Zeitschrift: Bericht der Eidgenössischen Kommission zur Überwachung der Radioaktivität

Herausgeber: Eidgenössische Kommission zur Überwachung der Radioaktivität

Band: 21 (1977)

Rubrik: 21. Bericht der Eidg. Kommission zur Ueberwachung der Radioaktivitaet fuer das Jahr 1977 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: 09.07.2025

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

21. BERICHT DER EIDG. KOMMISSION ZUR UEBERWACHUNG DER RADIOAKTIVITAET FUER DAS JAHR 1977 ZUHANDEN DES BUNDESRATES [1)]

VON PROF. DR. O. HUBER, PRÄSIDENT DER KOMMISSION, FREIBURG [2)]

1. EINLEITUNG

Die Eidgenössische Kommission zur Ueberwachung der Radioaktivität (KUER) hat im Laufe ihrer Tätigkeit ein auf Wissenschaft und Erfahrung basierendes Mess- und Ueberwachungsnetz aufgebaut. Verschiedene spezialisierte und KUER-eigene Labors sowie die drei Kontrollinstanzen, die Abteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (ASK), das Eidgenössische Gesundheitsamt (EGA) und die schweizerische Unfallversicherungsanstalt (SUVA), denen unter anderem auch die Ueberwachung der beruflich strahlenexponierten Personen obliegt, sind an dieser Radioaktivitätsüberwachung in der Schweiz beteiligt. An drei Sitzungen pro Jahr werden die Messergebnisse besprochen, die Messungen koordiniert und das Ueberwachungsnetz neuen Erkenntnissen angepasst. Besonderes Gewicht legt die Kommission auf die Kontrolle radioaktiver Immissionen in der Umgebung von Kernkraftwerken sowie von Radioisotope verarbeitenden Industrien und Spitälern. Damit die KUER ihre Aufgabe, die Ueberwachung der Immissionen im öffentlichen Bereich (Luft, Wasser, Boden, biologische Kreisläufe), noch besser wahrnehmen und gegebenenfalls gezielte Messungen durchführen kann, sind die drei Kontrollinstanzen ASK, EGA, SUVA mit der KUER übereingekommen, alle nötigen Informationen über die Abgaben radioaktiver Stoffe aus Industriebetrieben, Kernkraftwerken und Spitälern auszutauschen. Diese Koordination erlaubt der KUER gezielter festzustellen, ob die Kumulierung von gasförmigen oder flüssigen Abgaben aus benachbarten Betrieben noch zulässig ist.

Der Alarmausschuss der KUER (AA/KUER) schafft gemäss seiner Verordnung vom 9.9.66 und deren Aenderung vom 19.5.76 die Grundlagen für die im Fall erhöhter Radioaktivität zum Schutze der Be-

---

1) Texte français, voir page 42

2) Der Bericht wurde in Zusammenarbeit mit Dr. J. HALTER, dipl. phys. H. VÖLKLE und Dr. B. MICHAUD (Freiburg) verfasst

völkerung zu treffenden Massnahmen. Damit in einem solchen Fall, z.B. bei einem Atombombenunfall oder bei einem äusserst schweren Kernkraftwerk-Unfall, die betroffene Bevölkerung auch rasch und wirksam geschützt werden kann, ist eine enge Zusammenarbeit zwischen Bundesstellen, Kantonen und Gemeinden unumgänglich. Um diese notwendige Koordination sicherzustellen, hat der AA/KUER in seiner Eigenschaft als Ausschuss AC-Schutz des Stabes für Gesamtverteidigung mit einzelnen Kantonen einen Entwurf zu einem Konzept des koordinierten AC-Schutzdienstes erarbeitet; von besonderer Bedeutung sind die Fragen der Führung bei einem Unfallereignis mit radioaktiven Stoffen, der Information, Warnung und Alarmierung der Bevölkerung, sowie der Regelung der Zusammenarbeit der Messorganisationen. In den oben genannten Unfallereignissen sind die zu treffenden Massnahmen ähnlich: in Frage kommt die Einschränkung des Aufenthalts im Freien, der Bezug von Kellern oder Schutzräumen, die Einschränkung des öffentlichen Verkehrs und schliesslich die nachträgliche Evakuation von Personen und lebenswichtigen Gütern.

