

Zeitschrift: Bericht der Eidgenössischen Kommission zur Überwachung der Radioaktivität

Herausgeber: Eidgenössische Kommission zur Überwachung der Radioaktivität

Band: 27 (1983)

Rubrik: 27. Bericht der Eidg. Kommission zur Überwachung der Radioaktivität für das Jahr 1983 zuhanden des Bundesrates

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 27.12.2025

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

27. BERICHT
DER EIDG. KOMMISSION ZUR ÜBERWACHUNG DER
RADIOAKTIVITÄT FÜR DAS JAHR 1983
ZUHANDEN DES BUNDESRATES

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

ZUSAMMENFASSUNG

Die künstliche Radioaktivität der Luft war in der Schweiz auch 1983 sehr tief. Die dadurch verursachte Personendosis liegt unter 1 mrem/Jahr.

Die Radioaktivitätsabgabegrenzwerte für Abluft und Abwasser wurden von allen Kernanlagen, dem SIN und dem EIR eingehalten. Die dadurch in der Umgebung verursachten zusätzlichen Strahlendosen waren kleiner als einige mrem/Jahr.

Im Abwasser der ARA Zürich, Basel, Bern und Lausanne lagen die Konzentrationen an Radionukliden in den Wochenproben immer unter dem für Vorfluter geltenden Richtwert (für Tritium: 300'000 pCi/Liter); dies gilt ebenso für die Tritiumaktivität im Wasser der ARA La Chaux-de-Fonds (Monatsproben).

An wenigen Orten überschritt der Tritiumgehalt den Wert 300'000 pCi/Liter, wie durch Stichproben von Entwässerungen aus Deponien in Teufen/AR, Stein/AR und La Chaux-de-Fonds festgestellt wurde. Für die Bevölkerung besteht keine Gefährdung, da diese Wässer nicht für Trinkzwecke verwendet werden und zudem nach einer kurzen Wegstrecke mit inaktivem Wasser verdünnt werden.

Im Dezember gab ein Industriebetrieb in Volketswil unbeabsichtigt ca. 500 Ci Tritium in die Kanalisation ab. Dies führte zu deutlichen Erhöhungen der Tritiumkonzentrationen in der Glatt

1) Texte français voir page 71

2) Der Bericht wurde in Zusammenarbeit mit Dr. H. VÖLKLE, Dr. H. SURBECK und C. MURITH dipl. phys. (Labor Freiburg der KUER) anhand der Arbeitsberichte der im Anhang aufgeführten Laboratorien verfasst

und dem Rhein. In den meisten Grundwasserbrunnen der flussabwärts gelegenen Gemeinden wurden keine Erhöhungen festgestellt. Einige Brunnen zeigten Erhöhungen, die jedoch unter 4'000 pCi/Liter lagen. Es ergaben sich somit keine nennenswerten Strahlendosen bei der betroffenen Bevölkerung.

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; mittlere Gonadendosis 105 mrem/Jahr).

Dazuzählen ist die effektive Aequivalentdosis durch das Edelgas Radon und seine Folgeprodukte - vor allem im Hausinnern. Dies ergaben Untersuchungen in Wohnhäusern in der Schweiz durch das EIR in Zusammenarbeit mit der KUER. Die aus den bisherigen Resultaten abgeschätzte mittlere Lungendosis entspricht einer effektiven Aequivalentdosis von ca. 125 mrem/Jahr (vorläufiger Wert). Radon bewirkt hauptsächlich eine Bestrahlung der Atemorgane; die genetische Auswirkung ist daher vernachlässigbar.

Radon-Messungen in ehemaligen Setzateliers und Wohnhäusern von La Chaux-de-Fonds ergaben teilweise stark erhöhte Radon-Konzentrationen; diese sind allerdings in den meisten Fällen nicht alarmierend. Bei einigen der Häuser ist jedoch eine Sanierung zu empfehlen, um den Radonpegel im Hausinnern zu senken. Mögliche Massnahmen werden in Zusammenarbeit mit der Gemeinde geprüft.

Als weitere Strahlendosis kommt diejenige durch röntgendiagnostische Untersuchungen in der Medizin dazu. Dieser Beitrag ergibt für alle Untersuchungstypen eine mittlere Knochenmarkdosis von ca. 80 mrem pro Jahr. Durch Gewichtung 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, Radioaktivitätsabgaben aus Kernanlagen, Industriebetrieben und Spitäler, berufliche Strahlenexposition, Kleinquellen etc.) 1983 eine mittlere Jahresdosis von weniger als 10 mrem bewirkte.

Die mittlere effektive Aequivalentdosis der Schweizer Bevölkerung beträgt somit rund 350 mrem/Jahr. Sie setzt sich zusammen aus 125 mrem durch natürliche Untergrundstrahlung, 125 mrem durch Radon im Hausinnern, ca. 80 mrem durch röntgendiagnostische Untersuchungen (Knochenmarkdosis), 10 mrem durch nuklearmedizinische Untersuchungen (Gonadendosis) und weniger als 10 mrem durch alle andern künstlichen Strahlenquellen.

Betrachtet man nur die genetisch signifikante Dosis, so ergibt sich im Mittel pro Kopf der Bevölkerung rund 150 mrem/Jahr. Davon kommen 105 mrem von der natürlichen Bestrahlung, 30 mrem aus röntgendiagnostischen Untersuchungen und weniger als 10 mrem durch weitere künstliche Strahlenquellen.

1. EINLEITUNG: ZIEL DER UEBERWACHUNG, VORSCHRIFTEN

1.1. Strahlendosen und deren Begrenzung

Der Mensch war seit jeher den Einwirkungen ionisierender Strahlen ausgesetzt. Deren Ursachen sind einerseits die kosmische Strahlung und andererseits die natürliche Radioaktivität der Erdkruste. Die Erprobung von Kernwaffen, sowie die Erzeugung künstlicher radioaktiver Stoffe in Kernreaktoren und deren Anwendung in Industrien und Spitäler führt in vielen Ländern zur Schaffung nationaler Ueberwachungs- und Messorganisationen. So wurde in der Schweiz die Eidg. Kommission zur Ueberwachung der Radioaktivität (KUER) im Jahre 1956 durch den Bundesrat ernannt.

Die Beurteilung der Radioaktivitätsschwelle und der daraus ermittelten Strahlendosen der Bevölkerung basiert auf internationalem Empfehlungen, die in den meisten Ländern auch als Basis für die entsprechende Strahlenschutzgesetzgebung dienen. Die schweizerische Strahlenschutzverordnung (SSVO) legt folgende höchstzulässige Dosen für Ganzkörperbestrahlung fest:

Beruflich strahlenexponierte Personen	5000 mrem ¹⁾	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 Ort zu Konzentrationen führen, welche über die Atemluft zu Strahlendosen von mehr als 50 mrem/Jahr führen würden. Ebenso ist die Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser im Wochennetz so beschränkt, dass der ausschliessliche Gebrauch des "Vorfluters" (öffentliches Gewässer oder Kanalisation, in die die Abgaben erfolgen) als Trinkwasser zu maximal 50 mrem/Jahr führen würde. Art. 28 verlangt schliesslich: "Jedermann ist verpflichtet, unnötige Bestrahlungen von Personen zu vermeiden".

1977 hat die "International Commission on Radiological Protection" (ICRP) ein neues Konzept für die Limitierung von Ganzkörper- und Organdosen bei beruflich strahlenexponierten Personen publiziert und 1979-82 die dazugehörigen Dosisfaktoren und Umrechnungsgrössen veröffentlicht. Die Begrenzung der "effektiven Äquivalentdosis" (gewichtete Summe der Dosen der einzelnen Organe) bei beruflich strahlenexponierten Personen auf 5 rem/Jahr wurde dabei beibehalten. Zusätzlich wird empfohlen, dass kein einzelnes Organ eine Dosis von mehr als 50 rem/Jahr erhalten soll. In der ICRP-Publikation Nr. 39 (1984) macht die Kommission weitere Empfehlungen zur Limitierung der Strahlendosen der Bevölkerung. Dabei wird die Limite von 500 mrem/Jahr für Einzelpersonen der Bevölkerung beibehalten. Für wiederholte Bestrahlungen über längere Zeit empfiehlt die ICRP jedoch eine Limite von 100 mrem/Jahr. Dieses Konzept entspricht weitgehend den 50 mrem über das Abwasser plus den 50 mrem über die Abluft des oben erwähnten Art. 107 der SSVO.

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

Die für beruflich strahlenexponierte Personen gewählte Integrationszeit von 50 Jahren bei der Berechnung der internen Strahlendosis nach einmaliger Aufnahme radioaktiver Stoffe über die Nahrung erachtet die ICRP auch für Einzelpersonen der Bevölkerung als angezeigt. Sie weist jedoch darauf hin, dass infolge unterschiedlicher Organ- bzw. Körpergrösse bei Kindern gegenüber Erwachsenen und auch infolge von Unterschieden beim Stoffwechsel bei gleicher aufgenommener Menge einer radioaktiven Substanz bei gewissen Nukliden höhere Organ- bzw. effektive Aequivalentdosen verursacht werden können. Für ein 6-Monate altes Kind sind beispielsweise die effektiven Aequivalentdosen durch Ingestion der gleichen Menge Jod-131 ca. 10 mal höher, bei Jod-129 ca. 2 mal, bei Strontium-90 ca. 5 mal, bei Strontium-89 ca. 20-40 mal und bei Plutonium-239 ca. 20 mal höher als bei einem Erwachsenen. Ebenso kann für schwangere Frauen, ältere Personen oder chronisch Kranke die Dosis pro aufgenommene Aktivität von derjenigen für Berufstätige abweichen. Schliesslich kann auch die chemische Form, in der ein Radionuklid in der Umwelt vorkommt und zu einer Bestrahlung des Menschen führt, eine andere sein als bei Radionukliden, die beruflich strahlenexponierte Personen an ihrem Arbeitsplatz über Atemluft und Nahrung aufnehmen. Die dadurch verursachte Strahlendosis kann auch daher verschieden sein.

Die ICRP möchte über diese Sonderfälle mehr Informationen sammeln und entsprechende Empfehlungen herausgeben ohne dabei das obengenannte Dosiskonzept für die Bevölkerung in Frage stellen zu wollen. Beispielsweise geht es auch darum, bei erhöhter Strahlenbelastung durch Radon in Wohnhäusern Limiten für die Radon-Konzentration festzulegen, ab welchen Sanierungsmassnahmen zu empfehlen sind.

Bei der Beurteilung zivilisationsbedingter Strahlendosen bleibt nach wie vor die natürliche Strahlendosis die wichtigste Bezugsgrösse. Solange künstliche Dosiserhöhungen bei einem Bruchteil der natürlichen Dosen bleiben oder sogar klein sind gegenüber den örtlichen und zeitlichen Unterschieden der natürlichen Dosis, können diese vom radiologischen Standpunkt aus als unbedenklich angesehen werden.

1.2. Ueberwachungsmassnahmen

Für den Personen- und Umgebungsschutz bei Anlagen und Betrieben, die radioaktive Stoffe erzeugen, verarbeiten oder handhaben sind das Bundesamt für Gesundheitswesen (BAG), die Schweizerische Unfallversicherungsanstalt (SUVA) und die Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK) als Kontrollinstanzen zuständig. Das BAG kontrolliert medizinische Betriebe, Institute für Forschung und Lehre an Hochschulen und die übrigen Ausbildungsstätten. Die SUVA kontrolliert Industrie- und Gewerbebetriebe, Leuchtfarbensezereien, Handelsbetriebe, Forschungs-, Produktions- und Verwaltungsbetriebe des Bundes, der Kantone und der Gemeinden (mit Ausnahme der Ausbildungsstätten und medizinischen Betriebe), Betriebe des öffentlichen und privaten Verkehrs, Apotheken und medizinisch-analytische Labors. Die HSK kontrolliert die Kernkraftwerke und weiteren Kernanlagen.

