

26. Bericht der Eidg. Kommission zur Ueberwachung der Radioaktivitaet fuer das Jahr 1982 zuhanden des Bundesrates

Objekttyp: **Group**

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

Band (Jahr): **26 (1982)**

PDF erstellt am: **21.06.2024**

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 Ausdrücke 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.

26. BERICHT DER EIDG. KOMMISSION
ZUR UEBERWACHUNG DER RADIOAKTIVITAET FUER DAS JAHR 1982
ZUHANDEN DES BUNDESRATES ¹⁾

VON PROF. DR. O. HUBER, PRAESIDENT DER KOMMISSION, FREIBURG ²⁾

1. EINLEITUNG: ZIEL DER UEBERWACHUNG, VORSCHRIFTEN

Die Gefährdung des Menschen durch Einwirkung ionisierender Strahlung wird in vielen Ländern seit langem eingehend untersucht. Die "International Commission on Radiological Protection (ICRP) hat in ihren Publikationen Nr. 2 und Nr. 9 von 1959 und 1965 Grenzwerte für die Aequivalentdosis im Körper oder in einzelnen Organen bei beruflich strahlenexponierten Personen so festgelegt, dass nicht-stochastische Schäden vermieden werden und stochastische (somatischer oder genetischer Natur) nur mit einer annehmbar kleinen Wahrscheinlichkeit auftreten können ³⁾. Darauf basierend wurden die höchstzulässigen Dosen bei Ganzkörperbestrahlung in der Schweizerischen Strahlenschutzverordnung (SSVO) wie folgt festgelegt:

Beruflich strahlenexponierte Personen	5000 mrem ⁴⁾ pro Jahr
Einzelpersonen der Bevölkerung	500 mrem pro Jahr

Nach Artikel 107 der SSVO dürfen die Abgaben radioaktiver Stoffe aus Betrieben in die Atmosphäre an keinem allgemein zugänglichen

1) Texte français, voir page 61

2) Der Bericht wurde in Zusammenarbeit mit Dr. J. HALTER, Dr. H. VÖLKLE und Dr. B. MICHAUD (Freiburg) anhand der Arbeitsberichte der im Anhang aufgeführten Laboratorien verfasst

3) Bei stochastischen Auswirkungen ist die Eintretenswahrscheinlichkeit, nicht aber der Schweregrad des Schadens, proportional zur Strahlendosis. Bei nicht-stochastischen Auswirkungen nimmt der Schweregrad mit der Dosis zu. Bei den letzteren gibt es einen Schwellenwert, unterhalb dem keine Wirkung zu beobachten ist. Somatische Schäden sind solche, die am bestrahlten Individuum selbst auftreten, genetische solche, die sich erst bei den Nachkommen bemerkbar machen.

4) Die nach dem Strahlenrisiko bewertete Dosis wird in rem angegeben
(1 rem = 1000 mrem)

Ort zu Konzentrationen führen, welche über die Atemluft mehr als 50 mrem/Jahr ergeben würden. Ebenso ist die maximale Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser im Wochenmittel so beschränkt, dass der ausschliessliche Gebrauch des "Vorfluters" als Trinkwasser zu maximal 50 mrem/Jahr führen würde.

In Art. 28 ist ein wichtiges Prinzip des Strahlenschutzes wie folgt definiert: "Jedermann ist verpflichtet, unnötige Bestrahlungen von Personen zu vermeiden".

Inzwischen hat die ICRP neue Empfehlungen für die Ermittlung und Limitierung von Ganzkörperdosen und Organ (Gewebe)-Dosen erarbeitet und in den Publikationen Nr. 26 (1977) und Nr. 30 (1979-82) dargelegt. Die Grenzwerte für die "Ganzkörperdosen" beruflich strahlenexponierter Personen sind nach wie vor auf 5 rem/Jahr festgelegt; jedoch wird das Konzept des kritischen Organs fallen gelassen; dies ist jenes Organ, das bei Inkorporation eines bestimmten Nuklides am meisten bestrahlt wird. Neu wird der Begriff der "effektiven Aequivalentdosis" eingeführt, definiert als eine gewichtete Summe der einzelnen Organdosen ¹⁾; diese effektive Aequivalentdosis stimmt mit der "Ganzkörperdosis" im Sinne der SSVÖ dann überein, wenn der ganze Körper gleichmässig bestrahlt wird. Zusätzlich zur Begrenzung der effektiven Aequivalentdosis auf 5 rem/Jahr darf bei beruflich strahlenexponierten Personen kein Organ mehr als 50 rem/Jahr erhalten. Durch ihre Empfehlungen bezweckt die ICRP, sowohl somatische Effekte am bestrahlten Individuum selbst, als auch genetische Schäden bei dessen Nachkommen und genetische und somatische Schäden bei der Bevölkerung auf ein annehmbares Minimum zu begrenzen. Die auf diesem Konzept basierenden Richtwerte für Inkorporationen von Radionukliden, sowie die für die Berechnung benutzten physikalischen und biologischen Parameter sind in der ICRP-Publikation Nr. 30 zusammengestellt. Beim Vergleich mit den entsprechenden Richtwerten der schweizerischen SSVÖ ist festzustellen, dass für gewisse Radionuklide die Limiten der ICRP-30 weniger streng sind, also den entsprechenden Nukliden eine geringere Radiotoxizität zukommt. Dies, weil einerseits neuere Daten über den Stoffwechsel oder neuere Berechnungen tiefere Dosen ergaben und andererseits weil die neue Gewichtung der einzelnen Organdosen oft zu einer kleineren effektiven Aequivalentdosis führt. Eine geringe Anzahl Nuklide wird strenger beurteilt. Im Folgenden ist für einige Isotope der Vergleich der Grenzwerte der Jahresaufnahmen für beruflich strahlenexponierte Personen zusammengestellt:

1) Es gelten dabei folgende Gewichtungsfaktoren, Gonaden: 0,25; Brust: 0,15; rotes Knochenmark: 0,12; Lunge: 0,12; Schilddrüse: 0,03; Knochenoberfläche: 0,03; übrige Organe zusammen: 0,30

Vergleich zwischen SSV0 und ICRP-30

Radio- nuklide	T 1/2 1)		Grenzwerte der Jahresaufnahme für beruflich strahlenexponierte Personen			
			Inhalation: Ci/Jahr		Ingestion: Ci/Jahr	
			ICRP-30	SSVO	ICRP-30	SSVO
H - 3	12,3	Jahre	$8 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$	$8 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$
Co- 60	5,3	Jahre	$2,7 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$1,9 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$
Sr- 90	28	Jahre	$2,7 \cdot 10^{-6}$	$3 \cdot 10^{-6}$	$2,7 \cdot 10^{-5}$	$4 \cdot 10^{-6}$
J -131	8,07	Tage	$5,4 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$2,7 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-5}$
Cs-137	30	Jahre	$1,6 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-5}$	$1,1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$
Ra-226	1620	Jahre	$5,4 \cdot 10^{-7}$	$7 \cdot 10^{-8}$	$1,9 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-7}$
Th-232	$1,4 \cdot 10^{10}$	Jahre	$1,1 \cdot 10^{-9}$	$5 \cdot 10^{-9}$	$8,1 \cdot 10^{-7}$	$2 \cdot 10^{-5}$

Obwohl in der Schweiz die Strahlenschutzverordnung noch immer Gültigkeit hat, zieht die Eidg. Kommission zur Ueberwachung der Radioaktivität (KUER) heute schon bei der Beurteilung der Messwerte hinsichtlich daraus resultierender Dosiswerte auch die Empfehlungen der ICRP-26 und -30 bei.

Die Ueberwachung der Strahlendosen beruflich strahlenexponierter Personen ist in der Schweiz drei Kontrollinstanzen übertragen, nämlich dem Bundesamt für Gesundheitswesen (medizinischer Bereich und Forschung), der Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (Kernkraftwerke und weitere Reaktoranlagen) und der SUVA (Fabrikbetriebe). Die KUER befasst sich mit der Messung der Radioaktivität in der Umwelt; darauf basierend beurteilt sie die Strahlendosen der Bevölkerung.

Zur Durchsetzung der gesetzlich gültigen Vorschriften können die zuständigen Kontrollinstanzen für jeden einzelnen Betrieb, der radioaktive Stoffe erzeugt oder verarbeitet, Abgabegrenzwerte festlegen. Dies gilt insbesondere auch für die Kernkraftwerke, deren Abgabevorschriften auf einer zwischen Hauptabt. für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK), Eidg. Kommission für die Sicherheit von Atomanlagen und KUER vereinbarten Richtlinie beruhen.

Der von der KUER ausgearbeitete Probenahme- und Messplan ermöglicht die Ueberwachung des radioaktiven Ausfalls von Atombombenexplosionen und von radioaktiven Immissionen aus Kernkraftwerken, Radioisotope verarbeitenden Industrien und Spitälern. Die Ueberwachung der gesamten Biosphäre anhand von Stichproben und Reihenmessungen - Luft, Niederschläge, Oberflächen-, Grund- und Abwasser, Erdboden, Gras, Lebensmittel und der Mensch selbst - ergibt ein umfassendes Bild der Umweltradioaktivität und ermöglicht eine Abschätzung der daraus resultierenden Strahlendosen der Bevölkerung.

1) T 1/2 = Halbwertszeit; Zeitintervall, in welchem die Radioaktivität einer Substanz auf die Hälfte abklingt.

2. ALLGEMEINE UEBERWACHUNG

2.1.1. Künstliche Radioaktivität der Luft

Die an Aerosole angelagerte künstliche Radioaktivität, herrührend von Kernwaffenversuchen, war 1982 sehr klein. Die letzte Atombombenexplosion in der Atmosphäre fand am 16. Oktober 1980 in China statt. Die Spaltprodukte dieser Bombe gelangten grösstenteils schon 1981 in die bodennahen Luftschichten. Nach dem Frühlingsaustausch in den Monaten März bis Mai 1982 traten geringe, aber messbare Aktivitätskonzentrationen von 1-2 fCi/m³ ¹⁾ Luft auf; am Ende des Jahres war diese kleine Erhöhung nicht mehr feststellbar (Tab. 1). Die dadurch verursachte Dosis im Lungengewebe lag unter 0,1 mrem/Jahr.

Argon-37-Bestimmungen (T ½ = 35 Tage) in der Luft zeigten im Berichtsjahr Werte wie im Vorjahr zwischen 35 und 1400 fCi/m³. Diese Aktivität rührt grösstenteils von künstlichen Quellen, wie unterirdischen Kernwaffenexplosionen und der Kernindustrie her. Weitere weltweit in der Luft verbreitete langlebige künstliche Radioisotope sind Tritium (T ½ = 12 Jahre), Krypton-85 (T ½ = 10,3 Jahre) und Jod-129 (T ½ = 1,7·10⁷ Jahre), die noch von früheren Kernexplosionen, aber auch von der Nuklearindustrie stammen. Die gesamte von diesen Radioisotopen verursachte Dosis liegt ebenfalls unter 0,1 mrem/Jahr.

2.1.2. Kurzlebige, natürliche Radionuklide in der Luft

Der grösste Teil der kurzlebigen natürlichen Radioaktivität der bodennahen Luft kommt vom Alpha-Strahler Radon-222 (T ½ = 3,8 Tage), einem Nuklid aus der Uran-Radium-Zerfallsreihe (Tab. 2) und von dessen kurzlebigen Folgeprodukten. Seine Aktivität hängt von Jahreszeit und Witterung ab und beträgt einige, bis einige hundert pCi/m³, im Mittel 100 bis 200 pCi/m³. Das aus der Thoriumreihe stammende Radon-220 (T ½ = 53 Sek.) und seine kurzlebigen Folgeprodukte weisen Aktivitäten auf, die im Mittel etwa eine Grössenordnung kleiner sind.