Obwohl die Bewilligungsbehörde in der Schweiz beim Bau und Betrieb von Kernkraftwerken alle erdenklichen Sicherheitsmassnahmen vorschreibt, so dass nach menschlichem Ermessen ein Kernkraftwerk-Unfall mit Auswirkungen auf die Umgebung nur mit äusserst kleiner Wahrscheinlichkeit auftreten kann, wurde dennoch ein solcher Unfall in das Alarmdispositiv des Alarmausschusses aufgenommen. Dabei stellte man fest, dass Warnung und Alarmierung der Bevölkerung in der Umgebung über die ständig einsatzbereite Ueberwachungszentrale (UWZ) nicht zu jeder Zeit genügend rasch erfolgen könnte. Aus diesem Grunde hat das Eidgenössische Verkehrs- und Energiewirtschafts-Departement (EVED) mit seiner ASK in Zusammenarbeit mit dem Alarmauschuss (AA) und den Kernkraftwerk-Standort-Kantonen ein rasches Alarmsystem zum Schutze der Bevölkerung ausgearbeitet und schreibt für die Umgebung der KKW in der Schweiz dessen Errichtung vor. An der raschen Realisierung dieses Systems arbeiten Bund und Kantone eng zusammen. Darauf basierend hat der Kanton Solothurn am 10. Februar 1978 ein "Konzept für die bei Reaktorunfällen zu treffenden Massnahmen" mit Informationschrift und Merkblatt für die Bevölkerung herausgegeben. In ähnlicher Weise werden auch die Kantone Aargau und Bern vorgehen.

Absturz des russischen Satelliten Kosmos 954

Am 24.1.78 stürzte der russische Satellit "Kosmos 954", der radioaktive Stoffe enthielt, in Kanada ab. Nach der Benachrichtigung durch das Eidgenössische Departement des Innern (EDI) am selben Tag (Informationen über das radioaktive Inventar lagen noch nicht vor) ergab die fortlaufende Kontrolle der Frühwarnposten der KUER und von zwei Dosismessstationen in Payerne und auf dem Säntis, dass die Radioaktivität in der Schweiz zu keiner Zeit erhöht war. Der Pressedienst des EDI gab diesen Sachverhalt bereits in den Spätnachrichten des gleichen Abends bekannt. Die Ueberwachungzentrale des AA der KUER an der Meteorologischen Zentralanstalt (MZA) ermittelte aus den ihr zur Verfügung stehenden Windkarten, dass die durch den Satelliten ev. verstrahlten Luftmassen Europa frühestens in einigen Tagen erreichen könnten. Da auch am folgenden Tag noch keine Angaben über die Art der nuklearen Energiequelle erhältlich

waren, wurde gemeinsam mit der ASK die maximal mögliche beim Absturz freigesetzte Radioaktivität und deren Folgen abgeschätzt. Danach war keine Gefährdung der Schweiz zu erwarten. In der Folge trafen durch den Vertreter des Eidgenössischen Politischen Departementes (EPD) im AA laufend genauere Angaben über des Ereignis ein. Obwohl nie mit einer Gefährdung zu rechnen war, wurden alle 2 Tage Luftproben aus grosser Höhe mit Militärflugzeugen gesammelt (üblicherweise alle 2 Monate) und analysiert; dies deshalb, weil dort die Windgeschwindigkeiten viel grösser sind. Diese Messungen sowie die Untersuchung von Niederschlag und Bodenluft ergaben nie Aktivitäten, die vom Reaktor des "Kosmos 954" stammten.

Die durch diesen Satellitenabsturz dem AA der KUER unvermutet gestellte Aufgabe konnte dank der wirksamen Zusammenarbeit der wenigen beteiligten Stellen mit dem EDI fristgerecht gemeistert werden. Ueber Presse und Massenmedien wurde die Oeffentlichkeit laufend orientiert.