Die KUER überwacht die Radioaktivität der Umwelt, insbesondere auch die Umgebung der oben erwähnten Betriebe und Anlagen, lei-

tet daraus die Strahlendosen der Bevölkerung her und bewertet diese aus der Sicht des Strahlenschutzes.

Zur Durchsetzung der gesetzlichen Vorschriften können die zuständigen Kontrollinstanzen für jeden einzelnen Betrieb, der radioaktive Stoffe erzeugt oder verarbeitet, Abgabegrenzwerte festlegen. Dies gilt insbesondere auch für die Kernkraftwerke (KKW), deren Abgabevorschriften auf einer zwischen der HSK, der Eidg. Kommission für die Sicherheit von Kernanlagen (KSA) und der KUER vereinbarten Richtlinie beruhen, gemäss der keine Person der Umgebungsbevölkerung durch die Abgaben eines KKW mehr als 20 mrem/Jahr erhalten darf.

Der Probenahme- und Messplan der KUER ermöglicht nebst dem Nachweis natürlicher Radionuklide die Überwachung des radioaktiven Ausfalls von Atombombenexplosionen und von radioaktiven Immisionen aus Kernkraftwerken, Radioisotope verarbeitenden Industrien und Spitätern. Die Überwachung der gesamten Biosphäre anhand von Stichproben und Reihenmessungen (Luft, Niederschläge, Oberflächen-, Grund- und Abwasser, Erdboden, Gras, Lebensmittel und der menschliche Körper) ergibt ein umfassendes Bild der zivilisationsbedingten und natürlichen Umweltradioaktivität und ermöglicht eine Abschätzung der Strahlendosen der Bevölkerung.

2. ALLGEMEINE UEBERWACHUNG

2.1. Luft

2.1.1. Künstliche Radioaktivität der Luft (Tab. 1)

Die an Aerosole angelagerte, künstliche Radioaktivität der Bodenluft stammt weitgehend von Kernwaffenversuchen, war jedoch 1983 kaum mehr messbar, da in der Nordhemisphäre seit 1980 keine oberirdischen Kernwaffenversuche mehr stattfanden. In den Luftfiltern der einzelnen Stationen, wo diese Aerosole gesammelt werden, konnten nur noch Spuren des langlebigen Caesium-137 ($T_{1/2} = 30$ Jahre) festgestellt werden. Die durch Inhalation der Aerosole verursachte Dosis ist vernachlässigbar klein.

Argon-37-Bestimmungen ($T_{1/2} = 35$ Tage) in der Luft zeigten 1983, ähnlich wie im Vorjahr, Werte zwischen 20 und 400 fCi/m³¹⁾. Diese Aktivitäten stammen grösstenteils aus künstlichen Quellen, wie unterirdischen Kernwaffenversuchen und aus der Kernindustrie. Weitere weltweit in der Atmosphäre verbreitete langlebige künstliche Radionuklide sind Tritium ($T_{1/2} = 12$ Jahre), Kohlenstoff-14 ($T_{1/2} = 5730$ Jahre), Krypton-85 ($T_{1/2} = 10,3$ Jahre) und Jod-129 ($T_{1/2} = 1,7 \cdot 10^7$ Jahre), die noch von früheren Kernwaffenversuchen aber auch aus der Kernindustrie stammen. Diese Nuklide verursachten eine Strahlendosis durch Inhalation unter 0,1 mrem/Jahr.

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

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 ($T_{1/2} = 3,8$ Tage), einem Nuklid aus der Uran-Radium-Zerfallsreihe und von dessen kurzlebigen Folgeprodukten (Alpha-, Beta- und Gamma-Strahler). Deren Konzentration in der Luft hängt von Jahreszeit, Witterung und Bodenbeschaffenheit ab und beträgt je einige, bis einige hundert pCi/m^3 , im Mittel 100 bis 200 pCi/m^3 .

Das aus der Thoriumreihe stammende Radon-220 ($T_{1/2} = 53$ Sek.) und dessen kurzlebige Folgeprodukte weisen Aktivitäten auf, die im Mittel etwa einen Faktor 10 kleiner sind als diejenigen der entsprechenden Tochter-Nuklide beim Radon-222.

2.1.3. Langlebige natürliche Radionuklide

Die beiden langlebigen natürlichen Radionuklide der bodennahen Luft, Blei-210 und Polonium-210 (Folgeprodukte von Radon-222) lagern sich an Aerosole an und werden anhand von monatlichen Sammelproben von Luftfiltern gemessen. Für Blei-210 (Betastrahler, $T_{1/2} = 22,3$ Jahre) ergaben sich 1983 im Jahresmittel 14 fCi/m^3 Luft mit Monatswerten zwischen 5 und 23 fCi/m^3 . Das trockene Wetter der zweiten Jahreshälfte hatte zur Folge, dass die Blei-210-Werte der Monate Juli-November von im Mittel 20 fCi/m^3 höher lagen als das Mittel 1973-1982 von 12 fCi/m^3 . Die Gesamt-Alpha-Messung der veraschten Filter ergab im Jahresmittel rund 2 fCi/m^3 ; der grösste Teil dieser Aktivität röhrt von Polonium-210 ($T_{1/2} = 138$ Tage) her.

Gemäss den Angaben von UNSCEAR (1982)¹⁾, liegen die Konzentrationen obiger Nuklide für die mittleren Breiten der Nordhemisphäre bei 14 fCi/m^3 Blei-210 und 3,3 fCi/m^3 Polonium-210, was die Messungen der KUER bestätigen. Die Aktivität von Polonium-210 in der Luft ist kleiner als jene seiner Muttersubstanz Blei-210 wegen deren teilweisen Ablagerung auf dem Erdboden. Die durch Aufnahme dieser beiden Nuklide über die Nahrung verursachte Strahlendosis liegt nach UNSCEAR (1982) bei 13 mrem/Jahr; die durch die Aufnahme über die Atemluft verursachte Dosis dieser Nuklide ist wesentlich geringer.

Beryllium-7 ($T_{1/2} = 53$ Tage), das durch die kosmische Strahlung erzeugt wird und sich ebenfalls an Aerosole anlagert, zeigte gemäss den Gammamessungen der Luftfilter 1983 eine mittlere Konzentration von 80 fCi/m^3 (Minimum im Winter bei rund 50, Maximum im Sommer bei rund 120 fCi/m^3); diese Aktivität führt zu vernachlässigbar kleinen Dosen.

In der Luft, sowie in Blättern und jungen Trieben von Pflanzen enthält 1 Gramm Kohlenstoff rund 6 pCi des durch die kosmische Strahlung erzeugten Radioisotopes Kohlenstoff-14 ($T_{1/2} = 5730$ Jahre). Die dadurch bewirkte Ganzkörperdosis (vor allem über die Nahrung) beträgt 1,3 mrem/Jahr. Gegenwärtig liegen die Werte in Proben von Baumblättern (vgl. Kapitel 3.3.5.) noch ca. 25% über

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

dem natürlichen Pegel. Dieser Anteil, der pro Jahr um 1-2% zurückgeht, röhrt zum grössten Teil noch von Atombombenversuchen in der Atmosphäre her und verursacht gegenwärtig eine zusätzliche Ganzkörperdosis von etwa 0,3 mrem/Jahr.

2.1.4. Strahlendosen durch Radon und dessen Folgeprodukte in Wohnräumen

Zur externen Strahlendosis durch kosmische Strahlung und natürliche Radioaktivität der Erdkruste und der internen durch im Körper eingebaute Radionuklide kommt als weitere interne Bestrahlung jene durch Radon-222 und dessen Tochternuklide hinzu. Als Edelgas mit einer Halbwertszeit von 3,8 Tagen kann Radon aus dem Boden und Baumaterialien in die Atmosphäre austreten; seine radioaktiven Tochternuklide (Alpha-, Beta- und Gamma-Strahler) lagern sich an die Aerosole in der Luft an. Beim Atmen können diese in Bronchien und im Lungengewebe abgelagert werden. Dabei führt vor allem der Alpha-Zerfall der Tochternuklide Polonium-218 ($T_{1/2} = 3,05$ min.) und Polonium-214 ($T_{1/2} = 0,16$ msec.) zu einer Bestrahlung der Atemorgane.

Im Gegensatz zum Radon selbst lagern sich dessen Folgeprodukte zum Teil auf dem Boden, in Häusern auch auf den Wänden ab; das führt in der Atemluft zu einer teilweisen Abreicherung der Tochternuklide gegenüber dem Radon.

Radon und dessen Folgeprodukte bewirken hauptsächlich eine Bestrahlung der Atemorgane; die genetische Belastung ist vernachlässigbar. Aus den Statistiken über Lungenkrebskrankungen bei Minenarbeitern geht hervor, dass hohe Radon-Konzentrationen in der Atemluft Lungenkrebs auslösen können. Abschätzungen des Krebsrisikos aus den in den Wohnhäusern gemessenen, vergleichsweise wesentlich niedrigeren Radonpegeln sind jedoch mit Vorsicht zu interpretieren, da sie höchstens die Größenordnung des Risikos ergeben. Solche Abschätzungen basieren auf Extrapolationen von hohen Dosen auf niedrige, da für diesen tieferen Konzentrationsbereich keine Statistiken vorliegen. Zudem werden Lungenkrebsfälle nicht nur durch Radon ausgelöst, sondern auch durch andere Ursachen oder Schadstoffe (z.B. Rauchen).

Im Innern von Gebäuden kann die Radon-Konzentration und damit die durch Radon und dessen Folgeprodukte verursachte Strahlendosis deutlich höher sein als im Freien. Radon gelangt hauptsächlich aus dem Boden via Keller in die Wohnräume und kann sich dort, vor allem in gut abgedichteten Räumen anreichern. Ferner enthalten auch gewisse Baumaterialien Radium und das daraus entstehende Radon tritt teilweise ebenfalls in die Innenluft der Häuser aus.

Eine erste Erhebung des Eidg. Institutes für Reaktorforschung (EIR) von 1981/82 über den Radonpegel in Wohnhäusern in der Schweiz (zum überwiegenden Teil Einfamilienhäuser) ergab Werte zwischen 400 und 100'000 pCi/m³ mit einer starken Häufung zwischen 500 und 2000 pCi/m³, im Mittel ca. 1500 pCi/m³.

Die KUER führte zusammen mit der Abt. Strahlenüberwachung des EIR im Winterhalbjahr 1983/84 weitere Radonuntersuchungen in Wohnhäusern (hauptsächlich Mehrfamilienhäuser), einigen Schulhäusern, Bürogebäuden und Spitäler in verschiedenen Agglomera-

tionen der Schweiz durch. Diese Untersuchung ergab folgende Resultate in pCi/m^3 :

Agglomeration	Anzahl Häuser	Wohnräume Mittel	Streu-bereich	Keller Mittel	Streu-bereich
Genf	9	1000	500-2000	2400	700- 5200
Lausanne	10	700	400-1700	3400	800-17000
Fribourg	5	700	400-1200	1100	800- 1800
Bern	11	1100	300-4800	7400	800-28400
Zürich	7	1100	500-3000	5100	800-19600
Basel	11	1100	400-3500	3300	400-29900
Luzern	5	1000	300-2900	3200	1100- 8500

Der Radon-Pegel im Keller ist meist gegenüber dem in den Wohnräumen erhöht, dagegen ist mit wenigen Ausnahmen keine Stockwerkabhängigkeit feststellbar. Ebenso zeigen sich für die 7 Agglomerationen keine grossen regionalen Unterschiede. In gewissen Alpengegenden mit erhöhtem Radiumgehalt des Bodens (Granit, Gneis) können in Wohnhäusern höhere Radonpegel auftreten. Für das Mittel der 58 untersuchten Mehrfamilienhäuser ergibt sich für die Wohnräume ein Wert von $1000 \text{ pCi}/\text{m}^3$ (Keller im Mittel $4200 \text{ pCi}/\text{m}^3$). Bei den bis jetzt untersuchten Wohnräumen weisen somit jene in Mehrfamilienhäusern Radon-Konzentrationen auf, die um ca. einen Drittel tiefer sind als jene in Einfamilienhäusern. Als provisorischer Mittelwert für die Ein- und Mehrfamilienhäuser kann ein Wert von $1250 \text{ pCi}/\text{m}^3$ angenommen werden.

