.08	UWSG St-Genis	0.077	< 7.7
13.08	UWVX Versonnex	0.008	< 7.7

**Tableau 8: Monitor aérosol**

**Point de contrôle : Meyrin, sur le toit du bâtiment 24**

1993	Quantité d'air en 1000 m <sup>3</sup>	Activité en mBq/m <sup>3</sup>	
Date		Total bêta	<sup>7</sup> Be
1a	7.4	-	
1b	7.0	-	3.3
2a	8.4	0.69	
2b	12.2	0.61	2.6
3a	8.8	-	
3b	11.9	-	3.2
4a	-	-	
4b	9.8	-	3.9
5a	10.1	-	
5b	11.9	-	3.6
6a	10.3	-	
6b	11.6	-	3.4
7a	10.9	-	
7b	10.0	-	4.1
8a	13.0	-	
8b	11.8	-	5.9
9a	11.1	-	
9b	10.9	-	3.2
10a	10.8	-	
10b	11.2	-	1.9
11a	10.9	-	
11b	10.5	-	3.6
12a	11.5	-	
12b	14.1	0.15	2.3

**Limite de détection pour d'autres radionucléides:**

- <sup>54</sup>Mn : 0.013 mBq/m<sup>3</sup>
- <sup>58</sup>Co : 0.013 mBq/m<sup>3</sup>
- <sup>60</sup>Co : 0.013 mBq/m<sup>3</sup>
- <sup>65</sup>Zn : 0.029 mBq/m<sup>3</sup>
- <sup>134</sup>Cs : 0.014 mBq/m<sup>3</sup>
- <sup>137</sup>Cs : 0.016 mBq/m<sup>3</sup>

**Note:** Filtres changés deux fois par mois, les mesures de l'activité bêta totale sont effectuées 7 jours après la prise de l'échantillon.