2.1.3. Langlebige natürliche Radionuklide in der Luft

Die beiden langlebigen natürlichen Radionuklide der bodennahen Luft, Blei-210 und Polonium-210 (Folgeprodukte von Radon-222) können, da sie sich an Aerosole anlagern, anhand von monatlichen Sammelproben mit Luftfiltern gemessen werden. Für Blei-210 (Betastrahler, T ½ = 22,3 Jahre) ergab sich 1982 im Jahresmittel 16 fCi/m³ Luft mit Monatswerten zwischen 8 und 34 fCi/m³. Zur Gesamt-Alpha-Messung müssen die Filter verascht werden. Die Gesamt-Alpha-Messung der Filterasche ergab im Jahresmittel 3 fCi/m³; der grösste Teil davon rührt von Polonium-210 (T ½ = 138 Tage) her. Die Werte

1) 1 fCi = 1/1000 pCi = 3,2 Kernzerfälle pro Tag

sind in Uebereinstimmung mit den Angaben von UNSCEAR (1982)¹⁾, das für die mittleren Breiten der Nordhemisphäre 14 fCi Blei-210/m³ und 3,3 fCi Polonium-210/m³ angibt. Die Aktivität von Polonium-210 in der Luft ist kleiner als jene seiner Muttersubstanz Blei-210, da sich letztere zum Teil vor dem Zerfall auf dem Erdboden ablagert. Wird die Filterasche ein Jahr nach dem Veraschen nochmals gemessen, dann zeigt Polonium-210, das in der Zwischenzeit aus Blei-210 wieder nachgewachsen ist, dieselbe Aktivität wie sein Mutternuklid.

Beryllium-7 (T 1/2 = 53 Tage), durch die kosmische Strahlung erzeugt und ebenfalls an Aerosole angelagert, zeigte gemäss den Gammamessungen der Luftfilter 1982 eine mittlere Konzentration von 90 fCi/m³; dies führt zu vernachlässigbar kleinen Dosen.

In der Luft und in jungen Pflanzen enthält der Kohlenstoff je Gramm rund 6 pCi des natürlichen, durch die kosmische Strahlung erzeugten Radioisotops Kohlenstoff-14 (T 1/2 = 5730 Jahre). Gegenwärtig liegen die Werte in Proben von Baumblättern (vgl. Kapitel 3.3.5.) ca. 25% über dem natürlichen Pegel. Dieser Anteil rührt zum grössten Teil noch von Atombombenversuchen in der Atmosphäre her und verursacht gegenwärtig etwa 0,3 mrem/Jahr.

2.1.4. Strahlendosis durch Radon und dessen Folgeprodukte

Zur externen Strahlenbelastung - kosmische Strahlung und natürliche Radioaktivität der Erdkruste - und der internen durch im Körper eingebaute Radionuklide kommt eine weitere interne Bestrahlung durch Radon-222 und dessen Tochternuklide hinzu. Radon-222 ist seinerseits ein Tochternuklid des in der Erde und in gewissen Baumaterialien vorhandenen Radium-226 der natürlichen Uran-Zerfallsreihe. Als Edelgas mit einer Halbwertszeit von 3,8 Tagen tritt Radon teilweise in die Atmosphäre aus und zerfällt in eine Reihe radioaktiver Tochternuklide (Alpha-, Beta- und Gamma-Strahler), die sich an Aerosole in der Luft anlagern. Beim Atmen setzen sich diese Aerosole zum Teil in Bronchiolen und im Lungengewebe ab. Der Alpha-Zerfall der Tochternuklide Polonium-218 und Polonium-214 führt zu einer Bestrahlung der Atemorgane.

Im Gegensatz zum Radon lagern sich seine Folgeprodukte teilweise auf dem Boden, in Häusern auch auf den Wänden ab, was zu einer gewissen Abreicherung der Tochternuklide gegenüber dem Radon führt.

Die KUER hat schon früher auf die Strahlendosis durch Radon hingewiesen (vgl. Jahresbericht 1972, Seite 156 und Jahresbericht 1981, Seite 3), hat sich dabei aber auf die Radonkonzentration im Freien bezogen. Radon-Messungen im Innern von Gebäuden konnten erst durchgeführt werden, seit geeignete Radon-Messverfahren zur Verfügung stehen. Die Strahlendosen durch erhöhten Radon-Gehalt im Innern von Gebäuden wurden früher von der KUER nicht berücksichtigt.

1) United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation: New York 1982 (UNSCEAR): "Ionizing Radiation: Sources and Biological Effects"

In der Zusammenfassung der KUER-Berichte über die mittleren Strahlendosen in der Schweiz aus verschiedenen Quellen wurden jeweils die Dosen im roten Knochenmark und in den Gonaden bzw. Ganzkörperdosen angegeben. Radon und dessen Folgeprodukte geben dagegen nur eine Dosis in den Atemorganen, die gemäss SSV0 nicht in eine Ganzkörperdosis umgerechnet werden kann. Dies wurde erst mit dem neuen Konzept der ICRP-26 möglich. Daher sind in den früheren Zusammenfassungen der KUER keine Ganzkörperdosen durch Radon aufgeführt.

2.1.5. Radon in Wohnräumen in der Schweiz

Im Innern von Gebäuden kann die Radon-Konzentration und damit die durch Radon und dessen Folgeprodukte verursachte Strahlendosis deutlich höher sein als im Freien. Einerseits gelangt nämlich Radon hauptsächlich aus dem Boden via Keller in die Wohnräume und reichert sich dort, vor allem in gut abgedichteten Räumen, an. Andererseits enthalten gewisse Baumaterialien Radium und das entstehende Radon tritt ebenfalls teilweise in die Luft aus.

Die durch Radon in Wohnräumen verursachte Strahlenbelastung wurde in den letzten Jahren aktuell, und man begann aus Anlass von Energiesparmassnahmen (Hausisolation) in den USA und in europäischen Ländern Radon-Untersuchungen in Gebäuden und in Baumaterialien durchzuführen. Dies führte auch dazu, dass die Radon-Messtechnik erheblich verbessert wurde und hochempfindliche kommerzielle Radon-Messgeräte entwickelt wurden.

Die Abt. Strahlenüberwachung des Eidg. Institutes für Reaktorforschung (EIR) führte 1981/82 im Auftrag des Bundesamtes für Energiewirtschaft eine Vorstudie über Radon in Wohnräumen (zum überwiegenden Teil in Einfamilienhäusern) in der Schweiz durch. Im Winterhalbjahr 1981/82 wurden in ausgewählten Regionen in der Schweiz in 123 Wohnhäusern je drei passive Radondosimeter meist im Keller, im Wohnzimmer und in einem Schlafraum plaziert und im Sommer 1982 im EIR ausgewertet.

Die Messungen ergaben Radonkonzentrationen zwischen 400 und 100'000 pCi/m³ mit einer starken Häufung zwischen 500 und 2000 pCi/m³; im Mittel ca. 1500 pCi/m³. Starke regionale Unterschiede zeigten sich als Folge der verschiedenen geologischen Formationen im Untergrund der Häuser. Auch ein Stockwerkeinfluss war zu erkennen, indem die Radonkonzentration mit zunehmender Höhe über dem Boden abnimmt. Lokal Unterschiede können sehr gross sein ¹⁾.

Radon-Messwerte können nach UNSCEAR (1982) in Strahlendosen (als effektive Äquivalentdosen) umgerechnet werden. Es wird dabei ein Gleichgewichtsfaktor für die Tochternuklide gegenüber dem Radon-gehalt in der Luft von 0,5 (in Wohnräumen) bzw. 0,6 (im Freien) angenommen. Ueber die Tätigkeit einer Person und die entsprechenden Atemraten wurden die nachfolgend zusammengestellten Annahmen getroffen:

1) H. Brunner, W. Burkart, E. Nagel, C. Wernli: Radon in Wohnräumen in der Schweiz - Ergebnisse der Vorstudie 1981/82. EIR-Bericht TM-81-82-11, 22.12.82

	Aufent- haltsdauer	Tätigkeit	Atemrate	Atemluft- menge
Im Haus- innern	5,5 h/Tag	Arbeit	1,2 m ³ /h	6,6 m ³ /Tag
	5,5 h/Tag	leichte Aktivität	0,75 m ³ /h	4,1 m ³ /Tag
	8 h/Tag	Schlafen	0,45 m ³ /h	3,6 m ³ /Tag
Total:	19 h/Tag	ca. 15 m ³ /Tag		
Im Freien	2 h/Tag	Arbeit	1,2 m ³ /h	2,4 m ³ /Tag
	3 h/Tag	leichte Aktivität	0,75 m ³ /h	2,3 m ³ /Tag
Total:	5 h/Tag	ca. 5 m ³ /Tag		

Unter diesen Voraussetzungen führen gemäss den Annahmen von UNSCEAR (1982) 1500 pCi Radon-222/m³ in Wohnräumen (19 h) zu einer Lungendosis von 1300 mrem/Jahr, während die natürliche Radon-Konzentration im Freien von 100 bis 200 pCi/m³ zu einer Lungendosis von ca. 80 mrem/Jahr führt, bei 5 Stunden pro Tag Aufenthalt im Freien. Umgerechnet in effektive Aequivalentdosen entsprechen diese Lungendosen ca. 150 mrem/Jahr in Wohnräumen bzw. ca. 10 mrem/Jahr im Freien.

Radon und dessen Folgeprodukte bewirken hauptsächlich eine Bestrahlung der Atemorgane; die genetische Belastung ist vernachlässigbar. Aus den Statistiken über Lungenkrebs Erkrankungen bei Minenarbeitern geht hervor, dass hohe Radon-Konzentrationen in der Atemluft Lungenkrebs auslösen können ¹⁾. Wieweit jedoch aus diesen Daten das Krebsrisiko bei den in den Wohnhäusern gemessenen, vergleichsweise wesentlich niedrigeren Radonpegeln abgeschätzt werden kann, steht nicht mit Sicherheit fest. Solche Abschätzungen basieren ausschliesslich auf Extrapolationen aus höheren Dosen auf niedrigere, da für diesen tieferen Konzentrationsbereich keine Statistiken vorliegen. Zudem können Lungenkrebsfälle nicht nur durch Radon ausgelöst werden, sondern auch durch andere Ursachen oder Schadstoffe (z.B. Rauchen).

Der provisorisch ermittelte Durchschnittswert der Radonkonzentration in den Wohnräumen der vom EIR untersuchten Häuser von 1500 pCi/m³ ergibt unter Berücksichtigung der Aufenthaltsdauer im Hausinnern somit eine effektive Aequivalentdosis von 150 mrem pro Jahr ²⁾. Berücksichtigt man noch die Dosis durch Radon im Freien

1) Vgl. W. Burkart: "Assessment of Radiation Dose and Effects from Radon and its Progeny in Energy efficient Homes". Nucl. Techn., Vol. 60, 1983, p. 114-123

2) Erste Dosisabschätzungen des EIR basieren auf einem provisorischen Dosisfaktor von 80 mrem/Jahr pro 1000 pCi/m³ und ergeben tiefere Dosiswerte. Von UNSCEAR (1982) und NEA (Nuclear Energy Agency) wurde inzwischen ein Wert von 109 mrem/Jahr pro 1000 pCi/m³ vorgeschlagen. Da es sich dabei um einen eher konservativen Schätzwert handelt, der eine obere Grenze für die zu erwartende effektive Aequivalentdosis angibt, verwendet die KUER einen gerundeten Wert von 100 mrem/Jahr pro 1000 pCi Radon/m³

mit ca. 10 mrem/Jahr, so ergibt sich eine effektive Äquivalentdosis durch Radon und Folgeprodukte von ca. 160 mrem/Jahr. Diese ist zu vergleichen mit der mittleren übrigen natürlichen Strahlendosis von rund 125 mrem/Jahr. Radon und dessen Folgeprodukte werden damit zur grössten einzelnen Komponente der natürlichen Strahlendosis in der Schweiz, verursachen jedoch keine genetischen Effekte.

Die hier aufgeführten Dosiswerte durch Radon und dessen Folgeprodukte basieren ausschliesslich auf den Radon-Messungen des EIR, die zum überwiegenden Teil in Einfamilienhäusern durchgeführt wurden. Sie können daher nicht als repräsentative Mittelwerte für die Schweizer Bevölkerung betrachtet werden; dazu sind noch weitere Messungen notwendig.

Irgendwelche Massnahmen sind vorerst nicht erforderlich, jedoch sollte das Radonproblem in der Schweiz sorgfältig und umfassend untersucht werden. Die KUER beteiligt sich in Zusammenarbeit mit dem EIR und andern Stellen an diesen Untersuchungen.

2.2. Niederschläge

Die Regensammelstation von Les Hauts-Geneveys musste versetzt werden. Sie befindet sich seit Januar 1982 in Cernier, ungefähr 3 km vom alten Standort entfernt, am gleichen Berghang. Damit ist die Kontinuität der Messungen dieser Station, die auch als Vergleichsstation für die Tritiummessungen im Niederschlag von La Chaux-de-Fonds dient, gewährleistet.