2. ALLGEMEINE UEBERWACHUNG

Die der Biosphäre 1977 zugeführte Radioaktivität stammt zum grössten Teil von Atombombenexplosionen in der nördlichen Hemisphäre. 1976 nahm die Luftradioaktivität bis im Herbst stetig ab.

Die chinesische Volksrepublik führte am 26.9.76 und 17.11.76 je einen oberirdischen Atombomben-Test auf ihrem Versuchsgelände Lop Nor durch. Die erste Explosion von kleinerem Kaliber konnte in den darauffolgenden Wochen durch Messungen nachgewiesen werden (siehe 20. KUER-Bericht), brachte aber im Berichtsjahr keine messbare Erhöhung der Aktivität. Hingegen führte die zweite Testexplosion (4 Mt) während des ganzen Jahres 1977 zu einer schwach erhöhten Aktivität in Luft und Niederschlägen. Am 17.9.77 führte die chinesische Volksrepublik in Lop Nor eine weitere oberirdische Testexplosion unbekannten Kalibers durch. Der in der Schweiz in den darauffolgenden Wochen gemessene Verlauf der Spaltprodukt-Aktivität entsprach ungefähr demjenigen der Bombe vom 26.9.76.

2.1. Luft (Fig. 1, 2, Tab. 1)

Im Jahresmittel 1977 war die künstliche Radioaktivität der Aerosole der Luft vergleichbar mit derjenigen von 1975, jedoch etwas höher als 1976. Sie wurde grösstenteils von der chinesischen Atombombe vom 17.11.76 verursacht; die Atombombe vom 17.9.77 führte nur im Oktober/November zu einer zusätzlichen Ablagerung, hauptsächlich kurzlebiger Spaltprodukte.

Die durch diese neu zugeführten Spaltprodukte über externe und interne (Inhalation) Bestrahlung 1977 hervorgerufene Dosis lag wie 1975 bei rund 0,1 mrem/Jahr.

Von der natürlichen Radioaktivität in der Luft werden im Rahmen des Ueberwachungsprogrammes der KUER Beryllium-7 und Blei-210 an Aerosolen gemessen. Ihre Konzentrationen liegen bei rund 0,1 bzw. 0,01 pCi/m^3 Luft.

Die Gesamt-Alpha-Aktivität der Luft-Aerosole wies seit Jahren immer Werte der Grössenordnung 10^{-3} pCi Alpha/m^3 Luft aus und ist grösstenteils dem natürlichen Polonium-210 zuzuschreiben. Die Plutonium-239/240-Konzentration in der Luft liegt gegenwärtig bei rund $3 \cdot 10^{-5}$ pCi/m^3; eine solche Konzentration in der Atemluft ergäbe infolge Akkumulation in den Knochen nach 50 Jahren eine jährliche Knochenmarkdosis von 0,2 mrem.

Argon-37, das vorwiegend nach unterirdischen Kernexplosionen in die Luft gelangt, zeigte im Jahr 1977 eine zwischen 0,03 und 0,12 pCi/m^3 Luft schwankende Konzentration, entsprechend einer Dosis von weniger als 10^{-6} mrem/Jahr.

Weitere, langlebige Radioisotope wie Tritium, Kohlenstoff-14, Krypton-85 und Jod-129 gelangen teils durch Kernwaffenexplosionen, teils über die Abluft von Reaktor- und Wiederaufbereitungsanlagen in die Atmosphäre und verbreiten sich als Gase weltweit. Ihre Messung ist wegen ihrer geringen Konzentrationen und ihrer physikalischen Natur sehr aufwendig. Für die nachfolgenden Angaben wurden deshalb teilweise auch Messungen spezialisierter Institute aus dem Ausland oder Berechnungen aus Entstehungs- und Freisetzungsraten bei Kernwaffenexplosionen bzw. bei Kernenergieanlagen benützt: [1)]

Tritium (12,3 Jahre Halbwertszeit): Das weltweit verbreitete Tritium stammt gegenwärtig zu mehr als 90% von Atombombentests. Mit dem Wasser gelangt es in die biologischen Kreisläufe. Die Tritiumkonzentration im Wasser beträgt zur Zeit einige 100 pCi/Liter Wasser, was - vorwiegend durch Ingestion - zu einer Strahlenbelastung von weniger als 0,1 mrem/Jahr führt.