Gemäss den im Jahresbericht 1982 beschriebenen Ueberlegungen bezüglich Atemraten und Aufenthaltsdauer im Hausinnern und basierend auf internationalen Empfehlungen nimmt die KUER einen Umrechnungsfaktor der Radonkonzentration in Wohnräumen in eine effektive Aequivalentdosis von $100 \text{ mrem}/\text{Jahr}$ pro $1000 \text{ pCi Radon-222}/\text{m}^3$ Luft an.

Eine Radonkonzentration von $1250 \text{ pCi}/\text{m}^3$ führt zu einer effektiven Aequivalentdosis von ca. $125 \text{ mrem}/\text{Jahr}$. Hierfür kann als grobe Näherung eine Lungenkrebsrate von ca. 10-20 Todesfällen pro Million Einwohner und pro Jahr angenommen werden. Diese Zahl ist zu vergleichen mit der Sterberate durch Lungenkrebs in der Schweiz im Jahr 1982 von 716 pro Million bei den Männern und 111 pro Million bei den Frauen. Ein beträchtlicher Teil dieser Krebsfälle sowie auch der Unterschied der Lungenkrebsraten zwischen Männern und Frauen ist auf das Zigaretten-Rauchen zurückzuführen (vgl. A.F. und B.L. Cohen in Health Physics 38/1, 1980 Seiten 53 ff und G. Schüler: "Zur Epidemiologie des Lungenkrebses" aus "Tuberkulose und Lungenkrankheiten" Nr. 3 vom 10. Mai 1984.)

2.2. Niederschläge (Tab. 2)

Die Gesamt-Beta-Aktivität der Niederschlagsproben von 7 Sammelstationen in der Schweiz ergab Monatsmittelwerte meist unter $5 \text{ pCi}/\text{Liter}$. Die gesamte pro km^2 abgelagerte Beta-Aktivität betrug 1983 $2,5 \text{ mCi}/\text{km}^2$ (1982: $2,4$) und besteht zum grössten Teil aus den langlebigen Folgeprodukten von Radon-222. Die in Locarno ge-

messene trockene Ablagerung ergab 1983 0,3 mCi/km² (1982: 0,4 mCi/km²).

Die Tritiumkonzentration der Niederschläge lag 1983 in den Monatsproben grösstenteils, im Jahresmittel an allen von Abgaben aus Betrieben unbeeinflussten Sammelstationen zwischen 100 und 200 pCi/Liter. Dieser Tritiumgehalt kommt zu einem grossen Teil noch von den Atombombenversuchen der 60er-Jahre. Der Anteil an natürlichem Tritium liegt bei ca. 20 pCi/Liter. Die Station Bern ist mit einem Jahresmittel von 260 pCi/Liter geringfügig höher als die übrigen Stationen (Einfluss von Tritium verarbeitenden Betrieben in der Region Bern).

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

2.3. Oberflächengewässer (Fig. 1, 2)

Die Ergebnisse der Gesamt-Alpha-, Gesamt-Beta- und Tritium-Messungen von Sammel- und Stichproben aus verschiedenen Oberflächengewässern der Schweiz sind in Tab. 3 zusammengefasst. Gegenüber den entsprechenden Proben des Vorjahres ergaben sich keine nennenswerten Unterschiede. Einzig in Proben aus der Glatt und dem Rhein unterhalb der Glattmündung waren im Dezember im Anschluss an den Tritium-Zwischenfall bei der Firma Cerberus AG in Volketswil erhöhte Tritium-Konzentrationen feststellbar. Eine weitere Ausnahme bildet der Doubs, dessen Tritiumgehalt wegen der Tritium-Abgaben aus der Region La Chaux-de-Fonds teilweise erhöht ist. Sonst ergaben sich in den Oberflächengewässern keine erhöhten Messwerte. Während die Gesamt-Alpha- und Gesamt-Beta-Messwerte weitgehend auf natürliche Radioaktivität zurückzuführen sind, stammt der Tritiumgehalt der Oberflächengewässer immer noch zum grössten Teil von früheren Kernwaffenversuchen.

2.4. Erdboden und Gras (Tab. 4)

Die Strontium-90- und Caesium-137-Bestimmungen im Erdboden der verschiedenen Probenahmestellen ergaben keine signifikanten Unterschiede zum Vorjahr. Die Aktivität dieser beiden Nuklide stammt ausschliesslich von den früheren oberirdischen Kernwaffenversuchen. In Davos-Stillberg ist der Strontium-90- und der Caesium-137-Gehalt, wie schon in früheren Jahren, weiter deutlich höher als im Mittelland. Die höheren Werte von Davos und auch die Unterschiede zwischen den einzelnen Probenahmestellen sind auf Unterschiede der meteorologischen Verhältnisse sowie der chemischen und physikalischen Eigenschaften des Erdbodens zurückzuführen.

Einige Boden-Proben wiesen zusätzlich Spuren weiterer langlebiger künstlicher Nuklide auf, deren Aktivitätskonzentration jedoch bezüglich Strahlenschutz belanglos ist.

Das im Erdboden heute noch vorhandene Caesium-137 bewirkt in 1 m Höhe eine Ortsdosis von 1-2 mrem/Jahr. Die grösste Aktivität im Boden und im Gras stammt von den natürlichen Radionukliden Uran, Radium, Thorium, Kalium, etc.; diese ergeben im Mittel-

land eine Strahlendosis in 1 m Höhe über dem Boden von ca. 40-50 mrem/Jahr.

Im Gras der verschiedenen Probenahmestellen sind die Strontium-90- und Caesium-137-Konzentrationen gegenüber dem Vorjahr nur unwesentlich zurückgegangen. Die Werte liegen für die Proben aus dem schweizerischen Mittelland nahe an der Messgrenze und es zeigten sich auch beim Gras lokale Unterschiede.

Wie in früheren Jahren wurden auch im Gras die höchsten Caesium-137- und Strontium-90-Messwerte in Proben von Davos festgestellt. Die dort in verschiedenen Höhenlagen erhobenen Erd- und Grasproben zeigten folgende Resultate:

Sr-90 pCi/kg TS ($\pm 1 \sigma$ -Messfehler)				
Stelle	Höhe (m)	Erde Schicht 0-5cm	Erde Schicht 5-15cm	Gras
Dischmatal	1660	430 \pm 40	250 \pm 30	370 \pm 40
Stillberg	2140	970 \pm 80	500 \pm 50	1070 \pm 80
Brämabüel	2450	470 \pm 40	-*)	1500 \pm 110

Cs-137 pCi/kg TS ($\pm 1 \sigma$ -Messfehler)				
Stelle	Höhe (m)	Erde Schicht 0-5 cm	Erde Schicht 5-15 cm	Gras
Dischmatal	1660	1500 \pm 100	920 \pm 50	40 \pm 10
Stillberg	2140	4300 \pm 100	1700 \pm 100	90 \pm 20
Brämabüel	2450	4700 \pm 100	-*)	590 \pm 20

*) Humusschicht zu dünn für Probe der Erdschicht 5-15 cm

2.5. Milch, Getreide und andere Lebensmittel (Tab. 5)

Diese Nahrungsmittel werden stichprobenweise in enger Zusammenarbeit mit der Arbeitsgemeinschaft zur Ueberwachung der Radioaktivität der Lebensmittel (ARL) überwacht. Der Hauptanteil der Aktivität in diesen Proben stammt vom natürlichen Kalium-40.

Die Caesium-137-Aktivität in Milchproben aus dem Mittelland lag meist unter 5 pCi/Liter. Lediglich Davos (45 pCi Caesium-137/Liter) und Mürren (6-20 pCi Caesium-137/Liter) zeigten wie schon in den letzten Jahren höhere Werte. Proben aus dem Tessin ergaben 1-9 pCi Caesium-137/Liter. Die Strontium-90-Messwerte lagen im Mittelland bei 2-5 pCi/Liter, in Davos bei 45, in Mürren bei 12-25 und im Tessin bei 6-8 pCi Strontium/Liter.

Im Weizen der Ernte 1983 von mehreren Stellen der Alpennordseite, vom Tessin und aus der Umgebung der Kernanlagen lag die Cesium-137-Aktivität unter 5 pCi/kg, diejenige von Strontium-90 unter 25 pCi/kg (im Mittel bei 15 pCi/kg).

Verschiedene Analysen von Reis, Wein, Nüssen, inländischem und importiertem Gemüse und von Früchten ergaben keine erhöhten Cesium-137- bzw. Strontium-90-Aktivitäten.

Alle untersuchten Lebensmittel waren bezüglich Radioaktivität für den Genuss unbedenklich.

2.6. Menschlicher Körper

1983 wurden wiederum 20 Schülerinnen und 23 Schüler einer Mittelschule aus Genf im Alter von 17-19 Jahren mit dem Ganzkörperzähler des "Service Cantonal de Contrôle des Irradiations" (SCCI) untersucht. Im Mittel betrug der Cesium-137-Gehalt bei den Jungen 12 und bei den Mädchen 11 pCi pro kg Körpergewicht. Dies führt zu einer Ganzkörperdosis von etwa 0,2 mrem/Jahr. Demgegenüber verursacht die mittlere Kalium-40-Konzentration von 2100 pCi/kg Körpergewicht bei den Jungen und 1600 pCi/kg Körpergewicht bei den Mädchen Ganzkörperdosen von 18 bzw. 15 mrem/Jahr.

Die Bestimmung von Strontium-90 in Wirbeln von 14 verstorbenen Erwachsenen aus der Gegend von Lausanne ergab 1983, umgerechnet auf das Skelett, 0,6 pCi Strontium-90/g Calcium. Dieser Wert ist seit 1975 praktisch konstant und entspricht einer jährlichen Strahlendosis in den blutbildenden Organen von rund 2 mrem.

3. KERNANLAGEN

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

3.1. Uebersicht

Kernkraftwerke (KKW) geben während ihres Betriebes über die Abluft radioaktive Stoffe an die Umwelt ab. Es sind dies Edelgase, Aerosole und Jod-Isotope (gasförmig und an Aerosole angelagert) sowie Kohlenstoff-14 und Tritium. Diese radioaktiven Stoffe lagern sich teilweise auf Boden und Pflanzen ab, können aber auch aus dem Boden in die Pflanzen aufgenommen werden. Radioaktive Spalt- und Aktivierungsprodukte sowie Tritium, die über das Abwasser in die Flüsse abgegeben werden, können aus dem Flusswasser in Wasserpflanzen, Fische und Flussedimente übergehen. Die an die Umwelt abgegebenen radioaktiven Stoffe verursachen einerseits eine externe Bestrahlung von Personen, die sich in der Umgebung dieses Werkes aufhalten; über Atemluft, Trinkwasser und Nahrung können sie andererseit in den menschlichen Körper aufgenommen werden, wo sie zu einer internen Bestrahlung führen.

Die Richtlinie R-11¹⁾ dient als Basis für die Festlegung der Abgabelimiten der KKW, gemäss der keine Person der Umgebungsbevölkerung durch Immissionen aus einem KKW eine Strahlendosis von mehr als 20 mrem/Jahr erhalten darf.

Der Betreiber eines KKW ist verpflichtet, sämtliche Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umwelt lückenlos zu messen und zu bilanzieren. Die HSK kontrolliert die Angaben des Betreibers durch Ueberprüfung seiner Messgeräte und Aufzeichnungen und durch stichprobenartige eigene Messungen. Darüber hinaus kontrollieren die Labors von HSK und KUER die Messresultate des Betreibers durch Parallelmessungen und durch stichprobenartige eigene Messungen.