Die Monatsmittel der Gesamtbetaaktivität von Niederschlagsproben aus 7 Sammelstationen lagen zwischen 1 und 5 pCi/Liter (Tab. 3). Diese Aktivität stammt zum grössten Teil von den langlebigen Folgeprodukten von Radon-222.

Auch die trockene Aktivitätsablagerung in Locarno (0,4 mCi/km²) enthält weitgehend natürliche Radionuklide.

Die Tritiumkonzentration der Niederschläge lag 1982 in den Monatsproben grösstenteils, im Jahresmittel an allen von Betrieben unbeeinflussten Messstationen, unter 200 pCi/Liter. Der Niederschlag von Bern mit einem Jahresmittel von 190 pCi/Liter (1981: 400 pCi pro Liter) unterschied sich nicht wesentlich von demjenigen anderer Sammelstationen.

Die Tritiummessungen im Niederschlag von La Chaux-de-Fonds und aus der Umgebung von Leuchtfarben-Herstellerfirmen werden in Kapitel 4 behandelt.

2.3. Oberflächengewässer

In den Monatsproben von Flusswasser aus dem Rhein bei Rekingen/AG und Village-Neuf unterhalb Basel, der Rhone bei Porte du Scex/VS und Chancy/GE, dem Ticino bei Riazzino und dem Doubs bei St. Ursanne lag die Gesamtalphaaktivität unter 2 pCi/Liter und die Gesamtbetaaktivität ($E_{\beta} > 150$ keV) unter 10 pCi/Liter. Die einzigen Aus-

nahmen bildeten die Proben vom Juli aus der Rhone (Porte du Scex: Alpha 7,5 pCi/Liter, Beta 20 pCi/Liter; Chancy: Alpha 3 pCi/Liter, Beta 15 pCi/Liter). Diese Wasserproben zeigten auch einen starken Filter-Rückstand, der gemäss Gammaanalyse die natürlichen Radioisotope Kalium-40 und Radium-226 mit Folgeprodukten enthielt. In Stichproben aus dem Rhein bei Schmitter/SG, der Tresa bei Ponte Tresa/TI und dem Inn bei Martinsbruck/GR wurde ebenfalls die Gesamtbetaaktivität gemessen. Sie lag immer unter 10 pCi/Liter.

Die Tritiumkonzentrationen der wöchentlichen oder monatlichen Sammelproben ergaben im Jahresmittel: in der Aare oberhalb des Kernkraftwerks Mühleberg 270 pCi/Liter; im Rhein bei Schmitter 160 pCi/Liter, bei Rekingen 230 pCi/Liter, bei Village Neuf 270 pCi/Liter; in der Rhone bei Porte du Scex 120 pCi/Liter, bei Chancy 210 pCi/Liter und im Ticino bei Riazzino 130 pCi/Liter. Einzelproben aus der Aare oberhalb und unterhalb der Kernanlagen zeigten Werte zwischen 100 und 400 pCi Tritium/Liter, nicht signifikant verschieden von den übrigen Stellen. Gegenüber 1981 ergibt sich, wie auch im Niederschlag, eine leichte Abnahme des Tritiumgehaltes im Flusswasser.

Nur der Doubs bei St. Ursanne zeigte in den Wochenproben teilweise eine etwas erhöhte Tritiumaktivität: 280-2200 pCi/Liter (1981: 420-2300 pCi/Liter). Die Verwendung auch dieses Wassers als Trinkwasser würde zu vernachlässigbar kleinen Dosen führen.

2.4. Erdboden und Gras

1982 wurden die Messungen von Erdboden in der Umgebung Kernkraftwerk Beznau (KKB) und EIR wieder aufgenommen. Die Strontium-90- und die Caesium-137-Aktivität im Erdboden der verschiedenen Probenahmestellen zeigte die üblichen Schwankungen (Tab. 4), aber keine systematische Aenderung gegenüber den vorangegangenen Jahren. Wieder enthält die oberste Erdschicht von Davos-Stillberg eine gegenüber den andern Proben um rund einen Faktor 10 erhöhte Strontium-90- und Caesium-137-Aktivität.

Im Gras hat 1982 der Caesium-137-Gehalt gegenüber dem Vorjahr abgenommen. Wie 1980, als die Caesium-137-Aktivität in der Luft ebenfalls sehr klein war, liegt die Aktivität im Gras 1982 an der Nachweisgrenze von ca. 20 pCi/kg Trockensubstanz (TS). Die Strontium-90-Aktivität im Gras unterscheidet sich nicht von derjenigen früherer Jahre. Die höchsten Caesium-137- und Strontium-90-Messwerte wurden wie schon früher an der Stelle Davos-Stillberg festgestellt.

Einige Erdproben wiesen Spuren der langlebigen Nuklide Cer-144 ($T_{1/2} = 284$ Tage), Antimon-125 ($T_{1/2} = 2$ Jahre), Cobalt-60 ($T_{1/2} = 5,3$ Jahre) und Mangan-54 ($T_{1/2} = 312$ Tage) auf. In einzelnen Grasproben waren Cer-144-Aktivitäten der Grössenordnung 100 pCi/kg TS festzustellen; vom Strahlenschutzstandpunkt aus sind diese Aktivitäten bedeutungslos.

Durch die Caesium-137-Aktivität im Boden wird in 1 m Höhe eine Ortsdosis von 1-2 mrem/Jahr hervorgerufen.

2.5. Milch, Getreide und andere Lebensmittel

Diese Nahrungsmittel werden stichprobenartig in enger Zusammenarbeit mit der Arbeitsgemeinschaft zur Ueberwachung der Radioaktivität der Lebensmittel (ARL) überwacht.

Die Caesium-137-Aktivität in der Milch der Unterlandstationen lag mit wenigen Ausnahmen unterhalb der Nachweisgrenze von rund 5 pCi pro Liter (alle kleiner als 10 pCi/Liter). Nur die Milchproben von Davos (60 pCi Caesium-137/Liter) und die erstmals auf Gammastrahler analysierte Milch von Mürren (9-25 pCi Caesium-137/Liter) zeigten einen etwas erhöhten Caesium-137-Gehalt, der im Falle Davos im Rahmen der Werte der letzten Jahre lag. Das Gleiche gilt für den Strontium-90-Gehalt der Milch: 2-7 pCi/Liter im Mittelland (1981: 3-4 pCi/Liter), im Mittel 25 pCi/Liter in Mürren (1981: 20 pCi/Liter) und 40 pCi/Liter in Davos (1981: 45 pCi/Liter).

Im Weizen der Ernte 1982 von mehreren Stellen der Alpennordseite, vom Tessin und aus der Umgebung der Kernkraftwerke lag die Caesium-137-Aktivität unter der Nachweisgrenze (d.h. < 10 pCi/kg). Strontium-90-Bestimmungen dieser Proben ergaben im Mittel 20 ± 5 pCi/kg.

Einzelne Analysen von inländischem und importiertem Gemüse und von Früchten ergaben keine erhöhten Strontium-90- und Caesium-137-Aktivitäten.

Alle untersuchten Lebensmittel waren bezüglich Radioaktivität für den Genuss unbedenklich.

2.6. Menschlicher Körper

Wie in früheren Jahren wurden mit dem Ganzkörperspektrometer des Service Cantonal de Contrôle des Irradiations (SCCI) in Genf 20 Schüler und 21 Schülerinnen einer Mittelschule im Alter von 17-19 Jahren gemessen. Die durchschnittlichen Konzentrationen betragen 17 pCi Caesium-137/kg Körpergewicht bei den Männern und 18 pCi/kg bei den Frauen. Dies führt zu einer Ganzkörper-Jahresdosis von 0,2 mrem. Demgegenüber führen die mittleren Kalium-40-Konzentrationen von 2000 pCi/kg Körpergewicht der Schüler und 1600 pCi/kg der Schülerinnen zu einer Ganzkörperdosis von 18 bzw. 15 mrem pro Jahr.

Die Bestimmung von Strontium-90 in Wirbeln von 15 Erwachsenen aus der Gegend von Lausanne ergab 1982, umgerechnet auf das Skelett, ein mittleres Verhältnis von 0,7 pCi Strontium-90/g Calcium. Dieser Wert ist seit 1975 praktisch konstant und entspricht einer jährlichen Strahlendosis der blutbildenden Organe von rund 2 mrem.

3. KERNANLAGEN

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

3.1. Uebersicht

Kernkraftwerke (KKW) geben - auch bei Normalbetrieb - radioaktive Stoffe an die Umwelt ab. Es sind dies Edelgase, Aerosole und Jod-Isotope (gasförmig und an Aerosole angelagert) sowie Kohlenstoff-14, die über die Abluft in die Umgebung gelangen. Freigesetzte radioaktive Stoffe lagern sich teilweise auf Boden und Pflanzen ab und gelangen ebenfalls aus dem Boden in die Pflanzen. Radioaktive Spalt- und Aktivierungsprodukte sowie Tritium werden auch über das Abwasser in die Flüsse abgegeben und können somit aus dem Wasser in Wasserpflanzen, Fische und Flusssedimente übergehen. Die freigesetzten radioaktiven Stoffe verursachen zunächst eine externe Bestrahlung von Personen, die sich in der Umgebung eines Werkes aufhalten. Ueber Atemluft, Trinkwasser und Nahrung können sie zudem auch in den menschlichen Körper aufgenommen werden, wo sie zu einer internen Bestrahlung führen.

Die Festlegung der Abgabelimiten für KKW basiert auf der Richtlinie R-11 ¹⁾, gemäss der keine Person der Umgebungsbevölkerung durch Immissionen aus dem Werk eine Dosis von mehr als 20 mrem/Jahr erhalten darf.

Der Betreiber eines Werkes ist verpflichtet, sämtliche radioaktiven Emissionen lückenlos zu messen und zu bilanzieren. Die Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK) kontrolliert die Angaben des Betreibers durch stichprobenartige eigene Messungen und durch Ueberprüfung seiner Messgeräte und Aufzeichnungen. Darüber hinaus kontrollieren die Labors von HSK und KUER die Messresultate des Betreibers durch Parallelmessungen.

Eine eventuelle Direktstrahlung aus einem Werk (z.B. durch die hochenergetische Gamma-Strahlung von Stickstoff-16 im Dampfkreislauf eines Siedewasserreaktors) darf ausserhalb des umzäunten Areals höchstens eine Ortsdosis von 10 mrem/Woche verursachen. Die Direktstrahlung beschränkt sich auf ein eng begrenztes Gebiet ausserhalb der Umzäunung, wo niemand wohnt und sich Passanten nur kurze Zeit aufhalten. Eine weitere zahlenmässige Beschränkung dieser Ortsdosis soll gemäss R-11 dann erfolgen, wenn 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 30 mrem überschreiten würde.

Zur Festlegung der Abgabegrenzwerte ²⁾ sowie zur Berechnung der Strahlenbelastung, verursacht durch die Abgaben eines Werkes, werden Modellrechnungen benützt, die die Ausbreitung radioaktiver

1) Richtlinie R-11: "Ziele für den Schutz von Personen vor ionisierender Strahlung im Bereich von Kernkraftwerken" HSK-KSA-KUER (Mai 1980)

2) Diese Grenzwerte können jederzeit neuen Verhältnissen oder Erkenntnissen angepasst werden

Stoffe in der Umgebung, den Uebergang in Pflanzen und Nahrung und die Aufnahme in den menschlichen Körper beschreiben. Diese Modelle setzen unter anderem Kenntnisse über die meteorologische und topographische Situation am KKW-Standort, die Bodennutzung und die Besiedlungsstruktur sowie über die Ernährungsgewohnheiten der Bevölkerung voraus. Zur Bestimmung der Ablagerungsgeschwindigkeit von Jod (gasförmig) und Aerosolen auf Boden und Bewuchs, der Uebergangsfaktoren Luft → Gras → Milch, Boden → Pflanzen, Wasser → Fische etc. dienen nebst gezielten Experimenten auch die langjährigen Messreihen von radioaktivem Ausfall nach Atombombenversuchen in der Atmosphäre (vgl. Bericht: "25 Jahre Radioaktivitätsüberwachung in der Schweiz"). Die Berechnung der Strahlendosen für einzelne Radionuklide oder Radionuklidgemische aufgrund von gemessenen oder berechneten Aktivitätskonzentrationen in Luft, Wasser und Nahrung geschieht gemäss den in der Strahlenschutzverordnung (SSVO) enthaltenen Umrechnungsfaktoren: Jahresaufnahme → Ganzkörper- bzw. Organdosis. Diese Dosisabschätzungen sollen soweit wie möglich die tatsächlichen Verhältnisse berücksichtigen. Eine solche realistische Rechnung ist jedoch nicht in allen Punkten möglich. Für gewisse Parameter werden daher ungünstige Werte angenommen; solche Abschätzungen ergeben konservativ hohe Persondosen.