Kohlenstoff-14 (5'700 Jahre Halbwertszeit): C-14 befindet sich hauptsächlich als CO_2 oder CH_4 in der Luft und ist gleich wie nichtradioaktiver Kohlenstoff an den biologischen Prozessen beteiligt. Für die Auswirkung des C-14 ist deshalb das Verhältnis zwischen radioaktivem C-14 und übrigem Kohlenstoff, pCi C-14/g C, massgebend. Vor ca. 100 Jahren, als C-14 nur durch die kosmische Strahlung erzeugt wurde, lag dieses Verhältnis bei 6 pCi C-14/g C, was zu rund 1 mrem/Jahr im menschlichen Körper führte. Seither erfolgte infolge Verbrennung von C-14-freiem fossilem Kohlenstoff (Kohle, Erdöl) eine Anreicherung des nicht-radioaktiven Kohlenstoffs und dadurch eine Reduktion des C-14/C-Verhältnisses um rund 5%. Anderseits erhöhte sich die atmosphärische C-14-Aktivität durch die Kernwaffenexplosionen, was um das Jahr 1963 zu einer zusätzlichen Ganzkörperdosis von ungefähr 1 mrem/Jahr (Ingestion) führte. Bis heute ist diese infolge des Austausches von CO_2 zwischen Atmosphäre und Ozean auf ca. 0,3 mrem/Jahr gesunken. Der Dosisbeitrag von C-14 aus der Nuklearindustrie ist gegenwärtig um rund zwei Grössenordnungen geringer.

Krypton-85 (10,7 Jahre Halbwertszeit): Kr-85 ist nur zum kleinsten Teil natürlichen Ursprungs; die Hauptmenge entsteht durch Kernspaltung. Als Edelgas verbreitet es sich weltweit in der Atmosphäre und verschwindet aus dieser praktisch nur durch radioaktiven Zer-

---

1) A. Sittkus und H. Stockburger, Naturwissenschaften 63, 1976, p. 266 ff. ; SNG, Arbeitsgruppe Kernkraftwerke, Emission radioaktiver Stoffe aus Kernkraftwerken bei Normalbetrieb (in Vorbereitung); J. Schwibach und W. Jacobi, Symposium "Entsorgung der Kerntechnik", Mainz 1976.

fall. Nach ausländischen Messungen beträgt die Konzentration gegenwärtig etwa 17 pCi Kr-85/m^3 Luft. Dies führt zu einer Ganzkörperdosis von ca. $5 \cdot 10^{-4}$ mrem/Jahr, hervorgerufen durch die schwache Gammastrahlung (0,4% der Zerfälle); die Hautdosis durch die Betastrahlung liegt in der Grössenordnung 0,1 mrem/Jahr.

Jod-129 ($1,7 \cdot 10^7$ Jahre Halbwertszeit): Wie für C-14 ist für J-129 das Verhältnis pCi J-129/g Jod massgeblich; es dauert allerdings Jahrzehnte, bis weltweit eine gleichmässige Verteilung erreicht ist, die hauptsächlich über den Wasserpfad erfolgt. Das gesamte gegenwärtig vorhandene Jod-129, gleichmässig im Jod der biologischen Kreisläufe verteilt, ergäbe eine Schilddrüsendosis von weniger als 10^{-3} mrem/Jahr.