Die Ortsdosis, verursacht durch eine allfällige Direktstrahlung aus einem KKW (z.B. durch die hochenergetische Gamma-Strahlung von Stickstoff-16 im Dampfkreislauf eines Siedewasserreaktors) darf ausserhalb des umzäunten Areals höchstens 10 mrem/Woche betragen. Die Direktstrahlung ist nur in unmittelbarer Nähe ausserhalb der Umzäunung des KKW, wo niemand wohnt oder sich Passanten nur kurze Zeit aufhalten, wirksam und nimmt mit der Entfernung rasch ab. Eine weitere Einschränkung der Ortsdosis durch die Direktstrahlung 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.

Bei der Festlegung der Abgabegrenzwerte²⁾ sowie der Berechnung der Strahlendosen, verursacht durch die Abgaben eines KKW, werden Modellrechnungen benutzt. Diese beschreiben die Ausbreitung radioaktiver Stoffe in der Umgebung, den Uebergang in Pflanzen und Nahrung und die Aufnahme in den menschlichen Körper. Dabei werden die meteorologische und topographische Situation am KKW-Standort, die Bodennutzung und die Besiedlungsstruktur sowie die Ernährungsgewohnheiten der Bevölkerung berücksichtigt. Die Geschwindigkeit mit der sich z.B. Jod (gasförmig) oder Aerosole auf Boden und Bewuchs ablagern, die Uebergangsfaktoren Luft → Gras → Milch, Boden → Pflanzen, Wasser → Fische etc. können aus Experimenten bestimmt, aber auch den langjährigen Messreihen von radioaktivem Ausfall nach Atombombenversuchen in der Atmosphäre entnommen werden (vgl. KUER-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 unter Benützung der Umrechnungsfaktoren (Jahresaufnahme → Ganzkörper- bzw. Organdosis) der Strahlenschutzverordnung (SSVO). Bei diesen Dosisabschätzungen werden soweit wie möglich die tatsächlichen Verhältnisse berücksichtigt. Dies ist jedoch nicht immer möglich, sodass für gewisse Parameter ungünstige Werte angenommen werden müssen, was zu

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

nberen Grenzwerten für die Personendosen führt (konservative Dosisabschätzungen). Die tatsächlichen Strahlendosen der Bevölkerung können dabei viel tiefer sein als die für die ungünstigsten Annahmen durchgeführten Abschätzungen, wie dies Berechnungen für die Umgebung des KKW Mühleberg gezeigt haben¹).

Die Emissionsüberwachung eines KKW wird durch die Umgebungsüberwachung (Immissionsüberwachung) ergänzt. Dadurch wird es möglich, die aus den Abgaben berechneten Bevölkerungsdosen mit Messwerten zu erhärten. Bei der Umgebungsüberwachung wird gemäss einem für jedes Werk spezifischen Mess- und Probenahmeprogramm die Ortsdosis an mehreren Stellen sowie die Radioaktivität der wichtigsten Belastungspfade - teilweise kontinuierlich, teilweise stichprobenartig - überwacht. Dieses Programm umfasst Radioaktivitätsmessungen von Luft, Aerosolen, Niederschlägen, Boden, Gras, Milch, Getreide, Gewässer, ausserdem von Wasserpflanzen, Schwebestoffen, Sedimenten und Fischen. Die Untersuchungen, die der Kernkraftwerksbetreiber selbst auszuführen hat, werden stichprobenartig durch Messungen der KUER überprüft. Die Umgebungsüberwachung kann nicht lückenlos sein; aber auch bei einer Beschränkung auf die wichtigsten Belastungspfade, auf wenige örtlich gut plazierte Stellen für kontinuierliche Probenahmen und Messungen, ergänzt durch Stichproben von Medien, bei denen eine Akkumulation stattfindet (Boden, Pflanzen, Nahrung, Sedimente, Wasserpflanzen, Fische) kann zusammen mit der Emissionsüberwachung eine Ueberwachung gewährleistet werden, bei der unzulässige Immissionen nicht unbemerkt bleiben.

Aus den gemessenen Emissionswerten können in Verbindung mit Ausbreitungs- und Dosisberechnungen und unter Abstützung auf die Resultate der Umgebungsüberwachung, die Dosen für Personen der Bevölkerung in der Umgebung mit genügender Genauigkeit ermittelt werden, sodass auch unter ungünstigen Voraussetzungen die Einhaltung des Dosisgrenzwertes von 20 mrem/Jahr überprüft werden kann.

Um die Auswirkungen eines KKW auf die Umwelt beurteilen zu können, müssen Radioaktivität und Ortsdosen in der Umgebung des Werkes vor dessen Inbetriebnahme bekannt sein. Deshalb wird im Rahmen der radiologischen Beweissicherung mit der Umgebungsüberwachung einige Jahre vor Betriebsaufnahme begonnen. Die Beweissicherungsmessungen für das KKW Leibstadt wurden Ende 1983 abgeschlossen. Das KKL erreichte am 9.3.84 die erste Kritikalität und wird Ende 1984 seinen vollen Betrieb aufnehmen. Die Programme der Umgebungsüberwachung werden zusammen mit der HSK, dem Service de la Protection de l'Air in Payerne aufgestellt und durchgeführt. Für das KKL, das an der Landesgrenze liegt, wurden die Messprogramme sowie die Untersuchungsmethoden mit dem Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Umwelt und Forsten des Landes Baden-Württemberg in Stuttgart und der Landesanstalt für Umweltschutz in Karlsruhe abgesprochen. Im Rahmen der Deutsch-Schweizerischen Kommission für die Sicherheit kerntechnischer

1) vgl. "Ein Vergleich zwischen konservativen und realistischen Dosisabschätzungen für die Umgebungsbevölkerung von Kernkraftwerken", von H. Völkle und J. Czarnecki, IRPA-Tagung Berlin, Mai 1984

Einrichtungen bestehen diesbezügliche Kontakte, bei denen die Messresultate jährlich ausgetauscht und besprochen werden.

3.2. Emissionen aus Kernanlagen

Eine Zusammenstellung der flüssigen und gasförmigen Radioaktivitätsabgaben aus Kernanlagen an die Umwelt sowie die daraus berechneten maximalen Personendosen und die gemäss Abgabereglement zulässigen Jahresabgaben befindet sich in Tab. 6. Auch 1983 verursachten die Abgaben für die in der Umgebung lebende Bevölkerung Dosen, die weit unter den Grenzwerten lagen.

Die Emissionen der Kernanlagen werden nuklidspezifisch, getrennt nach Abwasser und Abluft bilanziert. Die Zusammensetzung der Abgaben geht aus den Tab. 7 und 8 hervor. Die Resultate von Parallelmessungen durch HSK und KUER zeigten 1983 eine befriedigende Uebereinstimmung mit den Messungen der Werke (Tab. 9-12).

Gemäss den Auflagen in den Betriebsbewilligungen darf bei der Abgabe die Aktivitätskonzentration im Abgabekontakt 10 C_w¹) (KKB, KKM, CNL und Kontrollkammer EIR²) bzw. 5 C_w (KKG und KKL) nicht übersteigen. Stichproben aus den Abgabekontakten ergaben folgende maximalen Konzentrationen: KKB 7,3 C_w; KKG 0,002 C_w; KKM 2,7 C_w; EIR 0,3 C_w. In den 12 Monatsmischproben aus den Abwassertanks des KKM lag die Konzentration immer unter 1 C_w. Proben von Abwasser aus der CNL ergaben maximale Abwasserkonzentrationen von 0,012 C_w (200 pCi Caesium-137/Liter, 70 pCi Strontium-90/Liter und 0,47 Ci Tritium/Liter).

Aus den Versuchsreaktoren der ETH Lausanne und der Universitäten Basel und Genf wurden nach Angaben der HSK keine nennenswerten Aktivitäten mit dem Abwasser abgegeben. Stichproben von Wasser des Versuchsreaktors CROCUS der ETH Lausanne ergaben:

Datum	Probe	Tritium nCi/Liter	Gamma-Strahler
30. 5.83	Wasser CROCUS	210	keine Gammastrahler nachweisbar
6.12.83	Wasser CROCUS	27	
6.12.83	Abwasser kontrollierte Zone	10	Cs-137: 30 pCi/l Na- 22: 170 pCi/l

-
- 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 SSVO führen würde.
 - 2) EIR = Eidg. Institut für Reaktorforschung, Würenlingen /AG
KKB = Kernkraftwerk Beznau /AG
KKL = Kernkraftwerk Leibstadt /AG (1983 noch nicht in Betrieb)
KKM = Kernkraftwerk Mühleberg /BE
KKG = Kernkraftwerk Gösgen-Däniken /SO
CNL = Centrale nucléaire expérimentale de Lucens /VD
(stillgelegt)

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 (Tab. 13, 14). Im KKM werden die Abgaben kurzlebiger radioaktiver Aerosole durch ein automatisches Schrittfiltergerät überwacht. Durch nachträgliche Gamma-Analyse ganzer Filterrollen (Sammeldauer ca. 2 Monate) wird auch der geringe Anteil an langlebigen Radionukliden, der vom Schrittfiltergerät wegen der Präsenz der kurzlebigen Aktivität nicht gemessen werden kann, bestimmt (Tab. 14b). Auch die Abgaben mit der Abluft lagen deutlich unter den Grenzwerten gemäss Betriebsbewilligung.

Gemäss den Angaben der HSK betragen die Kohlenstoff-14-Abgaben der KKW über die Abluft: KKB ca. 1; KKM ca. 5; KKG ca. 3 und Reaktor Saphir des EIR unter 0,2 Ci/Jahr. Die Tritium-Abgaben über die Abluft liegen beim KKB bei ca. 40, beim KKM bei ca. 10 und beim KKG bei ca. 100 Ci/Jahr.

1983 wurden aus dem EIR 710 mCi Jod (hauptsächlich J-131) über den Hochkamin abgegeben sowie 32 mCi (Jod-131: $T_{1/2} = 8$ Tage und Jod-125: $T_{1/2} = 60,2$ Tage) aus den übrigen Abgabestellen. 25 mCi davon wurden im Oktober 1983 aus der Verbrennungsanlage für radioaktive Abfälle aufgrund einer versehentlichen Verbrennung von Jod-125-Abfällen abgegeben. Grasproben, die nach dieser Freisetzung in der Nähe, ausserhalb des EIR-Areals erhoben wurden, ergaben 1300 pCi Jod-125/kg Frischgewicht (bzw. 2000 pCi Jod-125/m²). Da zu dieser Jahreszeit kein Gras von der Umgebung des EIR als Futter für Kühe benutzt wurde, gelangte das Jod-125 nicht in die Kuhmilch. Damit kann eine mögliche Schilddrüsenbelastung durch Milchkonsum ausgeschlossen werden. Die kritische Bevölkerungsgruppe waren somit die Angestellten des EIR, die gemäss Abschätzungen über Inhalation des Jodes mit der Atemluft eine maximale Schilddrüsendosis von 0,13 mrem akkumuliert haben.

Am 24.5.83 ereignete sich im Hotlabor des EIR ein Zwischenfall bei dem ein Gemisch von Transuran-Nukliden freigesetzt wurde, was zu einer erheblichen Kontamination innerhalb dieses Labors führte. Aus den kontaminierten Räumen gelangte jedoch keine Radioaktivität in die Umwelt.

3.3. Umgebungsüberwachung der Kernanlagen

3.3.1. Ortsdosis

Die Ortsdosen in der Umgebung der Kernanlagen werden mit Thermolumineszometers (TLD) überwacht; diese werden vierteljährlich ausgewertet. Die Genauigkeit der ermittelten Quartals- bzw. Jahresdosen (inkl. natürlichem Untergrund) liegt bei 20%. An je 4 Stellen in der Umgebung jedes KKW sind zusätzlich zu den werkeigenen TLD auch solche der KUER installiert. 1983 ergab die Überwachung mit TLD die in Tab. 15 angegebenen Ortsdosen.