Die Emissionsüberwachung im KKW wird durch die Umgebungsüberwachung (Immissionsüberwachung) ergänzt. Letztere ergibt eine Kontrolle der Berechnung der durch die Abgaben verursachten Bevölkerungsdosen. Bei der Umgebungsüberwachung wird die Ortsdosis an mehreren Stellen und die Radioaktivität aller wichtigen Glieder der Belastungspfade teilweise kontinuierlich, teilweise stichprobenartig gemäss einem für jedes Werk spezifischen Mess- und Probenahmeprogramm gemessen. Dieses Programm umfasst die Radioaktivitätsmessung von Luft, Aerosolen, Niederschlägen, Boden, Gras, Milch, Getreide, Gewässer, ausserdem von Wasserpflanzen, Schwefelstoffen, Sedimenten und Fischen. Die Messungen, die der Kernkraftwerksbetreiber selbst ausführt, werden stichprobenartig durch Messungen der KUER überprüft. Die Umgebungsüberwachung kann zwar nicht lückenlos sein; aber auch bei einer Beschränkung auf die wichtigsten Belastungspfade, auf wenige örtlich gut platzierte Stellen für kontinuierliche Probenahme und Messungen, ergänzt durch Stichproben von Medien, bei denen eine Akkumulation stattfindet (Boden, Pflanzen, Nahrung, Sedimente, Wasserpflanzen, Fische) kann eine Ueberwachung gewährleistet werden, der unzulässige Immissionen aus den Werken nicht entgehen.

Aus den gemessenen Emissionswerten, in Verbindung mit Ausbreitungs- und Dosisberechnungen und aus den Resultaten der Umgebungsüberwachung, können die Dosen für Personen der Bevölkerung in der Umgebung mit einer Genauigkeit ermittelt werden, die die Ueberprüfung der Einhaltung des Dosisgrenzwertes von 20 mrem pro Jahr gestattet.

Für die Beurteilung der Auswirkungen einer Anlage auf die Umwelt ist es wichtig, Radioaktivität und Ortsdosen in der Umgebung des Werkes vor dessen Inbetriebnahme zu kennen. Deshalb wird im Rah-

men der radiologischen Beweissicherung das gesamte Umgebungsüberwachungsprogramm bereits einige Jahre vor Betriebsaufnahme begonnen (vgl. Berichte über die Beweissicherungsmessungen in der Umgebung des KKL und des KKG). Beim Kernkraftwerk Leibstadt (KKL) wurden die ersten Messungen der Beweissicherung im Sommer 1979 durchgeführt; die Inbetriebnahme des Werkes ist für 1984 vorgesehen. Die Ueberwachungsprogramme für die Beweissicherung werden zusammen mit der HSK, dem Service de la Protection de l'Air in Payerne und den beteiligten Laboratorien und Messstellen geplant und durchgeführt. Da das KKL an der Landesgrenze liegt, wurden die Messprogramme sowie die Untersuchungsmethoden für die deutsche und die schweizerische Seite mit dem Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Sozialordnung des Landes Baden-Württemberg in Stuttgart und der Landesanstalt für Umweltschutz in Karlsruhe abgesprochen. Die Messresultate werden ausgetauscht und besprochen. Im Rahmen der Deutsch-Schweizerischen Kommission für die Sicherheit kerntechnischer Einrichtungen bestehen diesbezüglich ständige Kontakte.

3.2. Emissionen aus Kernanlagen

Die flüssigen und gasförmigen Abgaben aus Kernanlagen an die Umwelt sowie die daraus berechneten maximalen Personendosen und die gemäss Abgabereglement zulässigen Jahresabgaben sind in Tab. 5 zusammengestellt. 1982 lagen die Jahresabgaben und die dadurch bewirkten Dosen in der Umgebung weit unter den Grenzwerten. Nur einmal wurde die Wochenlimite für die Jod-Abgaben beim KKB II gerade erreicht.

Die Emissionen der Kernanlagen werden getrennt nach Abwasser und Abluft nuklidspezifisch bilanziert. Die Zusammensetzung der Abgaben geht aus den Tab. 6 und 7 hervor. Die Resultate von Parallelmessungen durch HSK und KUER zeigten 1982 eine befriedigende Uebereinstimmung mit den Messungen der Werke. Bei den Abwasserproben war sie, wie schon in früheren Jahren, für die gut löslichen Spaltprodukte (Caesium, Jod, etc.) besser als für die schlecht löslichen Aktivierungsprodukte (Mangan, Kobalt, Zink etc.), da sich infolge Absetzung von Aktivität in den Messgefässen die Messgeometrie etwas verändert (Tab. 8-10).

Gemäss den Auflagen in den Betriebsbewilligungen über die Abgabebegrenzung darf die Aktivitätskonzentration im Abgabetank bei der Abgabe $10 C_w$ ¹⁾ (KKB, KKM, CNL und Kontrollkammer EIR) ²⁾ bzw. $5 C_w$

1) $1 C_w$ ist diejenige Aktivitätskonzentration im Wasser, die bei Dauerkonsum von 1,1 Liter/Tag an 250 Tagen pro Jahr (beruflich Strahlenexponierte Personen) zu den höchstzulässigen Dosen gemäss SSV0 führen würde

2) EIR = Eidg. Institut für Reaktorforschung, Würenlingen
KKB = Kernkraftwerk Beznau
KKM = " Mühleberg
KKG = " Gösgen-Däniken
CNL = Centrale nucléaire expérimentale de Lucens (stillgelegt)

(KKG) nicht übersteigen. Stichproben aus den Abgabetanks ergaben folgende maximalen Konzentrationen: KKB $5 C_w$; KKG $0,001 C_w$; KKM $5 C_w$; EIR: $0,001 C_w$. In den 12 Monatsmischproben aus Abwassertanks des KKM und des KKG lag die Konzentration immer unter $2 C_w$ bzw. $0,001 C_w$. Proben von Abwasser aus der CNL ergaben maximale Abwasserkonzentrationen von $0,01 C_w$ (260 pCi Caesium-137/Liter, 100 pCi Strontium-90/Liter und $0,25 \mu\text{Ci Tritium/Liter}$).

Aus den Versuchsreaktoren der ETHL und der Universitäten Basel und Genf wurden nach Angaben der HSK keine Aktivitäten mit dem Abwasser abgegeben.

Nebst Abwasserproben wurden von HSK und KUER in den KKW auch Stichproben von Abgas, Aerosolfiltern und im KKG Aktivkohlepatronen (zur Bestimmung des Jodausstosses) zur Analyse entnommen. Im KKM werden die Abgaben kurzlebiger radioaktiver Aerosole durch ein automatisches SchrittfILTERGERÄT überwacht. Durch nachträgliche Gamma-Analyse ganzer Filterrollen (Sammeldauer ca. 70 Tage) kann auch der geringe Anteil der langlebigen Radionuklide, der vom SchrittfILTERGERÄT wegen der Präsenz der kurzlebigen Aktivität nicht gemessen werden kann, bestimmt werden. Auch die Abgaben mit der Abluft lagen mit einer, im folgenden beschriebenen Ausnahme, weit unter den Limiten gemäss Betriebsbewilligung (Tab. 11, 12).

Beim KKB II erfolgte in der zweiten Augushälfte während Revisionsarbeiten (Stillstand) eine erhöhte Jodabgabe infolge höherer Jodkonzentration im Primärwasser, verursacht durch eine defekte Brennelementhülle. In der 4. August-Woche wurde mit 25 mCi Jod-131 pro Woche die wöchentliche Abgabelimite gerade erreicht (3. Woche 18 mCi Jod-131/Woche). Im KKB wurden technische Massnahmen getroffen um solche Fälle zu vermeiden. Von HSK/EIR in dieser Zeit erhobene Grasproben an den kritischen Orten nördlich und südlich des KKB ergaben $70+30$ pCi Jod-131/kg und in einer Milchmischprobe weniger als 2 pCi Jod-131/Liter. Die dadurch verursachte Schilddrüsensdosis war kleiner als 1 mrem. Modellrechnungen mit konservativen Annahmen für gewisse Parameter ergaben für die Abgaben in der zweiten Augushälfte für ein Kleinkind eine Schilddrüsensdosis von ca. 20 mrem.

3.3. Umgebungsüberwachung der Kernanlagen

3.3.1. Ortsdosis

Die Ortsdosen in der Umgebung der Kernanlagen werden mit Thermolumineszenzdosimetern (TLD) überwacht, die vierteljährlich ausgewertet werden. Die Genauigkeit der ermittelten Brutto-Jahresdosen (inkl. natürlicher Untergrund) liegt bei 15-20%. An je 4 Stellen in der Umgebung jedes Werkes sind zusätzlich zu den werkeigenen TLD auch solche der KUER installiert. 1982 ergab die Ueberwachung mit TLD die in Tab. 13 angegebenen Ortsdosen.

Wie aus Tab. 13 ersichtlich, stimmen die TL-Dosimeter der KUER mit den an den gleichen Stellen aufgestellten werkeigenen Dosimetern nun nach Ueberprüfung der Kalibrierung innerhalb der Fehlergrenzen überein.

Die Messungen zeigen Unterschiede der Ortsdosis an den einzelnen KKW-Standorten bis rund 30% (Mittelwert: Umgebung KKB/EIR 70 mrem pro Jahr; Umgebung KKM 90 mrem/Jahr). Auch in der Umgebung jedes einzelnen Werkes treten lokale Unterschiede der Ortsdosis von bis zu 35 mrem/Jahr auf. Dafür ist die unterschiedliche Zusammensetzung des Bodens sowie für einzelne Messstellen die Nähe von Gebäuden verantwortlich. Die Ortsdosisleistung und deren zeitliche Variationen hängen ausserdem von meteorologischen Faktoren ab. Da für alle Messstellen in der Umgebung eines Reaktors die zeitlichen Variationen der natürlichen Dosisleistung etwa dieselben sind, kann mit einer geeigneten Auswertemethode, unter Berücksichtigung der örtlichen Variationen der natürlichen Ortsdosis, ein eventueller Beitrag zur Dosisleistung, verursacht durch die Abgaben des KKW, ermittelt werden. Mit dieser Methode gelingt es, zusätzliche Dosen, verursacht durch KKW-Abgaben von einigen mrem pro Jahr nachzuweisen. Im Berichtsjahr wurden keine zusätzlichen Dosen festgestellt.

Zusätzlich zu den TLD wurden auch Messungen der Ortsdosis mit Hochdruckionisationskammern durchgeführt; sowohl kurze Messungen (einige Minuten) an 30-40 Stellen wie auch kontinuierliche Registrierungen über längere Zeit (Fig. 3, 4) ergaben 1982 auf das Jahr umgerechnet folgende Resultate in mrem/Jahr:

Kurze Messungen (einige Minuten)

Umgebung	Datum	Anzahl Stellen	Streubereich der Messwerte	Mittelwert ²⁾
KKL (Reaktor im Bau)	23.7.82	32	56- 85	74 _± 7
KKG	21.7.82	37	62- 84	73 _± 5
KKM 1)	19./20.7.82	47	70-106	83 _± 8

Kontinuierliche Registrierungen

Werk	Stelle	Dauer der Messung	Ortsdosis ²⁾	TLD in der Nähe dieser Stelle ²⁾
KKM	BKW-Schaltzentrale (800m ENE)	12 Monate	90 _± 9	93 _± 9
KKB	WKW-Beznau (800m NE)	6 Monate	77 _± 8	68 _± 7
KKG	200 kV-Schaltanlage (800m ENE)	12 Monate	78 _± 8	70 _± 7
KKL	Full-Pumpwerk	10 Monate	79 _± 8	69 _± 7

1) Ohne Stellen im Bereich der Direktstrahlung

2) Fehlerangabe: einfache Standardabweichung

Die mit den verschiedenen Methoden erhaltenen Resultate stimmen innerhalb der Fehlergrenzen überein.