2.2. Niederschläge (Tab. 2)

Analog der Luft wiesen auch die Niederschläge 1977 in der Schweiz nördlich der Alpen höhere spezifische Betaaktivitäten auf als im Jahr 1976. In Verbindung mit den grössern Niederschlagsmengen ergaben sich 2-4 mal höhere Ablagerungen auf den Erdboden. Die stärkste Ablagerung fand im Sommer statt. Der Einfluss der chinesischen Bombe vom 17.9.77 war gering.

Südlich der Alpen (Locarno) wurde 1977 bei gleicher spezifischer Aktivität des Regenwassers wie 1976 infolge der erhöhten Niederschlagsmenge eine etwas grössere Aktivität abgelagert. Die an dieser Station mit dem Staub trocken abgesetzte totale Betaaktivität betrug 1 mCi/km^2 (1976: 0,6 mCi/km^2).

Die Tritiumaktivität im Niederschlag nahm gegenüber 1976 leicht ab und lag mit Ausnahme des Regens in La Chaux-de-Fonds (s. 4.2.) im Jahresmittel zwischen 200 pCi/l Regenwasser (Locarno) und 600 pCi/l (Bern).

2.3. Oberflächengewässer, Grund und Trinkwasser

Im Laufe des Jahres 1977 wurden im Rhein bei Rekingen/AG und Village Neuf (unterhalb Basel) und der Rhone bei Porte du Scex/VS und bei Chancy/GE sowie im Ticino bei Riazzino vom Amt für Wasserwirtschaft kontinuierliche Flusswassersammler eingerichtet. Wöchentliche Sammelproben dieser Stellen und aus dem Doubs bei Saint Ursanne werden auf Total-Betaaktivität und Tritium untersucht. An 19 weiteren Stellen in Flussläufen und Seen wurden rund 100 Stichproben zur Analyse entnommen.

Die Gesamtbetaaktivität ($E_\beta > 0,15$ MeV) dieser Proben lag grösstenteils unter 10 pCi/l Wasser, im Maximum bei 26 pCi/l, und war demgemäss ungefährlich.

Der Tritiumgehalt der obenerwähnten wöchentlichen Flusswasserproben und von kontinuierlichen Sammelproben von Aarewasser aus dem Stausee Klingnau (unterhalb vom Eidg. Institut für Reaktorforschung (EIR) und dem Kernkraftwerk Beznau (KKB)) entsprach mit 100 bis 1'000 pCi/l demjenigen des Regens; dies trifft - mit einer Ausnahme - auch für den Tritiumgehalt von Aarewasser ober- und unterhalb von Kernanlagen zu. Einzig Stichproben aus der Aare vom 25.5.77 zeigten 600 pCi/l Tritium oberhalb des EIR, 50'000 pCi/l zwischen dem EIR und dem KKB und 1'600 pCi/l im Stausee Klingnau. Die Herkunft dieser Erhöhung konnte nicht eindeutig geklärt werden. Der ständige Ge-

brauch von Trinkwasser mit 50'000 pCi Tritium/l würde zu einer jährlichen Dosis von 8 mrem führen. Tritiummessungen in den Gewässern der Gegend von La Chaux-de-Fonds werden unter 4.2. beschrieben.

Die Alpha-Aktivität im Wasser des Rheins betrug im Jahresmittel bei Rekingen/AG 1,1 pCi/Liter und bei Village Neuf (unterhalb Basel) 0,6 pCi/Liter und ist seit mehreren Jahren unverändert.

Stichproben von aquatischen Komponenten aus der Aare ober- und unterhalb der Kernanlagen inclusive Gösgen wiesen Total-Betaaktivitäten (E_β > 0,15 MeV) innerhalb der normalen Streubreite auf, d.h. es zeigten sich keine systematischen Unterschiede unter den verschiedenen Entnahmestellen. Im einzelnen betrugen die Aktivitäten pro Gramm Trockensubstanz (TS): Plankton und Schwebestoffe 14-45 pCi/Gramm, Sediment 14-29 pCi/Gramm, Wasserpflanzen 19-21 pCi/Gramm, Fischfleisch 2-4 pCi/Gramm Frischgewicht.