Wie aus Tab. 15 ersichtlich, stimmen die TLD der KUER mit den an den gleichen Stellen aufgestellten werkeigenen Dosimetern innerhalb des durch die Genauigkeit der TLD vorgegebenen Fehlerbereiches überein.

Die Messungen ergaben Variationen der Ortsdosis zwischen den einzelnen KKW-Standorten bis rund 30% (Mittelwert: Umgebung KKB/EIR 63 mrem/Jahr; Umgebung KKM 83 mrem/Jahr; Umgebung KKG 83 mrem/Jahr; Umgebung KKL 68 mrem/Jahr). Auch in der Umgebung jedes einzelnen Werkes treten lokale Unterschiede der Ortsdosis von bis zu 35 mrem/Jahr auf. Dafür ist hauptsächlich die unterschiedliche Zusammensetzung des Bodens, bei einzelnen Messstellen auch die Nähe von Gebäuden, verantwortlich. Die Ortsdosissleistung und deren zeitliche Variationen hängen ausserdem von meteorologischen Faktoren ab (Temperatur, Niederschlag, Wassergehalt oder Schneedeckung des Bodens). Da für alle Messstellen in der Umgebung eines KKW die witterungsbedingten zeitlichen Variationen der natürlichen Dosisleistung und der Fehlerbeitrag durch Auswertemethode und Kalibrierung als etwa gleich angenommen werden können, lassen sich eventuelle Beiträge zur Dosisleistung, verursacht durch die Abgaben des KKW, von den witterungsbedingten Schwankungen der natürlichen Strahlung und den Einflüssen der Auswertemethode trennen. So ist es möglich, zusätzliche Dosen von wenigen mrem/Jahr, verursacht durch KKW-Abgaben noch festzustellen; dies obwohl die Streuungen der Bruttomesswerte grösser sind (± 10 bis 15 mrem/Jahr). Im Berichtsjahr wurden innerhalb der obgenannten Messgenauigkeit keine Dosisbeiträge aus den KKW festgestellt.

Zusätzlich zu den TLD werden auch Messungen der Ortsdosis mit Hochdruckionisationskammern durchgeführt, einerseits kurze Messungen (einige Minuten) an 30-40 Punkten, andererseits auch kontinuierliche Registrierungen an ausgewählten Stellen über längere Zeit (Fig. 3-6). Diese Messungen ergaben 1983, auf das Jahr umgerechnet, folgende Resultate:

Kurze Messungen (einige Minuten)

Umgebung	Datum	Anzahl Stellen	Streubereich der Messwerte mrem/Jahr	Mittelwert ²) mrem/Jahr
KKM ¹⁾	12.7.-13.7.83	52	75-102	86 \pm 8
KKG	25.5.83	38	60- 81	71 \pm 5
KKL (Reaktor noch nicht im Betrieb)	29.6.83	32	60- 88	72 \pm 5

1) Ohne Stellen im Bereich der Direktstrahlung

2) Fehlerangabe: einfache Standardabweichung

Kontinuierliche Registrerungen

Werk	Stelle	Dauer der Messung	Ortsdosis mrem/Jahr ¹⁾	TLD in der Nähe dieser Stelle mrem/Jahr ¹⁾
KKB	WKK-Beznau (800m NE)	3 Monate	(78 ± 8) ²⁾	61 ± 6
KKM	BKW-Schaltzentrale (800m ENE)	12 Monate	92 ± 10	85 ± 9
KKM	Ufem Horn (500m W)	12 Monate	99 ± 10	87 ± 8
KKG	220 kV-Schaltanlage Niedergösgen 800m ENE)	12 Monate	78 ± 8	77 ± 8
KKL	Full-Pumpwerk	10 Monate	82 ± 8	72 ± 7

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

Erhöhte Ortsdosen infolge Direktstrahlung

Bei den Kernanlagen KKB, KKM, EIR, KKG und CNL ergibt sich unmittelbar ausserhalb der Umzäunung der Anlagen eine zusätzliche Ortsdosisleistung durch Direktstrahlung (KKL 1983 noch nicht in Betrieb). Die Netto-Dosen liegen jedoch überall unter der für allgemein zugängliche Gebiete ausserhalb von Anlagen maximal zulässigen Ortsdosis von 10 mrem/Woche (500 mrem/Jahr).

Die TLD entlang der Umzäunung des KKB zur Messung der Direktstrahlung ergaben im Sektor NE-SE Jahresdosen (incl. natürlichem Untergrund von 60-70 mrem/Jahr) zwischen 195 und 300 mrem/Jahr. Ein Dosimeter an der südlichen Umzäunung ergab 155 mrem/Jahr. Die übrigen Dosimeter entlang der Umzäunung wiesen keine erhöhten Dosen auf. Drittpersonen halten sich im Bereich dieser Direktstrahlung nur kurze Zeit auf und akkumulieren daher nur geringe zusätzliche Dosen.

Ortsdosen bis ca. 270 mrem/Jahr (inkl. nat. Untergrund) wurden in der unmittelbaren Umgebung des umzäunten Areals des EIR (durch Bestrahlungsanlage, Uebungsgelände der Schule für Strahlenschutz, Verbrennungsanlage, Abfalllager) festgestellt (vgl. Jahresbericht 1979, Seite 13).

1) Fehlerangabe: einfache Standardabweichung

2) Aus Messwert Januar-März 83 auf ganzes Jahr extrapoliert.

Beim KKM ergibt die Direktstrahlung aus dem Maschinenhaus infolge der harten Gamma-Strahlung von N-16¹⁾ aus dem Primärkreislauf entlang der Umzäunung, vor allem südlich und östlich des Maschinenhauses eine erhöhte Ortsdosis. Das Maximum am Zaun südlich des Maschinenhauses beträgt nach Abzug des natürlichen Untergrundes rund 460 mrem/Jahr. Da die Dosisleistung jedoch mit der Entfernung rasch abnimmt und sich unbeteiligte Personen nur kurze Zeit im Bereich dieser Strahlung aufhalten, können unzulässige Personendosen durch diese Direktstrahlung ausgeschlossen werden. Auf dem Waldweg im Runtigenrain (ca. 200 m südlich des KKM) liegt das Maximum der Ortsdosis (inkl. Untergrund) bei 200 mrem/Jahr, beim Weekendhaus auf der rechten Aareseite bei 90 mrem/Jahr (nat. Untergrund: 80-90 mrem/Jahr).

Beim KKG registrierten die 10 Dosimeter entlang der Umzäunung Ortsdosen zwischen 65 und 98 mrem/Jahr, bei einem mittleren Untergrund in der Umgebung von ca. 80 mrem/Jahr.

Auch beim CNL sind erhöhte Ortsdosen durch Direktstrahlung vorhanden (vgl. Jahresbericht 1979, Seite 13), die jedoch ausserhalb des Zauns, nach Abzug der natürlichen Strahlung, 400 mrem/Jahr nicht übersteigen.

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. Diese ergab (vgl. Fig. 7), wie auch beim Niederschlag, keinen Unterschied gegenüber dem Vorjahr oder - mit Ausnahme der Messstelle beim EIR - zu andern Stationen in der Schweiz. Auch der Tritium-Gehalt der Niederschläge aus der Umgebung der Kernanlagen zeigte keine signifikanten Unterschiede zu andern Landesgegenden.

Aerosole werden auch kontinuierlich auf Zellulosefiltern beim KKG (Niedergösgen, 220 kV-Schaltanlage ATEL), beim KKL (Full, Wasserreservoir beim Schützenhaus) und nördlich des EIR gesammelt und monatlich (EIR: wöchentlich) auf Gamma-strahlende Nuklide analysiert.

Die Station beim EIR zeigte im 2. und 3. Quartal Spuren von Caesium-137 und Kobalt-60 (je 1-2 fCi/m³) und im Oktober während zwei Wochen, bei Betrieb der Verbrennungsanlage (vgl. Kap. 3.2.), 30 bis 320 fCi Jod-125/m³. Im Vergleich dazu ergaben die Stationen Freiburg und Full (Umgebung KKL) in den gleichen Zeiträumen Caesium-137-Konzentrationen unter 0,15 fCi/m³; Kobalt-60 und Jod-125 waren an diesen Stationen nicht nachweisbar.

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

1) Stickstoff-16; T 1/2 = 7 Sekunden

3.3.3. Erde, Gras, Getreide, Milch

Proben von Erde, Gras, Getreide und Milch, die periodisch in der Umgebung von Kernanlagen erhoben werden, zeigten, mit der nachfolgend beschriebenen Ausnahme keine signifikanten Abweichungen der Aktivität zu entsprechenden Proben aus andern Landesgegenden (vgl. auch Kap. 2.4. und 2.5.). In allen Proben sind noch Spuren von Strontium-90 und Caesium-137 vom Atombombenfallout feststellbar. Infolge der unterschiedlichen physikalischen und chemischen Eigenschaften des Erdbodens ergeben sich lokale Unterschiede z.B. beim Caesium-137 bis zu einem Faktor 3 (Erde) bzw. einem Faktor 4 (Gras) (vgl. Tab. 4).

3 Erdproben nördlich des EIR ausserhalb der Umzäunung ergaben 420, 500 und 700 pCi Caesium-137/kg T.S. sowie 40 bis 200 pCi Kobalt-60/kg T.S.. Das Gras von dieser Stelle enthielt 630 pCi Caesium-137/kg T.S. sowie je 30 pCi/kg T.S. Silber-110m resp. Caesium-134 und 90 pCi Zink-65/kg T.S. Im Stiel und in Blättern von Maispflanzen von dieser Stelle wurde 180 pCi Caesium-137/kg T.S. festgestellt, in den Maiskörnern weniger als 10 pCi Caesium-137/kg T.S.. Diese Aktivitäten stammen teilweise von der Pilotverbrennungsanlage des EIR für radioaktive Abfälle, sind aber vom Strahlenschutzstandpunkt aus unbedenklich.

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 meist Werte unter 10 pCi/Liter, im Mittel etwa 3 pCi/Liter, in Uebereinstimmung mit anderen Oberflächengewässern der Schweiz. Ein Unterschied zwischen oberhalb und unterhalb der einzelnen Kernanlagen gesammelten Wasserproben ist nicht festzustellen (vgl. Fig. 1; Tab. 3).

Die Tritium-Aktivität von Stichproben der gleichen Probenahmestellen betrug 100 bis 500 pCi/Liter, im Mittel ca. 200 pCi/Liter (Fig. 2; Tab. 3).

Grundwasserstichproben aus Pumpwerken in der Umgebung der Kernanlagen zeigten Gesamt-Beta-Aktivitäten meist unter 5 pCi/Liter, im Mittel 2 pCi/Liter und Tritium-Aktivitäten von 100-500 pCi/Liter, im Mittel ca. 200 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, Mangan-54, Kobalt-58 und -60, Zink-65 etc. mit Konzentrationen bis zu einige Tausend pCi/kg Trockensubstanz (Tab. 16). Diese röhren zum Teil von den Kernanlagen her, doch kommt ein Teil des Caesium-137 noch vom Fallout, während Jod-131 auch von den Abgaben aus Spitätern stammt. Da sich gewisse Radionuklide in solchen Proben ansammeln sind diese empfindliche Indikatoren für die Anwesenheit künstlicher Radioaktivität.

Proben von Fischfleisch (Filets) aus den Flüssen bei den Kernanlagen ergaben nebst natürlichem Kalium-40 (im Mittel 2800 pCi/kg Fischfleisch) lediglich Caesium-137 (<10 bis 350 pCi/kg Fisch-

fleisch; bei den meisten Proben weniger als 20 pCi/kg Fischfleisch), das zum grossen Teil noch vom Ausfall der Atombombenversuche stammt.

3.3.5. Kohlenstoff-14-Messungen in Buchenblättern (Fig. 8)

1983 wurden Buchenblätter aus der Umgebung KKB/EIR/SIN¹), KKL, vom Imihubel/BE (Referenzstation) und aus der Umgebung der Kehrichtverbrennungsanlage der Stadt Bern auf Kohlenstoff-14 untersucht; dies um festzustellen, ob die Kohlenstoff-14-Abgaben der Anlagen in den Pflanzen der Umgebung zu einer Erhöhung der Konzentration dieses Nuklides führen ($T_{1/2} = 5730$ Jahre).