Erhöhte Ortsdosen infolge Direktstrahlung

Bei den Kernanlagen KKB, KKM, EIR und CNL wurde eine zusätzliche Ortsdosisleistung durch Direktstrahlung unmittelbar ausserhalb der Umzäunung der Anlage festgestellt. Die Netto-Dosen lagen 1982 überall unter der maximal zulässigen Ortsdosis von 500 mrem/Jahr für öffentlich zugängliche Gebiete ausserhalb von Anlagen.

Beim KKG gaben alle 10 Dosimeter entlang der Umzäunung Ortsdosen zwischen 56 und 62 mrem/Jahr (entspricht dem natürlichen Untergrund). Das KKL war 1982 noch nicht in Betrieb.

Beim KKM ergibt die Direktstrahlung aus dem Maschinenhaus infolge der harten Gamma-Strahlung von N-16 ¹⁾ aus dem Primärkreislauf entlang der Umzäunung, vor allem südlich und östlich des Maschinenhauses eine erhöhte Ortsdosis. Das Maximum am Zaun südlich des Maschinenhauses beträgt netto rund 400 mrem/Jahr. Da die Dosisleistung jedoch mit der Entfernung rasch abnimmt und sich zudem unbeteiligte Personen nur kurze Zeit im Bereich dieser Strahlung aufhalten, sind eventuelle Personendosen durch diese Direktstrahlung unbedeutend. Auf dem Waldweg im Runtigenrain (ca. 200 m südlich des KKM) liegt das Maximum der Ortsdosis (incl. Untergrund) bei 150 mrem/Jahr, beim Weekendhaus auf der rechten Aareseite bei 102 mrem/Jahr (nat. Untergrund: 80-100 mrem/Jahr).

Ortsdosen bis 350 mrem/Jahr (incl. nat. Untergrund) in der unmittelbaren Umgebung ausserhalb des umzäunten Areals sind beim EIR (durch Bestrahlungsanlage, Übungsgelände der Schule für Strahlenschutz, Verbrennungsanlage, Abfallager) vorhanden (vgl. Jahresbericht 1979, Seite 13).

Die TL-Dosimeter entlang der Umzäunung des KKB zur Registrierung der Direktstrahlung ergaben im Sektor SE-SW-NW Jahresdosen (incl. natürlicher Untergrund) zwischen 69 und 82 mrem/Jahr. Zwei Dosimeter an der nördlichen Umzäunung ergaben 111 und 143 mrem/Jahr, drei weitere entlang der östlichen Umzäunung sowie beim Eingang in das Areal 246, 210, 146 bzw. 91 mrem/Jahr. Drittpersonen halten sich in diesem Bereich nur kurze Zeit auf und akkumulieren nur geringe Dosen (nat. Untergrund: 60-75 mrem/Jahr).

3.3.2. Aerosole und Niederschläge

Die Radioaktivität von Aerosolen in der Umgebungs-Luft der Kernanlagen wird durch Sammlung auf Vaselineplatten und durch monatliche Messung der Gesamt-Beta-Aktivität überwacht. 1982 ergab sich (vgl. Fig. 5), wie auch beim Niederschlag, ein geringer Rückgang gegenüber dem Vorjahr, infolge Abnahme des Atombombenfallout. Lediglich die Stelle EIR-Nord zeigt infolge des Betriebes der Verbrennungsanlage für radioaktive Abfälle zeitweise erhöhte Werte.

Aerosole werden zusätzlich kontinuierlich auf Zellulosefiltern beim KKG (Niedergösgen, 220 kV-Schaltanlage ATEL), beim KKL (Full, Was-

1) Stickstoff-16; T 1/2 = 7 Sek.

serreservoir beim Schützenhaus) und nördlich des EIR gesammelt und monatlich (EIR: wöchentlich) auf Gamma-strahlende Nuklide analysiert. Auch hier zeigt sich gegenüber 1981 ein Rückgang infolge Abnahme der Falloutaktivität.

Die Station beim EIR zeigte im Juni, nach Betrieb der Verbrennungsanlage, Spuren von Kobalt-60 und Jod-131 ($\sim 1-2$ fCi/m³) und im November während zwei Wochen, bei Betrieb der Verbrennungsanlage, 13 bzw. 20 fCi/m³ Caesium-137. Im Vergleich dazu ergaben die Stationen Freiburg, Niedergösgen und Full Caesium-137-Konzentrationen im gleichen Zeitraum von 0,1 bis 0,3 fCi/m³.

Niederschlagsproben werden beim KKG (Niedergösgen, 220 kV-Schaltanlage) und beim KKL (Full, Wasserreservoir beim Schützenhaus) gesammelt und wöchentlich auf Gesamt-Beta-Aktivität untersucht. Die gemessenen Konzentrationen an diesen Stationen stimmen innerhalb der Schwankungsbreite mit denjenigen von Freiburg überein.

3.3.3. Erde, Gras, Getreide, Milch

Proben von Erde, Gras, Getreide und Milch, die periodisch in der Umgebung von Kernanlagen erhoben werden, zeigten keine signifikanten Abweichungen der Aktivität zu entsprechenden Proben aus andern Landesgegenden (vgl. auch Kap. 2.5.).

In allen Proben ist noch Strontium-90 und Caesium-137 vom Atombombenfallout feststellbar. Infolge der unterschiedlichen chemischen Zusammensetzung des Erdbodens ergeben sich beim Caesium-137 lokale Unterschiede bis zu einem Faktor 3 (Erde) bzw. einem Faktor 4 (Gras) (vgl. Tab. 4).

3.3.4. Wasser, Sedimente, Wasserpflanzen, Fische

Flusswasserproben oberhalb und unterhalb der Kernanlagen werden kontinuierlich gesammelt und wöchentlich auf Gesamt-Beta-Aktivität ($E_{\beta} > 150$ keV) untersucht; sie ergaben stets Werte unter 10 pCi/Liter, in Übereinstimmung mit anderen Oberflächengewässern der Schweiz (vgl. Fig. 1).

Die Tritium-Aktivität von Stichproben von den gleichen Probenahme-Stellen betrug 100 bis 500 pCi/Liter (Fig. 2).

Grundwasserstichproben aus Pumpwerken in der Umgebung der Kernanlagen zeigten Gesamt-Beta-Aktivitäten unter 5 pCi/Liter und Tritium-Aktivitäten von 100-500 pCi/Liter. Auch diese Messungen lassen keinen Einfluss der Kernanlagen erkennen.

Proben von Sediment und Wasserpflanzen aus den Flüssen unterhalb der Kernanlagen enthielten teilweise neben natürlichen Radionukliden auch Jod-131, Caesium-134 und -137, Kobalt-58 und -60, Zink-65 etc, mit Konzentrationen bis zu einigen 1000 pCi/kg Trockensubstanz (Tab. 14). Diese rühren zum Teil von den Kernanlagen her, doch kommt ein Teil des Caesium-137 vom Fallout, während Jod-131 auch von den Abgaben aus Spitälern stammt. Aufgrund der Anreicherung von Radionukliden in solchen Proben sind diese sehr empfindliche Indikatoren für den Nachweis der Radioaktivität.

Proben von Fischfleisch (Filets) ergaben nebst natürlichem Kalium-40 lediglich Spuren von Caesium-137 (≤ 70 pCi/kg Frischgewicht), das vor allem vom Ausfall der Atombombenversuche stammt.

3.3.5. Kohlenstoff-14-Messungen in Buchenblättern

Auch 1982 wurden Buchenblätter aus der Umgebung KKM, KKB/EIR/SIN ¹⁾, KKL und vom Imihubel (Referenzstation) auf Kohlenstoff-14 untersucht, um festzustellen, ob die Kohlenstoff-14-Abgaben der Kernanlagen in den Pflanzen der Umgebung zu einer nennenswerten Erhöhung der Konzentration dieses Nuklides führen ($T_{1/2} = 5730$ Jahre).

An der Referenzstation und an der Stelle Reuenthal (beim KKL, das noch nicht in Betrieb ist) lag 1982 die Kohlenstoff-14-Konzentration ca. 250%-Einheiten über dem natürlichen Wert (1981: 277%-Einheiten). Diese Erhöhung stammt immer noch von den Kernwaffenversuchen der 60er-Jahre und nimmt pro Jahr um ca. 20%-Einheiten ab, infolge Austausch von CO₂ der Luft mit den Ozeanen (Fig. 6).

Proben aus der Umgebung des KKM liegen ca. 60%-Einheiten (bis in 1 km Entfernung vom KKM) bzw. 20%-Einheiten (in 5 km Entfernung) über dem Wert der unbeeinflussten Referenzstationen Imihubel und Reuenthal und sind in Übereinstimmung mit den 1977 und 1978 in der Umgebung des KKM gemessenen Erhöhungen. Dies deutet darauf hin, dass 1982 während der Wachstumsperiode der Blätter ungefähr gleichviel Kohlenstoff-14 vom KKM emittiert wurde wie 1977 und 1978. Die drei Stichproben aus der Umgebung KKB/EIR/SIN zeigen ebenfalls ähnliche Erhöhungen wie im Vorjahr: Im Mittel 1981 und 1982: ca. +40%-Einheiten über dem Wert der Referenzstation.

Die zusätzliche Strahlendosis durch ausschliesslichen Verzehr von Nahrungsmitteln mit dem erhöhten Kohlenstoff-14-Gehalt aus der Umgebung von KKW ist vernachlässigbar klein.

4. INDUSTRIEN, SPITÄLER UND FORSCHUNGSBETRIEBE

4.1. Abwasserreinigungsanlagen (ARA) (Fig. 7, 8)

Am Ausfluss der Abwasserreinigungsanlagen von Zürich, Bern und Lausanne werden wöchentlich Sammelproben von Abwasser erhoben und teils wöchentlich, teils monatlich auf Radioaktivität untersucht.

ARA Zürich-Werdhölzli: Die mittlere Gesamtalphaaktivität von 0,8 pCi/Liter (1981: 1 pCi/Liter) und die mittlere Tritiumaktivität von 240 pCi/Liter (1981: 330 pCi/Liter) im Wasser am Ausfluss der ARA liegen im Bereich der mittleren Aktivitäten von Fließgewässern. Der Jod-131-Gehalt im Abwasser betrug im Jahresmittel 41 pCi/Liter (1981: 48 pCi/Liter). Das höchste Wochenmittel von 150 pCi/Liter lag unter dem nach SSVO geltenden Richtwert von 200 pCi pro Liter für Vorfluter.

1) SIN: Schweiz. Institut für Nuklearforschung in Villigen

Die gesamte über die ARA Zürich-Werdhölzli an die Limmat abgegebene Jod-131-Aktivität errechnet sich für 1982 zu 3,5 Ci. Dies entspricht einer mittleren Konzentration in der Limmat von 1,2 pCi/Liter, was bei ständigem Gebrauch als Trinkwasser für einen Erwachsenen zu einer Jahresdosis von 1,5 mrem in der Schilddrüse führen würde (für Einzelpersonen maximal zulässig 3000 mrem/Jahr resp. für Kinder 1500 mrem/Jahr).

ARA Bern-Stuckishaus: Der Tritium-Gehalt in der ARA lag im Wochenmittel nie über 1000 pCi/Liter, im Jahresmittel bei 640 pCi/Liter (1981: 850 pCi/Liter) und war damit etwas mehr als doppelt so hoch wie in Zürich und Lausanne. Der Richtwert der SSVÖ für Tritium im Vorfluter liegt mit $3 \cdot 10^5$ pCi/Liter um Grössenordnungen höher. Die gesamte Tritiumabgabe von 42 Ci aus der ARA Bern an die Aare im Jahr 1982 ergab eine mittlere Erhöhung des Tritiumgehaltes im Aarewasser von 11 pCi/Liter, was innerhalb der Messgenauigkeit liegt.

Die Jod-131-Konzentration ist im Wasser der ARA auf einen Jahresmittelwert von 28 pCi/Liter (1981: 58 pCi/Liter) zurückgegangen, entsprechend einer totalen Abgabe von 1,8 Ci/Jahr. Dies ergibt im Aarewasser einen Beitrag um 0,5 pCi Jod-131/Liter.