In den Proben vom Herbst 1977 konnte in Plankton und Schwebestoffen sowie in Wasserpflanzen auf der rechten Seite der Aare sowohl oberhalb des Eidgenössischen Instituts für Reaktorforschung als auch unterhalb des Kernkraftwerkes Beznau J-131 nachgewiesen werden. Dieses J-131 gelangt in ungefährlichen Mengen über die Abwasserreinigungsanlage Zürich-Werdhölzli via Limmat in die Aare (vgl. 4.1.). Die übrige Aktivität aller aquatischen Stichproben setzt sich aus natürlichen Radioisotopen (Kalium-40, Beryllium-7, Radium-226) und Spuren von radioaktivem Bombenausfall zusammen. Ein Einfluss der Aktivität aus den Kernanlagen kann innerhalb der Streubreite nicht nachgewiesen werden.

Die Total-Betaaktivität von 93 Stichproben von Grundwasser aus der Umgebung der Kernkraftwerke und Trinkwasser aus städtischen Wasserversorgungen betrug weniger als 6 pCi/Liter.

2.4. Erdboden und Gras (Fig. 3)

Die folgende Tabelle enthält die 1977 gemessenen Aktivitäten in Erdboden und Grasproben. Aufgeführt sind von den natürlichen radioaktiven Isotopen das vorherrschende Kalium-40 und von den künstlichen die wichtigsten langlebigen Nuklide Caesium-137 und Strontium-90.

Aktivität von Erdboden und Gras 1977 (pCi/kg TS)

Erdboden	Schicht	Kalium-40 (natürlich)	Caesium-137	Strontium-90
Arenenberg, Grangeneuve, Umgebung Gösgen	0- 5cm	10000-12000	250-1300	70-230
Umgebung Mühleberg	0- 5cm	18000-23000	430- 960	250
Stillberg-Davos	0- 5cm 5-15cm	17000 19000	7800 270	1300 380

Gras / Heu	Kalium-40 (natürlich)	Caesium-137	Strontium-90
Arenenberg, Grangeneuve, Umgebung Gösgen	22000-38000	40-260	150- 490
Umgebung Beznau/EIR Umgebung Mühleberg	21000-36000	60-150	210- 360
Stillberg-Davos	17000	970	3200
Mürren	25000-30000	n.g.	1100-2800

n.g.: nicht gemessen

Gegenüber dem Vorjahr sind keine wesentlichen Konzentrationsänderungen an langlebigen radioaktiven Stoffen festzustellen; ebenso bestehen zwischen den Stellen in der Umgebung von Kernanlagen und den übrigen Stellen des Mittellandes keine systematischen Unterschiede. Demgegenüber zeigen die Proben aus den Alpen wie gewohnt eine bedeutend höhere Aktivitätskonzentration. Die externe Bestrahlung durch Caesium-137 im Boden des Mittellandes ergäbe bei dauerndem Aufenthalt im Freien eine Ganzkörperdosis von 2-3 mrem/Jahr.

Im Gras aus Grangeneuve und Mühleberg vom Mai 1977 traten für die Radionuklide Zirkon-95, Niob-95, Cer-141 und Cer-144 Aktivitäten von je rund 1'000 pCi/kg TS auf. Diese Isotope stammen von radioaktivem Ausfall der chinesischen Bombe vom 17.11.76.

2.5. Milch und andere Lebensmittel

Die Caesium-137- und Strontium-90-Aktivität in der Milch der Stationen des Mittellandes (dieselben Entnahmestellen wie für die Grasproben sowie zusätzlich Rossberg-Kemptthal) lag weiterhin für Caesium-137 unter 8 pCi/Liter Frischmilch, für Strontium-90 zwischen 3 und 8 pCi/Liter. Wie in den letzten Jahren betrug die Aktivität der Milchproben vom August aus Davos 88 pCi Caesium-137/Liter und 55 pCi Strontium-90/Liter; in einer Probe aus Mürren wurde 34 pCi Strontium-90/Liter festgestellt.