An der Referenzstation und an der Stelle Reuenthal (beim KKL, das 1983 noch nicht in Betrieb war) lag 1983 die Kohlenstoff-14-Konzentration ca. 240%-Einheiten über dem natürlichen Wert (1982: 250%-Einheiten). Diese allgemeine Erhöhung stammt noch von den Kernwaffenversuchen der 60er-Jahre und nimmt pro Jahr im Mittel um ca. 20%-Einheiten ab, infolge Austausch von CO_2 der Luft mit den Ozeanen.

7 Proben aus der Umgebung EIR/SIN/KKB ergaben Kohlenstoff-14-Werte, die zwischen 20 und 100%-Einheiten (im Mittel ca. 50%-Einheiten) über den Werten der unbeeinflussten Referenzstationen liegen.

Die zusätzliche Strahlendosis durch ausschliesslichen Verzehr von Nahrungsmitteln mit dem geringfügig erhöhten Kohlenstoff-14-Gehalt aus der Umgebung von KKW ist vernachlässigbar klein (< 0,3 mrem/Jahr).

3 Proben aus der Umgebung der Kehrichtverbrennungsanlage der Stadt Bern ergaben Kohlenstoff-14-Werte, die 3 bis 15%-Einheiten unter dem Wert der Referenzstationen lagen. Dies hängt damit zusammen, dass dort infolge Verbrennung fossiler (Kohlenstoff-14-armer) Brennstoffe (Oelheizungen und Nähe von Strassen) der relative Kohlenstoff-14-Gehalt der Luft vermindert ist.

3.3.6 Mögliche Einflusse der KKW-Abgaben auf die Vegetation

Aus den Messergebnissen der Umgebungsüberwachung und den bis heute vorliegenden Erkenntnissen geht hervor, dass kein Zusammenhang zwischen den Radioaktivitätsabgaben der KKW und Vegetationsschäden ("Waldsterben") in der Umgebung besteht. Die externe Dosis durch radioaktive Edelgase und Aerosole aus den Kernanlage und die interne Dosis durch Aufnahme von Radionukliden der KKW-Abgaben aus der Luft und über die Wurzeln, denen Pflanzen in der Umgebung von KKW ausgesetzt sind, liegen im Schwankungsreich der natürlichen Dosen.

Insbesondere ist der Kohlenstoff-14- und Tritium-Gehalt in Pflanzen in der Nahumgebung (bis 5 km) der KKW, wenn überhaupt, nur unbedeutend höher als anderswo. In der Umgebung Tritium-verarbeitender Betriebe treten dagegen erhöhte Tritium-Konzentration auf (vgl. Kap. 4.2.1. und 4.3.).

1) SIN: Schweiz. Institut für Nuklearforschung in Villigen/AG
(vgl. auch Kap. 4.4.)

Verglichen mit dem Gehalt der Pflanzen an natürlicher Radioaktivität und den auch heute noch in der Umwelt weltweit vorhandenen Konzentrationswerten von Kohlenstoff-14 und Tritium, herrührend von den Kernwaffenversuchen der 60er-Jahre sind die Einflüsse der KKW-Abgaben auf die Vegetation auch in der Nahumgebung der KKW vernachlässigbar.

4. INDUSTRIEN, SPITAEALER UND FORSCHUNGSBETRIEBE

4.1. Abwasserreinigungsanlagen (ARA) Fig. 9, 10

Am Ausfluss der Abwasserreinigungsanlagen von Zürich, Basel, 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 (1982: 0,8 pCi/Liter) und die mittlere Tritiumaktivität von 220 pCi/Liter (1982: 240 pCi/Liter) im Wasser am Ausfluss der ARA liegen im selben Bereich wie die Aktivitäten von Fließgewässern. Der Jod-131-Gehalt im Abwasser betrug im Jahresmittel 24 pCi/Liter (1982: 41 pCi/Liter). Das höchste Wochensmittel von 80 pCi/Liter lag deutlich unter dem nach SSVO geltenden Richtwert von 200 pCi Jod-131/Liter für Vorfluter. Seit 1981 sind im Universitätsspital Zürich Rückhaltebecken für radioaktives Jod in Betrieb.

Die gesamte über die ARA Zürich-Werdhölzli an die Limmat abgegebene Jod-131-Aktivität errechnet sich für 1983 zu 2 Ci (1982: 3,5 Ci). Dies entspricht einer mittleren Konzentration in der Limmat von 0,7 pCi/Liter, was bei ständigem Gebrauch als Trinkwasser für einen Erwachsenen zu einer Schilddrüsendosis von 0,9 mrem/Jahr führen würde (für Einzelpersonen maximal zulässig 3000 mrem/Jahr).

ARA Bern-Stuckishaus: Der Tritium-Gehalt in der ARA lag im Wochensmittel nie über 700 pCi/Liter, im Jahresmittel bei 400 pCi/Liter (1982: 640 pCi/Liter) und war damit etwa doppelt so hoch wie in Zürich und Lausanne. Der gesamte Tritiumabfluss von 27 Ci aus der ARA Bern ergab im Jahr 1983 eine mittlere Erhöhung des Tritiumgehaltes im Aarewasser von 7 pCi/Liter, was nicht mehr nachweisbar ist.

Die Jod-131-Konzentration betrug im Abwasser der ARA im Jahresmittel 31 pCi/Liter (1982: 28 pCi/Liter), entsprechend einer totalen Abgabe von 2 Ci/Jahr. Dies ergibt im Aarewasser eine Erhöhung um 0,5 pCi Jod-131/Liter.

ARA Lausanne: Im Abwasser von Lausanne ergab das Jahresmittel für die Alphaaktivität 0,6 pCi/Liter, die Gesamt-Betaaktivität 7 pCi/Liter und die Tritiumaktivität 230 pCi/Liter. Diese Werte entsprechen den im Flusswasser in der Schweiz gemessenen. Über die ARA wird somit keine nennenswerte Radioaktivität abgegeben.

ARA Basel: Seit August 1983 werden wöchentliche Sammelproben vom Ausfluss der ARA Basel untersucht. Die Jod-131-Aktivität der Proben lag stets unter 10 pCi/Liter; die Gesamt-Alpha-Aktivität von Monatsmischproben unter 5 pCi/Liter. Die Tritium-Aktivität ergab Werte bis 1630 pCi/Liter, im Mittel 320 pCi/Liter.

4.2. Region La Chaux-de-Fonds

4.2.1. Tritium (Fig. 11, 12)

Die Monatswerte der Tritiumaktivität in den Niederschlägen von "Anciens Moulins" bei La Chaux-de-Fonds lagen zwischen 150 und 1500 pCi/Liter, im Jahresmittel bei 540 pCi/Liter (1982: 400 pCi/Liter). An der Vergleichsstation Cernier betrug der Jahresmittelwert 210 pCi Tritium/Liter Regenwasser. Rund die Hälfte des Tritiums im Niederschlag von "Anciens Moulins" ist also Be-trieben der Region La Chaux-de-Fonds zuzuschreiben.

In den monatlichen Sammelproben aus der ARA La Chaux-de-Fonds lag die Tritiumaktivität zwischen 17'000 und 230'000 pCi/Liter, im Mittel bei 84'000 pCi/Liter (1982: 65'000 pCi/Liter). Die total 1983 über die städtische ARA abgeflossene Tritiumaktivität betrug 640 Ci (Vorjahr 540 Ci).

Stichproben aus der Entwässerung der Abfalldeponie La Sombaille ergaben Tritiumaktivitäten zwischen 10'000 und 490'000 pCi/Liter, von derjenigen aus der Deponie La Charrière zwischen 660 pCi/Liter und 860'000 pCi/Liter.

Da diese Wässer nicht als Trinkwasser benutzt werden und nach kurzem Lauf versickern oder mit inaktivem Wasser verdünnt werden, führen sie nicht zu unzulässigen Bestrahlungen von Personen.

Im Doubs oberhalb der Einmündung von Quellen mit versickertem Abwasser von La Chaux-de-Fonds zeigten drei Stichproben Tritiumkonzentrationen zwischen 100 und 580 pCi/Liter, also kaum mehr als andere Schweizer Flüsse. Die Ronde bei der Einmündung in den Doubs zeigte in Stichproben Aktivitäten zwischen 250 und 2400 pCi Tritium/Liter; Quellen mit Abwasser aus La Chaux-de-Fonds, deren Wasser nach kurzem Lauf in den Doubs mündet, enthielten in Stichproben 3100-48'000 pCi Tritium/Liter. Wochenproben aus dem Doubs in St. Ursanne wiesen Tritiumwerte zwischen 200 und 2400 pCi/Liter auf. Das automatische Sammelgerät für diese Wochenproben fiel während 7 Monaten aus.

Das Trinkwasser von La Chaux-de-Fonds wird von der Areuse-schlucht zugeführt und weist keinen erhöhten Tritiumgehalt auf.

4.2.2. Radon in Wohnhäusern (Messungen der SUVA)

Im Raume La Chaux-de-Fonds wurde in der Uhrenindustrie bis 1963 mit Radium hergestellte Leuchtfarbe zur Fertigung von Leuchtzifferblättern verarbeitet. 1982/83 wurden von der SUVA einige ehemalige Setzateliers saniert; dabei wurden in Zusammenarbeit mit den Gemeindebehörden und dem Bundesamt für Gesundheitswesen (BAG) Radon-Messungen in diesen Gebäuden, benachbarten Häusern und in der weiteren Umgebung durchgeführt. Es wurden teilweise

stark erhöhte Radonkonzentrationen festgestellt, die allerdings in den meisten Fällen nicht alarmierend sind (Fig. 13).

In Zusammenarbeit mit der SUVA, dem BAG, den Gemeindebehörden von La Chaux-de-Fonds und den beteiligten Hausbewohnern werden die Ursachen der erhöhten Radon-Pegel abgeklärt und mögliche Sanierungsmassnahmen für die Häuser mit den höchsten Werten geprüft.

Die von der SUVA in La Chaux-de-Fonds 1982 und 83 durchgeföhrten Radonmessungen in Wohnhäusern, Abwasserschächten und Trinkwasserschächten ergaben folgende Resultate ¹⁾:

Stelle Häuser/Räume:	Anzahl	Mittelwert Radon-222: pCi/m ³	Streubereich	
- Wohnzimmer	95	7'500	100-	100'000
- Schlafzimmer	95	4'000	100-	24'000
- Keller	94	60'000	400-	730'000
Abwasserschäfte	29	190'000	20'000-	500'000
Trinkwasserschäfte	59	360'000	9'000-2'000'000	

Die in den Wohnhäusern gemessenen Radonpegel ergeben unter den im Jahresbericht 1982 definierten Annahmen für die Bewohner dieser Häuser eine mittlere effektive Äquivalentdosis von 660 mrem/Jahr (Maximum 8100 mrem/Jahr). In 3/4 aller Fälle liegt die Dosis unter 500 mrem/Jahr.

4.3. Einzelne Industriebetriebe (In Zusammenarbeit mit der SUVA)

Radium-Chemie AG, Teufen

Die Radium-Chemie AG in Teufen verarbeitet heute hauptsächlich Tritium für die Herstellung von Leuchtfarben.

Die Tritium-Abgabe über das Abwasser betrug 1983 0,32 Ci. Stichproben aus dem Vorfluter, einem Regenklärbecken, ergaben 2000-11'000 pCi Tritium/Liter. Der Richtwert nach SSVO für die Aktivitätszunahme in Vorflutern beträgt im Wochendurchschnitt 300'000 pCi/Liter. In der ARA Teufen ergaben Stichprobenmessungen Tritiumkonzentrationen von 520-1100 pCi/Liter. Daraus kann ein Netto-Tritium-Abfluss über die ARA von ca. 0,5 Ci/Jahr abgeschätzt werden.