ARA Lausanne: Im Abwasser von Lausanne lagen im Jahresmittel die Alphaaktivität bei 0,7 pCi/Liter, die Gesamt-Betaaktivität bei 8 pCi/Liter und die Tritiumaktivität bei 250 pCi/Liter. Diese Werte entsprechen den in Flusswasser in der Schweiz gemessenen. Es werden über die ARA somit keine nennenswerten Mengen Jod-131 abgegeben.

Kanalisation Freiburg: Am Ausfluss der Abwasserkanalisation des Kantonsspitals wurden im März 1982 4 Proben entnommen und auf Gammastrahler untersucht. Sie zeigten eine Technetium-99m-Aktivität ($T_{1/2} = 6$ Std.) von 1100-17000 pCi/Liter. Technetium-99m wird in den Spitälern zur Diagnose verwendet. Nach der SSVÖ beträgt der Richtwert im Vorfluter für Technetium-99m 300'000 pCi/Liter.

4.2. Region La Chaux-de-Fonds

4.2.1. Tritium (Fig. 9, 10)

Die Monatswerte der Tritiumaktivität in den Niederschlägen von "Anciens Moulins" bei La Chaux-de-Fonds lagen zwischen 170 und 1600 pCi/Liter, im Jahresmittel bei 400 pCi/Liter (1981: 480 pCi/Liter). An der Vergleichsstation Cernier betrug der Jahresmittelwert 150 pCi Tritium/Liter Regenwasser. Rund die Hälfte des Tritiums im Niederschlag von "Anciens Moulins" ist also der Leuchtfarbenindustrie zuzuschreiben. Die totale Tritiumabsetzung mit dem Niederschlag (1500 mm) in La Chaux-de-Fonds betrug ca. 600 mCi Tritium pro km².

In den monatlichen Sammelproben aus der ARA La Chaux-de-Fonds lag die Tritiumaktivität zwischen 40000 und 120000 pCi/Liter, im Mittel bei 65000 pCi/Liter (1981: 64000 pCi/Liter). Die total 1982 über die städtische ARA abgegebene Tritiumaktivität betrug 540 Ci (Vorjahr 550 Ci).

Stichproben aus der Entwässerung der Abfalldeponie La Sombaille ergaben Tritiumaktivitäten zwischen 30000 und 930000 pCi/Liter, von derjenigen aus der Deponie La Charrière zwischen 1600 und 30000 pCi pro Liter.

Gemäss SSVO darf im Wochenmittel die Tritium-Konzentrationserhöhung in Vorflutern 300000 pCi/Liter nicht übersteigen; die ausschliessliche Verwendung von solchem Wasser als Trinkwasser würde zu 50 mrem Ganzkörperdosis pro Jahr führen. Die unzulässigen Werte in der Entwässerung der Deponie La Sombaille sind allerdings ungefährlich, da dieses Wasser nicht als Trinkwasser benützt wird und nach kurzem Lauf versickert und verdünnt wird.

Im Doubs oberhalb der Einmündung von Quellen mit Abwasser von La Chaux-de-Fonds zeigten fünf Stichproben Tritiumkonzentrationen zwischen 180 und 300 pCi/Liter, also ungefähr gleichviel wie andere Schweizer Flüsse; bei einer einzelnen Stichprobe lag der Tritiumgehalt bei 1400 pCi/Liter. Wochenproben in St. Ursanne wiesen Tritiumwerte zwischen 280 und 2200 pCi/Liter auf. Die Ronde bei der Einmündung in den Doubs zeigte in Stichproben Aktivitäten zwischen 360 und 1200 pCi Tritium/Liter; Quellen mit Abwasser aus La Chaux-de-Fonds, deren Wasser nach kurzem Lauf in den Doubs mündet, enthielten in Stichproben 2700-55000 pCi Tritium/Liter.

Das städtische Trinkwasser wird von der Areuseschlucht zugeführt und weist keinen erhöhten Tritiumgehalt auf.

4.2.2. Radon in Häusern (Messungen der SUVA)

Im Raume La Chaux-de-Fonds wurde bis 1963, also bis zum Erlass der SSVO, Radium-Leuchtfarbe bei der Herstellung von Leuchtzifferblättern für Uhren verarbeitet. Von der SUVA wurden deshalb 1982 in La Chaux-de-Fonds im Rahmen von Sanierungsmassnahmen bei ehemaligen Leuchtfarbensetzereien und benachbarten Wohnhäusern Radon-Messungen in Häusern durchgeführt. Die Untersuchungen wurden durch das BAG ¹⁾ und den Service d'hygiène von La Chaux-de-Fonds unterstützt. Je drei passive Radondosimeter wurden in 72 Häusern in der näheren und weiteren Umgebung von 8 ehemaligen Leuchtfarbensetzereien während eines halben Jahres exponiert. Auch in neueren Quartieren wurden zu Vergleichszwecken Messungen durchgeführt (11 Referenzhäuser). In beiden Gebieten wurden, wie die Resultate in der nachfolgenden Tabelle zeigen, z.T. stark erhöhte Radon-Konzentrationen gemessen; diese sind allerdings in den meisten Fällen nicht alarmierend. In einigen Fällen ist jedoch eine Sanierung zu empfehlen um den Radon-Pegel zu senken.

1) BAG: Bundesamt für Gesundheitswesen, Bern

Radonkonzentration in Wohnhäusern von La Chaux-de-Fonds (pCi/m ³)				
	Anzahl Häuser	Mittelwert (Bereich)		
		Keller	Wohnzimmer	Schlafzimmer
Referenzhäuser	11	15'000 (600- 64'000)	6'500 (100- 27'000)	3'400 (200-10'000)
Häuser in der Umgebung von 8 ehemaligen Setzateliers	72	74'000 (400-730'000)	7'300 (100-102'000)	4'100 (100-24'000)
Alle untersuchten Häuser	83	66'000 (400-730'000)	7'200 (100-102'000)	4'000 (100-24'000)

Nimmt man für die Bewohner dieser Häuser den auf Seite 7 unten angegebenen Dosisfaktor, basierend auf den dort gemachten Annahmen bezüglich Aufenthaltsdauer und Atemraten, so werden die Bewohner im Mittel durch das Einatmen der Radonzerfallsprodukte eine effektive Äquivalentdosis von ca. 620 mrem/Jahr akkumulieren (Maximum: 8100 mrem/Jahr). In 3/4 aller Fälle liegt diese Dosis unter 500 mrem/Jahr. Wird noch 1/2 Stunde Aufenthalt im Keller berücksichtigt, dann ergibt sich ein Mittelwert von 800 mrem/Jahr (Maximum: 8400 mrem/Jahr).

In welchem Mass Ablagerungen von Radium-Leuchtfarbe, aus denen das Radon über Schächte und Kanalisationen in die Häuser gelangen kann, oder eine natürliche Anomalie diese Erhöhung verursachen, lässt sich noch nicht beantworten. Die Untersuchungen werden im Einvernehmen mit den Gemeindebehörden weitergeführt, ebenso Abklärungen über mögliche Sanierungsmassnahmen. Die Gemeindebehörden wurden über die Ergebnisse der Untersuchungen informiert.

4.3. Einzelne Industriebetriebe (In Zusammenarbeit mit der SUVA)

Radium-Chemie AG, Teufen

Gegenwärtig verwendet die Radium-Chemie AG in Teufen fast ausschliesslich Tritium für die Herstellung von Leuchtfarben. Die Überwachung wird deshalb in erster Linie auf dieses Radioisotop ausgerichtet.

Die Abgabe über das Abwasser betrug 1982 0,3 Ci Tritium. Im Vorfluter, einem Regenklärbecken, wurden maximal 14000 pCi Tritium/Liter festgestellt. Der Richtwert nach SSVO für die Aktivitätszunahme in Vorflutern beträgt 300'000 pCi/Liter im Wochendurchschnitt. Stichprobenmessungen ergaben Tritiumkonzentrationen in der ARA Teufen von 700-2200 pCi/Liter.

Mit der Abluft gab die Firma 1982 260 Ci Tritium an die Atmosphäre ab, wovon 190 Ci in Form von HTO. Die Immissionen durch diese Ab-

gabe werden im Niederschlag, 65 m östlich des Kamins, bestimmt. In Monatsmischproben betrug der Tritiumgehalt des Niederschlags zwischen 13000 und 60000 pCi/Liter. Stichproben der Luftfeuchtigkeit ausserhalb des Areals der Firma zeigten eine Maximalkonzentration von 500 pCi/m³. Der Richtwert nach SSV0 für Einzelpersonen der Bevölkerung beträgt für HTO 30000 pCi/m³.

Die erhöhte Tritium-Konzentration im Quellwasser in der näheren Umgebung kommt einerseits von den Abgaben über die Abluft, die z.T. über Niederschläge, nach einer Speicherung im Boden, über das Quellwasser wieder austreten sowie von Ablagerungen tritiumhaltiger Abfälle und Bauschutt. Die Abgaben über das Abwasser gelangen in die ARA und beeinflussen das Quellwasser nicht.

Gemäss Stichproben betrug die Tritiumkonzentration an der langjährigen Entnahmestelle "Brunnen Reifler" $(2,5-7,0) \cdot 10^5$ pCi/Liter. Das Wasser des "Brunnens Reifler", dessen Tritiumkonzentration die Limite für Vorfluter übersteigt, wird nicht als Trinkwasser benützt. In Quellen der Umgebung Radium-Chemie Teufen wurden 3300-160000 pCi/Liter gemessen; im Bach, in den der "Brunnen Reifler" abfliesst (Bach unterhalb Radium-Chemie Teufen), 5000-25000 pCi/Liter, in den bedeutenderen Gewässern Goldibach, Rotbach und Sitter zwischen 250 und 3300 pCi/Liter.

Vor der endgültigen Lagerung der radiumhaltigen Gartenerde auf dem Gelände Radium-Chemie Teufen (vgl. Jahresberichte 1978-81) wurden in der Umgebung der Firma Analysen auf Radium-226 und auf Strontium-90, das während einigen Jahren verarbeitet wurde, ausgeführt: Im "Brunnen Reifler" betrug die Radium-226-Konzentration 0,5-1,5 pCi/Liter, die Strontium-90-Konzentration 6-7 pCi/Liter, im Bach unterhalb Radium-Chemie Teufen 0,3-0,5 pCi/Liter resp. 0,6-1,4 pCi/Liter. Sediment aus diesem Bach wies 2000 pCi Radium-226 und 200 pCi Strontium-90/kg Trockensubstanz auf. Die Gesamtalpha- und Gesamtbetamessungen ergaben Resultate, die mit den Einzelnuclidbestimmungen übereinstimmten. Am Ausfluss der ARA lag die Gesamtalphaaktivität von Stichproben um 1 pCi/Liter, die Gesamtbetaaktivität zwischen 5 und 10 pCi/Liter.

Nachdem die Erfahrung gezeigt hatte, dass die Migration von Radium-226 und Strontium-90 durch den Erdboden zu keinen gefährlichen Kontaminationen ausserhalb des Geländes der Radium-Chemie Teufen führen kann, wurde die radiumkontaminierte Garten-Erde unter Aufsicht der Kontrollinstanz in zwei Gruben auf dem Gelände gelagert und mit einer mehr als 1 m dicken Mergel- und Humusschicht überdeckt. Damit ist die Sanierung des Geländes der Radium-Chemie Teufen abgeschlossen.

Die Entwässerungen der Deponien "Bächli" (Zivilschutzgelände Teufen) und "List" (Gemeinde Stein) wiesen mit $(1,4-8,5) \cdot 10^5$ pCi Tritium/Liter bzw $(0,01-5) \cdot 10^5$ pCi Tritium/Liter teilweise Werte über dem Richtwert für Vorfluter auf. Da diese Entwässerungen nach wenigen Metern in Bäche fliessen und deren Aktivität dadurch auf unbedeutende Werte sinkt, besteht keine Gefahr einer unzulässigen Bestrahlung von Personen. Dasselbe gilt für die Gesamtalphaaktivität von 130 pCi/Liter (bestehend hauptsächlich aus Radium-226 mit

Folgeprodukten) und die 300-600 pCi Gesamtbetaaktivität (hauptsächlich Strontium-90) in der Entwässerung der Deponie "Bächli". Gegenüber dem Vorjahr zeigen die meisten dieser Werte eine leichte Abnahme.

mb-microtec AG, Niederwangen/BE

Die Tritiumabgabe der Firma mit dem Abwasser betrug 1982 0,3 Ci (1981: 0,4 Ci). Im Stadtbach unterhalb der Firma und im Grundwasser in Niederwangen zeigten Stichproben rund 5000 pCi Tritium pro Liter.