Proben von Weizen der Ernte 1977 aus der Umgebung (bis 15 km) von Beznau, Gösgen und Mühleberg zeigten eine mittlere Strontium-90-Aktivität von 21 pCi/kg; der Mittelwert in der Schweiz lag 1976 bei 24 pCi Strontium-90/kg.

Die Arbeitsgemeinschaft zur Ueberwachung der Radioaktivität der Lebensmittel (ARL) bestimmte ausserdem Strontium-90 an über 20 weiteren Lebensmittelproben, die allesamt ebenfalls unbedeutende Aktivitätskonzentrationen aufwiesen.

2.6. Menschlicher Körper

Die Messung von Wirbeln Verstorbener der Jahre 1976 und 1977 aus der Gegend von Lausanne ergab gegenüber früheren Jahren eine leich-

te Abnahme des Strontium-90/Calcium-Verhältnisses im menschlichen Skelett. Die gegenwärtige mittlere Konzentration von rund 0,8 pCi Strontium-90/Gramm Calcium führt zu einer Bestrahlung der blutbildenden Organe von ca. 2 mrem/Jahr.

Eine Messreihe, durchgeführt an dreiunddreissig 16-19-jährigen Männern und zwanzig 18-19-jährigen Frauen mit dem Ganzkörperzähler des Service Cantonal de Contrôle des Irradiations in Genf zeigte im Durchschnitt einen Ganzkörpergehalt von 1'110 pCi Caesium-137 für die Männer und 1'020 pCi Caesium-137 für die Frauen. Die spezifische Konzentration ergab für beide Geschlechter 17 pCi Caesium-137 pro kg Körpergewicht, entsprechend einer Ganzkörperdosis von 0,2 mrem/Jahr. Vom gleichzeitig gemessenen natürlichen Kalium-40 erhielten die Männer im Mittel eine interne Dosis von 16 mrem/Jahr und die Frauen eine solche von 14 mrem/Jahr.

3. KERNANLAGEN (In Zusammenarbeit mit der Abteilung für die Sicherheit der Kernanlagen, ASK, S. Prêtre)

3.1. Uebersicht (Tab. 3 - 5)

Die Ueberwachung der Aktivitätsabgaben von Kernanlagen wird in Zusammenarbeit von ASK und KUER durchgeführt. Dabei ist die ASK in erster Linie für die Kontrolle der Emissionen radioaktiver Stoffe aus den Anlagen zuständig, die KUER für die sich daraus ergebenden Immissionen in der Umgebung. Tab. 5 gibt Aufschluss über alle von ASK, KUER und Kernkraftwerk-Betreiber vorgenommenen Emissions- und Immissionsmessungen.

Den Betreibern von Kernanlagen werden in Auflagen zur Betriebsbewilligung höchstzulässige kurzzeitige und jährliche Abgaben über das Abwasser und die Abluft vorgeschrieben. Nach dem Grundsatz, dass die Abgabemengen so klein sein müssen, dass eine weitere Reduktion nicht mehr gerechtfertigt ist, werden diese so festgelegt, dass die Jahresdosis für Einzelpersonen der Bevölkerung in der Umgebung, erhalten über den Luft- und den Wasserpfad zusammen, unter 20 mrem pro Jahr liegt. Diese Vorschrift ist noch restriktiver als Artikel 107 der Strahlenschutz-Verordnung 1976 (SSVO), der die Abgabe radioaktiver Stoffe an die Umwelt regelt.

Während für das Abwasser bei gleichmässiger Durchmischung die Konzentration im Vorfluter direkt durch die Abgaberate und die Wasserführung im Vorfluter gegeben ist, ist für die Berechnung der gasförmigen Immissionen aus den Abgaben die Kenntnis der atmosphärischen Verdünnungsfaktoren unumgänglich. Für deren Berechnung werden mathematische Ausbreitungsmodelle herangezogen.