Mit der Abluft gab die Firma 1983 235 Ci Tritium an die Atmosphäre ab, wovon 200 Ci in Form von HTO. Die durch diese Abgabe verursachten Immissionen werden im Niederschlag, 65 m östlich des Kamins, überwacht. In Monatsmischproben betrug der Tritiumgehalt dieses Niederschlags zwischen 6400 und 100'000 pCi/Li

1) Aus "The Concentration of Radon in a Town where Radium-activated Paints were used", von Th. Lauffenburger und A. Auf der Maur, Irpa-Kongress Berlin, 7.-12. Mai 1984

ter. 1979 wurde in der Firma eine Tritium-Rückhalteanlage für die Tritiumabgaben über die Abluft eingebaut. Während vor diesem Einbau das Jahresmittel der Tritiumaktivität im Niederschlag an dieser Probenahmestelle bei $(2 \text{ bis } 4) \cdot 10^5 \text{ pCi/Liter}$ lag, beträgt es seither noch $(3 \text{ bis } 6) \cdot 10^4 \text{ pCi/Liter}$, was eine Abnahme um fast eine Größenordnung bedeutet.

In Stichproben betrug 1983 die Tritiumkonzentration im "Brunnen Reifler" $(3-5) \cdot 10^5 \text{ pCi/Liter}$; im Mittel $340'000 \text{ pCi/Liter}$. Seit 1979 hat dabei die mittlere Tritiumaktivität dieses Quellwassers jährlich um rund 25% abgenommen. Der Brunnen wurde 1984 entfernt. Im Bach, in den das Quellwasser abfließt, wurden in Stichproben $5000-20'000 \text{ pCi/Liter}$ gemessen, im Mittel 7400 pCi/Liter , woraus sich ein Jahresabfluss von 0,6 Ci Tritium abschätzen lässt.

Das Tritium in Quellen der näheren Umgebung von Teufen kommt einerseits von früheren Ablagerungen tritiumhaltiger Abfälle und Bauschutt, sowie von den Abgaben über die Abluft, die z.T. über Niederschläge, nach einer Speicherung im Boden, in das Quellwasser gelangen.

Die Abgaben der Firma über das Abwasser gelangen über die Kanalisation in die ARA und beeinflussen das Quellwasser der Umgebung nicht.

Stichproben der Entwässerungen der Deponien "Bächli" (Zivilschutzgelände Teufen) und "List" (Gemeinde Stein) wiesen Konzentrationen von $(0,5-3,2) \cdot 10^5 \text{ pCi Tritium/Liter}$ bzw $(0,9-3,7) \cdot 10^5 \text{ pCi Tritium/Liter}$ auf. Diese Wässer werden nicht als Trinkwasser benutzt und fliessen nach wenigen Metern in Bäche, wodurch die Aktivität auf unbedeutende Werte verdünnt wird. Die Gesamtbetaaktivität von $80-320 \text{ pCi/Liter}$ (hauptsächlich Strontium-90) in der Entwässerung der Deponie "Bächli" bedeutet keine Gefährdung von Personen.

MB-Microtec AG, Niederwangen/BE (Fig. 14)

1983 betrug die Tritiumabgabe dieser Firma mit dem Abwasser 0,4 Ci (1982: 0,3 Ci). Im Stadtbach unterhalb der Firma in Niederwangen zeigte eine Stichprobe $1700 \text{ pCi Tritium/Liter}$.

Mit der Abluft wurden ca. 3300 Ci Tritium an die Atmosphäre abgegeben, davon 560 Ci als HTO, der Rest als HT-Gas.

Die Tritiummessungen von vier in der Umgebung der Firma aufgestellten Regensammlern ergaben 1983 folgende Resultate:

Stelle	1	2	3	4
Richtung	SW	SE	NE	NNE
Distanz (m)	200	300	320	180
Minimum (pCi/l)	180	210	1400	1100
Maximum (pCi/l)	312000	171000	157000	105000
Gewichtetes Mittel (pCi/l)	7100	2300	8900	5400

Es zeigte sich, dass die in der Tal- und damit in der Hauptwindrichtung liegenden Stellen 1 und 3 höhere Tritiumkonzentrationen aufwiesen als die quer zur Windrichtung liegenden Stellen 2 und 4. Seit Anfangs Oktober wird auch der Tritiumgehalt der Luftfeuchtigkeit an einer Stelle NE des Werkes gemessen. Es ergaben sich Werte zwischen 350 und 950 pCi/m³ Luft. Nach SSVO gilt für öffentlich zugängliche Gebiete außerhalb von Betrieben ein Richtwert für Tritium als Wasserdampf in der Luft von 33'000 pCi/m³, was bei Dauerexposition zu 50 mrem/Jahr führen würde. Die Strahlendosen der sich in der Umgebung des Betriebes aufhaltenden Personen betragen höchstens einige mrem/Jahr.

Zwei Proben der Entwässerung der Deponie Teuftal (östlich von Bern), wo Erde und Bauschutt nach der Sanierung des ehemaligen Fabrikgeländes von Merz & Benteli in Bümpliz abgelagert wurden, ergaben folgende Messwerte (in pCi/Liter):

Datum	Tritium	Ra-226	Cs-137	Co-60	K-40
15. 4.83	1870±200	<0,8	<0,7	<0,1	15±1
30.12.83	1500±150	<0,9	<0,4	<0,1	20±2

Cerberus AG, Männedorf und Volketswil

Die Cerberus AG verarbeitet in ihrem Werk Volketswil Tritium und Americium-241 und bis März 1982 im Werk Männedorf hauptsächlich Tritium. Vier Stichproben werden jährlich aus den Abwasserkanälen der beiden Werke auf Gesamtalpha-, Gesamtbeta- und Tritium-Aktivität untersucht. Die Gesamtbetaaktivität betrug maximal 17 pCi/Liter und die Gesamtalphaaktivität weniger als 10 pCi/Liter (Richtwert für Americium-241 im Vorfluter gemäss SSVO 300 pCi/Liter). Die Tritiumkonzentration im Abwasser der Cerberus Männedorf lag in Stichproben zwischen 3300 und 4100 pCi/Liter; in Volketswil, mit Ausnahme des Tritium-Zwischenfalles im Dezember 1983, zwischen 750 und 72'000 pCi/Liter (Richtwert für Tritium im Vorfluter gemäss SSVO: 300'000 pCi/Liter).

Zwischenfall im Werk Volketswil der Firma Cerberus AG (Fig. 15)

Am 13./14. Dezember 1983 ereignete sich in der Firma Cerberus AG im Werk Volketswil ein Zwischenfall bei dem ca. 500 Ci Tritium über die Kanalisation in die ARA Volketswil-Schwerzenbach-Fällanden und hernach in die Glatt und den Rhein gelangten. Gerингere Tritium-Mengen wurden auch mit der Abluft freigesetzt. Nicht mehr gebrauchte Aluminiumflaschen, die früher Tritium-Gas enthielten, wurden vor der Beseitigung als Abfall ausgewaschen. Dabei wurde das an den Innenwänden der Flaschen angelagerte Tritium frei und gelangte mit dem Waschwasser in die Kanalisation. Die von der Kontrollinstanz (SUVA) festgelegte Tritium-Abgabemenge für das Abwasser von 20 mCi/Woche wurde dabei massiv überschritten.

Die KUER hat, sobald sie Kenntnis vom Zwischenfall erhielt, ihr Labor Dübendorf (c/o EAWAG) veranlasst, Tritiummessungen in der

näheren und weiteren Umgebung des Betriebes durchzuführen. Aufgrund erster Abschätzungen stand jedoch bald fest, dass unzulässige Strahlendosen bei der Umgebungsbevölkerung, hauptsächlich durch Trinkwasserkonsum, mit Sicherheit ausgeschlossen werden konnten. Dennoch wurden, anfangs täglich, später in grösseren Zeitabständen, im Abwasserkanal der Firma, am Ein- und Ausfluss der ARA Volketswil-Schwerzenbach-Fällanden, in den Klärbecken und Faultürmen der ARA, in der Glatt bei Hermikon, Rümlang und Rheinsfelden, im Rhein bei Reckingen sowie an 17 Grundwasserpumpstationen Glattabwärts Proben zur Tritiumbestimmung erhoben.

Während eine erhöhte Tritium-Konzentration im Abwasserkanal der Firma, in der Kläranlage, in den Oberflächengewässern sowie im Niederschlag (und im Schnee) in der unmittelbaren Umgebung der Firma deutlich feststellbar war, konnten im Grundwasser der Gemeinden glattabwärts nur an wenigen Stellen Erhöhungen festgestellt werden. Im Abwasserkanal des Betriebes, dem Zu- und Abfluss der ARA Volketswil-Schwerzenbach-Fällanden, nicht aber in der Glatt und im Rhein, war dabei der Tritium-Richtwert für Vorfluter von 300'000 pCi/Liter gemäss SSVO zeitweise massiv überschritten. Personen, die während eines Jahres dauernd Wasser dieser Konzentration konsumieren (2,2 Liter/Tag), würden eine Strahlendosis von 50 mrem/Jahr akkumulieren.

In den meisten Grundwasserproben lagen die Tritium-Messwerte bei einigen hundert pCi/Liter, also nicht merklich über der mittleren Tritium-Aktivität im Regen in der Schweiz. Nur an drei Grundwasserpumpstationen stiegen die Messwerte auf rund 3000 pCi/Liter, also einem Hundertstel des oben erwähnten Tritium-Richtwertes für Vorfluter. Die durch den Zwischenfall verursachten Erhöhungen der Tritiumkonzentration in den Gewässern während einiger Wochen, haben demzufolge zu keinen nennenswerten Strahlendosen der Bevölkerung in der Umgebung der Firma geführt.

Die SUVA und das BAG haben Vorkehrungen getroffen, um die Information von Behörden, Amtsstellen und Oeffentlichkeit bei solchen Zwischenfällen zu beschleunigen.

Deponien Trimbach/SO und Härkingen/SO

Stichproben der Entwässerungen von zwei Deponien (Trimbach/SO und Härkingen/SO), auf denen auch Schutt und Bauabfälle von Leuchtfarbenbetrieben abgelagert wurden, ergaben mit Ausnahme von Tritium keine erhöhten Aktivitäten (in pCi/Liter):

Ort	Tritium	Ra-226	Cs-137	Co-60	K-40
Dep. Härkingen	3800±200	<2	<1	<1	835±10
Dep. Trimbach	13700±400	<3	<1	<1	325±10

Vom Strahlenschutzstandpunkt aus sind diese Abwässer unbedenklich.

4.4. Schweizerisches Institut für Nuklearforschung (SIN)

Aus dem SIN wurden gemäss Abgabebilanzierung 1983 mit dem Abwasser nur sehr geringe Mengen radioaktiver Stoffe in die Aare abgegeben (ca. 40 m³ Wasser mit ca. 4 µCi Cobalt-56-Aequivalent; zusammengesetzt aus Beryllium-7, Natrium-22, Mangan-54, Kobalt-57, Kobalt-60, Zink-65 und Kupfer-67). Ende Oktober wurden zusätzlich nach einem Experiment mit einer Tritium-Gas-Target 45 Liter Wasser mit insgesamt ca. 14 mCi Tritium (entsprechend 0,14 mCi Kobalt-56-Aequivalent) abgegeben. Von der Kontrollinstanz (BAG) ist der Grenzwert für flüssige Abgaben auf 5 mCi Kobalt-56-Aequivalent pro Jahr festgelegt.