Mit der Abluft wurden 3800 Ci Tritium an die Atmosphäre abgegeben, davon 300 Ci als HTO, der Rest als HT. Seit Ende März 1982 sind an vier Stellen in 200-300 m Entfernung von der Fabrik in verschiedenen Windrichtungen Regensammler installiert. Die Messresultate der halbmonatlichen Proben zeigen im allgemeinen eine starke Richtungsabhängigkeit der Aktivitätsausbreitung, wobei meistens die stärkste Tritiumkonzentration NE des Betriebes, in der Richtung des Tales, auftritt. Die Konzentrationen lagen 1982 grösstenteils zwischen 500 und 5000 pCi Tritium/Liter Regenwasser, mit den Extremwerten 150 und 60'000 pCi Tritium/Liter (Fig. 11).

Das Areal in Bern-Bümpliz, auf dem die Firma Merz & Benteli früher Radium-Leuchtfarben herstellte (s. Jahresbericht 1981), wurde 1982-83 unter der Aufsicht der SUVA und des BAG saniert. Mit Radium kontaminierte Einrichtungen wurden im EIR als radioaktiver Abfall entsorgt. Erde und Bauschutt wurden in die Deponie Teuftal abgeführt. Proben aus der Entwässerung der Deponie Teuftal ergaben 1982 keinen erhöhten Radium-Gehalt. Der Tritiumgehalt dieses Wassers lag bei ca. 2000 pCi/Liter.

Vor der Sanierung untersuchte die KUER Erdproben des Areals auf Gamma-Strahler und Strontium-90. Die am stärksten kontaminierten Stellen enthielten pro 100 g Probenmaterial bis zu rund 2 μ Ci Radium-226 und etwa je 1 μ Ci der Folgeprodukte Blei-214 und Wismuth-214 sowie rund 1 nCi Strontium-90.

Nach der Sanierung liegt die maximale Ortsdosis auf dem sanierten Gelände incl. natürlichem Untergrund bei 350 mrem/Jahr. Eine unzulässige Bestrahlung von Personen, die sich dort aufhalten, kann somit ausgeschlossen werden (Fig. 12).

Cerberus AG, Männedorf und Volketswil

Die Cerberus AG verarbeitet in ihrem Werk Männedorf hauptsächlich Tritium, im Werk Volketswil Tritium und Americium-241. Vier Stichproben werden jährlich aus den Vorflutern der beiden Werke auf Gesamtalpha-, Gesamtbeta- und Tritium-Aktivität untersucht. Die Gesamtbetaaktivität betrug maximal 16 pCi/Liter und die Gesamtalphaaktivität weniger als 10 pCi/Liter (Richtwert für Americium-241 im Vorfluter gemäss SSVO 300 pCi/Liter). Die Tritiumaktivität im Abwasser der Cerberus Männedorf lag in Stichproben zwischen 2500 und 11000 pCi/Liter, in Volketswil zwischen 400 und 9000 pCi/Liter (Richtwert für Tritium im Vorfluter gemäss SSVO: 300'000 pCi pro Liter).

4.4. Schweizerisches Institut für Nuklearforschung (SIN)

Aus dem SIN wurden gemäss Abgabebilanzierung 1982 mit dem Abwasser nur sehr geringe Mengen radioaktiver Stoffe in die Aare abgegeben (ca. 100 m³ Wasser mit rund 9 µCi Cobalt-56-Aequivalent). Die gasförmigen Abgaben setzten sich zusammen aus 330 Ci Argon-41, 15 Ci Xenon-122, 4 Ci Xenon-123, 16 Ci Xenon-125 und ca. 2600 Ci kurzlebigen Beta-Strahlern (wovon 41% Kohlenstoff-11, 35% Stickstoff-13 und 24% Sauerstoff-15). Die Abgaben von Tritium und Beryllium-7 (80 µCi) sind vernachlässigbar klein. Die maximal zulässige Abgabe via Abluft ist von der Kontrollbehörde auf 2500 Ci/Jahr Argon-41-Aequivalent angesetzt. Diese Limite wurde 1982 gerade erreicht.

Gegenwärtig wird beim SIN ein neues Abluftkamin gebaut, so dass sich für die mit der Abluft freigesetzte Aktivität am kritischen Ort eine kleinere Konzentration ergibt.

Gemäss den Messungen des SIN beträgt die Gamma-Ortsdosis nach Subtraktion des Untergrundes, am Zaun entlang der Strasse (W-Seite) 10-20 mrem/Jahr, am Zaun der Süd-Seite 10-18 mrem/Jahr, am Zaun auf der Nord-Seite ungefähr 10 mrem/Jahr und an der SE-Ecke des Areals (beim Lager für aktive Komponenten) \leq 90 mrem/Jahr. Beim Gästehaus bleibt die Netto-Gammaortsdosis unter der Nachweisgrenze von ca. 5 mrem/Jahr.

An 6 Stellen in der Umgebung des SIN wird die Neutronendosis mit speziellen Dosimetern des EIR registriert, um einen allfälligen Einfluss der Teilchenbeschleuniger des SIN festzustellen. Es ergaben sich 1982 folgende Neutronendosen in mrem/Jahr (incl. natürlicher Untergrund):

EIR-Süd (Wohnhaus)	(350m SE)	3,4 \pm 1,3
Scheune Schödler	(150m WNW)	5,9 \pm 2,2
Scheune Fehlmann	(550m SSW)	3,1 \pm 1,2
Tüeliboden	(400m NW)	3,3 \pm 1,3
SIN-Gästehaus	(300m NNE)	2,4 \pm 1,0
Villigen (Schulhaus)	(1200m SSW)	2,2 \pm 0,9
Ennetbaden		2,0 \pm 0,8

Nur die Messstelle "Scheune Schödler" zeigt einen leicht erhöhten Wert. Nach den Messungen des SIN liegt die Netto-Neutronendosis am Zaun entlang der Umzäunung des SIN bei 5-20 mrem/Jahr.

5. ZUSAMMENSTELLUNG DER STRAHLENDOSEN DER SCHWEIZER BEVÖLKERUNG

Die künstliche Radioaktivität der Luft erreichte 1982 einen Tiefstand seit Beginn der Messungen im Jahre 1956. Die dadurch verursachte Dosis liegt unter 1 mrem/Jahr.

Die Abgabegrenzwerte wurden von allen KKW und dem EIR eingehalten. Während einer Woche erreichte die Jod-131-Abgabe aus dem KKB II mit der Abluft den Grenzwert.

Im Wasser der ARA Zürich, Bern und Lausanne lagen die Konzentrationen an Radionukliden in den Wochenproben immer unter dem für Vorfluter geltenden Richtwert; dies gilt auch für das Tritium im Wasser der ARA La Chaux-de-Fonds.

An wenigen Orten überschritt der Tritiumgehalt den Richtwert für Vorfluter, wie durch Stichproben von Entwässerungen aus Deponien in Teufen/AR, Stein/AR und La Chaux-de-Fonds und von einem Brunnen (Radium-Chemie Teufen) festgestellt wurde. Für die Bevölkerung besteht keine Gefährdung, da dieses Brunnenwasser nicht für Trinkzwecke verwendet wird.

Die Radioaktivitätsmessungen der KUER, in Verbindung mit den von den Kontrollinstanzen ermittelten Radioaktivitätsabgaben und Dosen beruflich strahlenexponierter Personen und den Radon-Messungen des EIR, erlauben die Bestimmung der mittleren jährlichen Personendosis in der Schweiz. Sie setzt sich folgendermassen zusammen:

5.1. Natürliche Strahlung

In der Schweiz variiert die natürliche Ortsdosis zwischen ca. 50 mrem/Jahr im Jura und ca. 300 mrem/Jahr in einzelnen Alpenregionen. Diese und die im Körper vorhandenen natürlichen Radionuklide, vor allem Kalium-40, verursachen im Mittel der schweizerischen Bevölkerung Dosen von 145 mrem/Jahr im roten Knochenmark resp. von 105 mrem/Jahr in den Gonaden. Im schweizerischen Mittel entspricht dies einer effektiven Äquivalentdosis von rund 125 mrem/Jahr (terrestrische Strahlung 65, kosmische Strahlung 32 und interne Bestrahlung 30 mrem/Jahr). Diese natürliche Strahlendosis kann als Vergleichsgrösse bei der Beurteilung der aus künstlichen Quellen stammenden Dosen dienen.

5.2. Bestrahlung durch Radon und Folgeprodukte in Wohnräumen

Das vor allem aus dem Erdboden und aus Baumaterialien austretende Radon und dessen Folgeprodukte führen entsprechend der Aufenthaltsdauer im Hausinnern zu einer zusätzlichen mittleren Lungendosis von ca. 1300 mrem/Jahr, wie neuere, noch nicht abgeschlossene Untersuchungen des EIR, mehrheitlich in Einfamilienhäusern verschiedener Regionen der Schweiz, ergaben. Diese Lungenbestrahlung durch Radon-Folgeprodukte ergibt umgerechnet eine effektive Äquivalentdosis von ca. 150 mrem/Jahr welche zu den oben angegebenen 125 mrem zu addieren ist. Die Radondosis verursacht jedoch keine genetischen Effekte.

Es muss darauf hingewiesen werden, dass die durch die Stichprobenerhebung des EIR ermittelten Radondosen noch nicht repräsentativ für die gesamte Schweizer Bevölkerung sind. Die Messungen werden weitergeführt.

Im Raume von La Chaux-de-Fonds, wo früher Leuchtfarbe aus Radium hergestellt und verarbeitet wurde, hat die SUVA ebenfalls Radonmessungen in Wohnräumen durchgeführt, und z.T. stark erhöhte Strahlenexpositionen ermittelt (effektive Äquivalentdosen bis maximal 8100 mrem/Jahr, im Mittel ca. 620 mrem/Jahr; 3/4 aller Werte liegen unter 500 mrem/Jahr). Die Ursache dieses erhöhten Radonpegels (Abfälle von Radium-Leuchtfarbe oder natürlich) wird in Zusammenarbeit mit den lokalen Behörden, die über die Ergebnisse der Untersuchungen informiert sind, abgeklärt, ebenso Möglichkeiten der Sanierung.

5.3. Weltweiter Ausfall von Atombombenexplosionen

Von früheren Atombomben stammendes, auf den Boden abgelagertes Caesium-137 und über die Nahrung in den Knochen eingebautes Strontium-90 ergeben immer noch Dosen von knapp je 2 mrem/Jahr.

Weitere langlebige Radionuklide wie Tritium, Kohlenstoff-14 und Jod-129 bewirken auf verschiedenen Pfaden ebenfalls eine zusätzliche Bestrahlung, die aber gesamthaft unter 1 mrem liegt.

5.4. Bestrahlung durch andere Quellen

Weitere Strahlendosen ergeben sich aus ungleichmässig verbreiteten Kleinquellen, wie Uhren mit Leuchtzifferblättern und Farbfernsehgeräten, sowie durch kosmische Strahlung bei Flügen in grosser Höhe und durch das Rauchen. Insgesamt führen diese Beiträge zu höchstens wenigen mrem/Jahr.

5.5. Kernanlagen und Forschungsinstitute

Die Immissionen sowohl über das Abwasser wie über die Abluft von Kernanlagen sind auch in der unmittelbaren Umgebung gering und meistens nicht nachweisbar. Die dadurch verursachten maximalen Personendosen in der Umgebung werden deshalb aus den durch Messungen überwachten Emissionen abgeschätzt. Die mit dem Abwasser abgegebene Radioaktivität führt zu hypothetischen Dosen (Annahme: Flusswasser wird als Trinkwasser benutzt) unter 0,1 mrem/Jahr, diejenige mit der Abluft zu Dosen von höchstens 1 mrem/Jahr. Die Schilddrüsendosis von Kleinkindern, die nur Milch von am kritischen Ort in der Umgebung des Eidg. Institutes für Reaktorforschung grasenden Kühen getrunken hätten, ergibt maximal 15 mrem pro Jahr (Kernkraftwerk Mühleberg: < 1 mrem/Jahr).

Vom KKB II wurden in der zweiten Augushälfte 1982 innerhalb von zwei Wochen 43 mCi Jod-131 mit der Abluft abgegeben. Während einer Woche war dabei der Abgabegrenzwert für dieses Jod-Isotop ungefähr erreicht. Diese Abgabe hätte nach Modellrechnungen für ein Kleinkind, das nur Milch einer am kritischen Ort grasenden Kuh getrunken hätte, eine Schilddrüsendosis von ca. 20 mrem ergeben.

Die radioaktiven Immissionen herrührend von den Kernkraftwerken nehmen mit der Entfernung rasch ab. Die dadurch bewirkte mittlere Strahlendosis der Schweizer Bevölkerung ist vernachlässigbar (unter 1 mrem).

Die Bestrahlung durch weltweit in der Atmosphäre verteilte langlebige radioaktive Nuklide von der Kernenergie (Tritium, Kohlenstoff-14, Krypton-85, Jod-129) ist unerheblich.

Erhöhte Ortsdosen infolge Direktstrahlung wurden in der unmittelbaren Umgebung an unbewohnten Stellen ausserhalb der Umzäunung der Kernanlagen (Mühleberg, Beznau, Eidg. Institut für Reaktorforschung) und der ehemaligen "Centrale nucléaire expérimentale de Lucens", sowie beim Schweizerischen Institut für Nuklearforschung festgestellt. Die Dosiserhöhungen betragen am Ort des Maximums beim Kernkraftwerk Mühleberg und beim Eidg. Institut für Reaktorforschung ca. 350 mrem/Jahr, beim Schweizerischen Institut für Nuklearforschung 90 mrem/Jahr, beim Kernkraftwerk Beznau 250 mrem pro Jahr und bei der ehemaligen "Centrale nucléaire expérimentale de Lucens" 400 mrem/Jahr. Die daraus errechnete jährliche Personendosis (= Ortsdosis mal Aufenthaltsdauer pro Jahr) von Einzelpersonen der Umgebungsbevölkerung, die sich kurze Zeit an diesen Stellen aufhalten, liegt unter 10 mrem/Jahr. An ständig bewohnten Orten in der Umgebung dieser Anlagen lag die Ortsdosis durch Direktstrahlung unter 2 mrem/Jahr.

5.6. Industrien und Spitäler

Industriebetriebe und Spitäler geben verschiedene Radioisotope mit dem Abwasser ab. Die dadurch bewirkte Erhöhung der Radioaktivität in Gewässern ist gering und wird zudem bei der Aufarbeitung zu Trinkwasser weitgehend zurückgehalten. Nur Tritium - das als Wasserstoffisotop im Wasser gebunden ist - wird bei der Trinkwasseraufbereitung nicht zurückgehalten. Der Fluss mit der höchsten Tritiumkonzentration in der Schweiz ist der Doubs unterhalb La Chaux-de-Fonds. Selbst die Verwendung dieses Wassers als Trinkwasser würde zu einer Dosis von weniger als 1 mrem/Jahr führen.

Am meisten Tritium wird in der Schweiz aus den Betrieben mb-microtec und Radium-Chemie Teufen über die Abluft in die Umgebung abgegeben. Aus früheren Tritiummessungen in Urinproben von Anwohnern der Radium-Chemie Teufen, wurde eine Ganzkörperdosis von weniger als 10 mrem/Jahr ermittelt.

5.7. Beruflich strahlenexponierte Personen

Im Jahr 1982 wurden von den drei Kontrollinstanzen 43'377 beruflich strahlenexponierte Personen überwacht. Zusammen akkumulierten sie 1941 rem (im Mittel 45 mrem/Person). Gemittelt über die Gesamtbevölkerung ergibt dies ca. 0,3 mrem/Jahr. Dieser Wert ist massgebend für die Beurteilung der genetischen Effekte in der Bevölkerung.

5.8. Medizinische Anwendungen

Erhebungen über die mittlere Knochenmarkdosis und die mittlere genetisch signifikante Dosis (GSD: die mit der Kindererwartung gewichtete Gonadendosis) durch röntgendiagnostische Untersuchungen in der Medizin wurden in der Schweiz 1971 und 1978 durchgeführt ¹⁾. Die Zahl der röntgendiagnostischen Untersuchungen hat sich nicht wesentlich verändert. Während die zweite Erhebung für die Knochenmarkdosis keine Erhöhung gegenüber der ersten ergab, zeigte sich bei der GSD eine Zunahme um rund 20%.

Für die Erhebung 1978 wurden neue Mess- und Auswerteverfahren angewandt. Dabei ergaben sich Mittelwerte für die GSD von rund 30 mrem/Jahr und für die Knochenmarkdosis von rund 80 mrem/Jahr ²⁾. Diese Zahlen sind tiefer, als diejenigen, die aus der Erhebung 1971 mit approximativen Rechenmodellen ermittelt und früher in den Berichten der KUER angegeben wurden.

Nuklearmedizinische Untersuchungen ³⁾ ergaben 1976 für die Bevölkerung von Basel-Stadt eine GSD von nur 0,5 mrem/Jahr (mittlere Gonadendosis 10 mrem/Jahr).

6. ZUSAMMENFASSUNG

Aus natürlichen Strahlenquellen erhält die Schweizer Bevölkerung eine mittlere effektive Aequivalentdosis von ca. 125 mrem/Jahr (terrestrische Strahlung 65, kosmische Strahlung 32 und interne Bestrahlung 30 mrem/Jahr).

Zu diesem bisher angegebenen Wert muss die effektive Aequivalentdosis durch das Edelgas Radon und seine Folgeprodukte - vor allem im Hausinnern - dazugezählt werden. Dies ergaben erstmals durchgeführte Messungen des EIR. Die daraus abgeschätzte Lungendosis entspricht einer effektiven Aequivalentdosis von ca. 150 mrem/Jahr. Dieser Wert basiert auf einer vorläufigen Stichprobenerhebung und kann noch nicht als endgültig und repräsentativ für die Schweizer Bevölkerung angesehen werden. Radon bewirkt hauptsächlich eine Bestrahlung der Atemorgane; die genetische Belastung ist daher vernachlässigbar.

Als weitere Strahlendosis kommt diejenige durch röntgendiagnostische Untersuchungen in der Medizin (für alle Untersuchungstypen) von im Mittel ca. 80 mrem pro Jahr im Knochenmark dazu. Durch Ge-

- 1) G. Poretti et al. "X-Ray Examinations, Gonadal and Bone Marrow Doses, Switzerland 1978", in Wissenschaftliche Tagung der Schweizerischen Gesellschaft für Strahlenbiologie und Strahlenphysik, Epalinges, Oktober 1982
- 2) Die 1978 berücksichtigten Röntgenuntersuchungstypen waren für ca. 80% der Strahlendosen verantwortlich und ergaben für die GSD 23 mrem/Jahr und für die Knochenmarkdosis 63 mrem/Jahr
- 3) J. Roth: Die Bestimmung der Strahlenbelastung der Patienten in der Röntgendiagnostik und Nuklearmedizin. Kantonsspital Basel, Dezember 1978

wichtung der Gonadendosis mit der Kindererwartung erhält man die sogenannte genetisch signifikante Dosis. Diese beträgt im Mittel ca. 30 mrem/Jahr.

Die Messungen der KUER und der Kontrollinstanzen ergaben, dass die Strahlendosis der Schweizer Bevölkerung aus weiteren, künstlichen Quellen (Atombombenfallout, Kernanlagen, Industriebetriebe, berufliche Strahlenexposition, Kleinquellen etc.) 1982 eine mittlere Jahresdosis von weniger als 10 mrem bewirkte.

Die mittlere effektive Aequivalentdosis der Schweizer Bevölkerung beträgt somit rund 360 mrem/Jahr. Sie setzt sich zusammen aus 125 mrem durch natürliche Bestrahlung, 150 mrem durch Radon in Wohnräumen, 80 mrem durch röntgendiagnostische Untersuchungen (Knochenmarkdosis) und weniger als 10 mrem durch weitere künstliche Strahlenquellen.

Betrachtet man nur die genetisch signifikante Dosis, so ergibt sich im Mittel pro Kopf der Bevölkerung rund 160 mrem/Jahr. Davon kommen 125 mrem von der natürlichen Bestrahlung, 30 mrem aus röntgendiagnostischen Untersuchungen und weniger als 10 mrem durch weitere künstliche Strahlenquellen.

Die Sanierungsmassnahmen des Geländes der Radium-Chemie AG in Teufen/AR und von Merz & Benteli in Bümpliz/BE sind abgeschlossen. Eine Untersuchung über erhöhte Radon-Werte in Wohnhäusern im Raume La Chaux-de-Fonds ist in Zusammenarbeit mit den lokalen Behörden im Gang.

Herrn Bundesrat Dr. A. Egli und dem Generalsekretär des Eidg. Departementes des Innern, Herrn E. Marthaler, danken wir für die grosse Unterstützung der KUER. Herzlich danken möchten wir auch Herrn Dr. U. Frey, Direktor des Bundesamtes für Gesundheitswesen für die langjährige gute Zusammenarbeit. Seit Ende Mai ist unser bewährter Mitarbeiter am Labor Freiburg der KUER, Dr. J. Halter, pensioniert. Seit 1957 war er massgeblich am Aufbau der Radioaktivitätsüberwachung sowie an der Auswertung und der Beurteilung der Messungen beteiligt. Auch bei der Ausarbeitung der Jahresberichte der KUER hat er wertvolle Arbeit geleistet, wofür wir ihm bestens danken. Ebenso möchten wir uns bei allen Experten und Mitarbeitern der beteiligten Laboratorien und Probenahmestellen, sowie insbesondere bei der Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen, der Schweiz. Unfallversicherungsanstalt und der Sektion Strahlenschutz des Bundesamtes für Gesundheitswesen für die vorzügliche Zusammenarbeit bedanken.

Zusammensetzung der Kommission:

Prof. Dr. O. Huber, Universität Freiburg, Präsident
PD Dr. H. Loosli, Universität Bern, Vizepräsident
PD Dr. C. Bovet, CERN, Genf
Prof. Dr. A. Donath, Kantonsspital, Genf
Prof. Dr. G. Poretti, Inselspital, Bern
Prof. Dr. W. Stumm, ETH, Zürich
Prof. Dr. J. Wellauer, Universitätsspital, Zürich

Anhang I

Die in diesem Bericht zusammengestellten Messwerte stammen von Analysen folgender Laboratorien:

- ARL Arbeitsgemeinschaft zur Ueberwachung der Radioaktivität der Lebensmittel (Präsident Dr. B. Zimmerli, Bundesamt für Gesundheitswesen, Bern)
- CBE Institut für anorganische, analytische und physikalische Chemie, Universität Bern (Prof. Dr. H.R. von Gunten)
- EIR Abteilung Strahlenüberwachung des Eidg. Institutes für Reaktorforschung, Würenlingen (H.H. Brunner, Dr. W. Görlich, Dr. E. Nagel)
- EPFL Institut d'électrochimie et de radiochimie, Eidg. Technische Hochschule, Lausanne (Prof. Dr. P. Lerch, J.J. Geering)
- HSK Sektion Personen- und Umgebungsschutz der Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen, Würenlingen (S. Prêtre, Dr. J. Czarnecki, W. Jeschki, J. Schuler)
- LDU Laboratorium Dübendorf der KUER, c/o Abt. Radioaktivität der Eidg. Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (Prof. Dr. W. Stumm, Frau Dr. M. Bez-zegh, A. Lück)
- LFR Laboratorium Freiburg der KUER, c/o Physikalisches Institut der Universität (Prof. Dr. O. Huber, Dr. J. Halter, Dr. B. Michaud, L. Ribordy, Dr. H. Völkle, C. Murith, Frau D. Siradovic, L. Baeriswyl, Frau M. Gobet)
- NESTEC Société d'assistance technique pour produits Nestlé S.A., La Tour-de-Peilz (M. Arnaud, Frau I. Bracco)
- PBE Physikalisches Institut der Universität Bern (Prof. Dr. H. Oeschger, PD Dr. H. Loosli, U. Schotterer)
- SCCI Service cantonal de contrôle des irradiations, Genf (Prof. Dr. A. Donath)
- SUVA Sektion Physik der schweizerischen Unfallversicherungsanstalt, Luzern (Dr. D. Galliker, Dr. A. Auf der Maur, Dr. T. Lauffenburger)

Freiburg, Dezember 1983 /mg