Die gasförmigen Abgaben des SIN setzten sich zusammen aus ca. 1500 Ci kurzlebigen Beta-Strahlern (wovon 42% Kohlenstoff-11, 34% Stickstoff-13 und 24% Sauerstoff-15), ca. 186 Ci Argon-41, 9 Ci Xenon-122, 13 Ci Xenon-123, 15 Ci Xenon-125 und 15 Ci Tritium. Diese Abgaben ergeben zusammen rund 1500 Ci Argon-41-Aequivalent. Zudem wurden 8 Ci Jod-122, 3 Ci Jod-123 und ca. 50 mCi Jod-125 als Aerosole abgegeben. Die Abgaben von Beryllium-7 (ca. 77 µCi) sind vernachlässigbar. Die Kohlenstoff-14-Abgaben wurden zu rund 1 mCi/Jahr abgeschätzt. Die maximal zulässige Abgabe via Abluft ist von der Kontrollinstanz (BAG) auf 2500 Ci Argon-41-Aequivalent pro Jahr festgesetzt.

Gemäss den Messungen des SIN beträgt die Gamma-Ortsdosis nach Subtraktion des natürlichen Untergrundes am Zaun der Süd-Seite des SIN bis 20 mrem/Jahr, auf dem Parkplatz auf der Nord-Seite ungefähr 5-10 mrem/Jahr und an der SE-Ecke des Areals (beim Lager für aktive Komponenten) ca. 95 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 ergeben sich 1983 folgende Werte in mrem/Jahr (inkl. natürlicher Untergrund):

EIR-Süd (Wohnhaus)	(350m SE)	1,5±0,5
Scheune Schödler	(150m WNW)	5,0±2,0
Tüeliboden	(400m NW)	2,7±1,0
SIN-Gästehaus	(300m NNE)	2,7±1,0
Villigen (Schulhaus)	(1200m SSW)	1,3±0,5
Station Förderband	(500m S)	1,4±0,6
Ennetbaden (Referenzstation)		1,3±0,6

Nur die Messstelle "Scheune Schödler" zeigt einen signifikant erhöhten Wert gegenüber der Referenzstation. Nach den Messungen des SIN beträgt die Neutronendosis entlang der Umzäunung maximal ca. 15 mrem/Jahr.

5. ZUSAMMENSTELLUNG DER STRAHLENDOSEN DER SCHWEIZER BEVÖLKERUNG

Die Radioaktivitätsmessungen der KUER haben zum Ziel, die mittlere jährliche Personendosis der Schweizer Bevölkerung zu bestimmen. Dabei stützt sich die KUER auf Messungen der beteiligten Laboratorien, auf die von den Kontrollinstanzen ermittelten Radioaktivitätsabgaben aus Kernkraftwerken und Betrieben, auf die Dosen beruflich strahlenexponierter Personen und auf die Radon-Messungen des EIR und der SUVA. Für 1983 ergeben sich folgende Dosisbeiträge:

5.1. Natürliche Strahlendosen

In der Schweiz variiert die natürliche Ortsdosis (terrestrische und kosmische Strahlung) 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, interne Bestrahlung 30 mrem/Jahr). Diese natürliche Strahlendosis und deren örtliche und zeitliche Unterschiede sind gute Vergleichsgrößen bei der Beurteilung der aus künstlichen Quellen stammenden Dosen.

5.2. Zivilisatorische Strahlendosen

5.2.1. Bestrahlung durch Radon und Folgeprodukte in Wohnräumen

Das vor allem aus dem Erdboden und aus Baumaterialien austretende Radon und seine Folgeprodukte, die sich in Wohnräumen anreichern können, führen entsprechend der Aufenthaltsdauer im Hausinnen zu einer zusätzlichen mittleren Lungendosis von ca. 1000 mrem/Jahr, wie laufende Untersuchungen in verschiedenen Regionen der Schweiz ergaben. Die Lungenbestrahlung durch Radon und Folgeprodukte ergibt unter Einbezug der früheren Erhebungen gemäss den Angaben auf Seiten 7 und 8 umgerechnet eine effektive Äquivalentdosis von ca. 125 mrem/Jahr, welche zu den oben angegebenen 125 mrem zu addieren ist. Da die Radon-Messungen nicht abgeschlossen sind, kann dieser Wert noch nicht als endgültig betrachtet werden.

Die Bestrahlung durch Radon und Folgeprodukte bewirkt nur eine Dosis im Lungengewebe; es können somit keine genetischen Effekte verursacht werden.

Im Raum von La Chaux-de-Fonds, wo früher Radium-Leuchtfarbe verarbeitet wurde, hat die SUVA anlässlich von Sanierungsarbeiten z.T. erhöhte Radon-Konzentrationen in Wohträumen festgestellt. Diese führen zu effektiven Äquivalentdosen bis maximal 8100 mrem/Jahr, im Mittel zu ca. 660 mrem/Jahr. Abklärungen über Ursachen und mögliche Sanierungsmassnahmen sind in Zusammenarbeit mit den lokalen Behörden im Gang.

5.2.2. Weltweiter Ausfall von Atombombenexplosionen

Von früheren Atombombenversuchen 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/Jahr liegt.

5.2.3. Bestrahlung durch andere Quellen

Weitere Strahlendosen ergeben sich aus Kleinquellen, wie Uhren mit Leuchtzifferblättern und Farbfernsehgeräten, sowie durch erhöhte kosmische Strahlung bei der Zivilluftfahrt und durch das beim Rauchen inhalierte Polonium-210. Insgesamt führen diese Beiträge zu höchstens wenigen mrem/Jahr.

5.2.4. Kernanlagen und Forschungsinstitute

Immissionen, verursacht durch Abgaben radioaktiver Stoffe über Abwasser und Abluft aus Kernanlagen sind auch in der unmittelbaren Umgebung gering und kaum nachweisbar. Die dadurch verursachten 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; Strahlendosen durch Fischkonsum miteinbezogen) unter 0,1 mrem/Jahr, diejenige mit der Abluft zu Dosen von höchsten 1 mrem/Jahr. Die radioaktiven Immissionen herrührend von den Kernkraftwerken nehmen mit der Entfernung rasch ab. Die durch diese verursachte mittlere Strahlendosis der Schweizer Bevölkerung ist vernachlässigbar.

Die Abgabe von Jod-125 im Oktober aus dem EIR hätte für Kleinkinder, die nur Milch von am kritischen Ort grasenden Kühen getrunken hätten, eine Schilddrüsendosis von maximal 17 mrem/Jahr bewirkt. Da jedoch zu dieser Jahreszeit kein Gras zu Fütterung von Kühen verwendet wurde, kann eine Bestrahlung durch Milchkonsum ausgeschlossen werden. (Schilddrüsendosis durch Jod-131: Kernkraftwerk Mühleberg: 0,1 mrem/Jahr, Kernkraftwerke Beznau: 1,5 mrem/Jahr). Gemäss Abgabevorschriften darf die Schilddrüsendosis von Kindern in der Umgebung der Kernanlagen 60 mrem/Jahr nicht übersteigen.

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

Erhöhte Ortsdosen durch Direktstrahlung wurden in der unmittelbaren Umgebung an unbewohnten Stellen ausserhalb der Umzäunung der Kernanlagen (Beznau, Eidg. Institut für Reaktorforschung, Mühleberg, Gösgen-Däniken) und der ehemaligen "Centrale nucléaire expérimentale de Lucens", sowie beim Schweizerischen Institut für Nuklearforschung festgestellt. Die Dosiserhöhungen betragen am Ort des Maximums beim Kernkraftwerk Beznau ca. 230 mrem/Jahr, beim Eidg. Institut für Reaktorforschung ca. 200 mrem/Jahr, beim Schweizerischen Institut für Nuklearforschung ca. 95 mrem/Jahr, beim Kernkraftwerk Mühleberg ca. 380 und bei

der ehemaligen "Centrale nucléaire expérimentale de Lucens" ca. 400 mrem/Jahr. Die sich daraus ergebenden jährlichen Personendosen (Ortsdosis mal Aufenthaltsdauer pro Jahr) von Einzelpersonen der Umgebungsbevölkerung, die sich kurze Zeit an diesen Stellen aufhalten, liegt unter 10 mrem/Jahr.

5.2.5. 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 Wassermolekül eingebaut ist - wird bei der Trinkwasseraufbereitung nicht zurückgehalten. Mit Ausnahme der Glatt in der dritten und vierten Dezember-Woche 1983, nach dem Zwischenfall bei der Firma Cerberus in Volketswil, war der Doubs unterhalb La Chaux-de-Fonds der Fluss mit der höchsten Tritiumkonzentration in der Schweiz. 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 AG Niederwangen/BE und Radium-Chemie Teufen/AR über die Abluft in die Umgebung abgegeben. Aus früheren Tritiummessungen in Urinproben von Anwohnern der Radium-Chemie Teufen, wurden Ganzkörperdosen von weniger als 10 mrem/Jahr ermittelt.

Die im Monat Dezember aus der Firma Cerberus in Volketswil unabsichtigt abgegebenen ca. 500 Ci Tritium führten während zwei Wochen vor allem in der Glatt aber auch im Rhein zu deutlichen Erhöhungen der Tritium-Aktivität. Im Grund- bzw. im Trinkwasser der flussabwärtsliegenden Gemeinden war nur an wenigen Stellen eine geringfügige Erhöhung feststellbar. Nennenswerte Bestrahlungen der Bevölkerung über das Trinkwasser konnten ausgeschlossen werden.

5.2.6. Beruflich strahlenexponierte Personen

Im Jahr 1983 wurden von den drei Kontrollinstanzen 46'770 beruflich strahlenexponierte Personen überwacht. Zusammen akkumulierten sie 2260 rem (im Mittel 50 mrem/Person). Gemittelt über die Gesamtbevölkerung ergibt dies weniger als 0,5 mrem/Jahr. Dieser Wert ist massgebend für die genetischen Auswirkungen auf die Bevölkerung.

5.2.7. Medizinische Anwendungen

Erhebungen über die mittlere Knochenmarkdosis und die mittlere genetisch signifikante Dosis (GSD, d.h. die mit der Kindererwartung gewichtete Gonadendosis) durch röntgendiagnostische Untersuchungen in der Medizin wurden in der Schweiz zum letzten mal 1978 durchgeführt ¹⁾). Für diese Erhebung ergaben sich Mittelwerte für die GSD von rund 30 mrem/Jahr und für die Knochenmarkdosis von rund 80 mrem/Jahr.

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

Nuklearmedizinische Untersuchungen ¹⁾ ergaben 1976 im Mittel für die Bevölkerung von Basel-Stadt eine GSD von 0,5 mrem/Jahr (mittlere Gonadendosis 10 mrem/Jahr).

Herrn Bundesrat Dr. A. Egli, Herrn E. Marthaler Generalsekretär des Eidg. Departementes des Innern und Prof. Dr. B. Roos, Direktor des Bundesamtes für Gesundheitswesen danken wir für die grosse Unterstützung der KUER. 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

1) J. Roth: Die Bestimmung der Strahlenbelastung der Patienten in der Röntgendiagnostik und Nuklearmedizin. Kantonsspital Basel, Dezember 1978

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, P. Renard, 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. Burkart, Dr. W. Görlich, Dr. E. Nagel, Ch. Wernli)
EPFL	Institut d'Electrochimie et de Radiochimie, Eidg. Technische Hochschule Lausanne (Prof. Dr. P. Lerch, J.J. Geering, Mlle F. Barraud)
HSK	Abteilung Strahlenschutz der Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen, Würenlingen (S. Prêtre, Dr. J. Czarnecki, W. Jeschki, J. Schuler, Dr. U. Weidmann)
LDU	Laboratorium Dübendorf der KUER, c/o Abt. Radioaktivität der Eidg. Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (Prof. Dr. W. Stumm, Dr. P. Santschi, K. Farrenkothen, H.J. Hüppi, A. Lück, Frl. E. Werth)
LFR	Laboratorium Freiburg der KUER, c/o Physikalisches Institut der Universität (Prof. Dr. O. Huber, Dr. H. Völkle, Dr. B. Michaud, Dr. H. Surbeck, L. Ribordy, C. Murith, F. Wicht, L. Baeriswyl, Frau M. Gobet, Frau D. Siradovic, I. Sachs)
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)