Angesichts der komplexen topographischen Verhältnisse in der Umgebung des Kernkraftwerkes Mühleberg schien eine experimentelle Ueberprüfung der dort angewendeten Modelle angezeigt. Die schon im 20. Bericht der KUER erwähnte Untersuchung steht kurz vor dem Abschluss. Aus 22 Experimenten konnten bei verschiedenen Wetterlagen Kurzzeitverdünnungsfaktoren, d.h. Verhältnisse von Immissionen in der Umgebung zu Emissionen, bestimmt werden. Mit Hilfe der Wetterstatistik ergeben sich daraus Langzeitverdünnungsfaktoren, welche als Jahresmittelwerte angesehen werden

können. Die bis jetzt vorliegenden Resultate bestätigen die bisher angewandten Ausbreitungsmodelle.

Die Aktivitätsabgaben werden in Curie Xenon-133-Aequivalent (Abluft) bzw. Curie Strontium-90-Aequivalent (Abwasser) angegeben; der äquivalente Curiewert eines Gemischen verschiedener Radionuklide ist die Summe der äquivalenten Curiewerte der einzelnen Nuklide. Für jedes Nuklid ergibt sich der äquivalente Curiewert durch Multiplikation seiner Aktivität mit dem Verhältnis des Richtwertes von Xenon-133 bzw. Strontium-90 zu demjenigen des betrachteten Nuklids.

Aktivitätskonzentrationen im Abwasser lassen sich in Anzahl C_W (vgl. Tabellen 6,8,9) ausdrücken. Dabei bedeutet 1 C_W gemäss SSVO 1976 den Konzentrationsrichtwert für kontaminiertes Wasser, dessen Konsum während der Arbeitszeit bei beruflich strahlenexponierten Personen zur höchstzulässigen akkumulierten Dosis von 5'000 mrem pro Jahr führt. Für Einzelpersonen der Bevölkerung darf die Aktivitätskonzentration im Trinkwasser bei dauernder Aufnahme 1/30 C_W nicht überschreiten, was zu einer Ganzkörperdosis von 500 mrem pro Jahr führen würde. (1 C_W entspricht 3 MPC gemäss SSVO 1963; in den früheren Jahresberichten wurde MPC verwendet).

Die Abgabevorschriften wurden 1977 von allen Kernanlagen eingehalten.

Die Messresultate von verschiedenen Stichproben aus der Umgebung von Kernanlagen, die keine signifikante Erhöhung ergaben, sind in Kap. 2 zusammen mit den entsprechenden Proben aus andern Landesgegenden bereits behandelt. Im folgenden wird daher nebst den Emissionsmessungen nur noch über diejenigen Messungen der Umgebungsüberwachung berichtet, die eindeutig eine Immission durch die Anlage festzustellen erlaubten.

Gemäss den von den Kontrollinstanzen ASK, EGA und SUVA veröffentlichten Angaben akkumulierten 1977 die in den Kernkraftwerken Beznau I und II, Mühleberg und im Eidgenössischen Institut für Reaktorforschung beschäftigten Personen (total 1'381 Personen, Eigen- und Fremdpersonal) zusammen eine Dosis von 910 rem (1976: 1'316 Personen, 868 rem).

3.2. Kernkraftwerke Beznau I und II (Tab. 6)

Das radioaktive Abgas wird in Abklingtanks während einiger Wochen bis Monate gelagert, bevor es an die Atmosphäre abgegeben wird. Bei der Abgabe ist Xe-133 das weitaus überwiegende Radionuklid. Die gesamte 1977 gasförmig abgegebene Aktivität der Kernkraftwerke Beznau I und II betrug 600 Ci Xenon-133-Aequivalent und 16 mCi Jod-131. Die von den Abgasen verursachte externe Ganzkörperdosis in der Umgebung lässt sich für den kritischen Ort zu 0,1 mrem/Jahr abschätzen. Mit den Thermolumineszenz-Dosimetern (TLD) der Umgebungsüberwachung, deren Nachweisgrenze bei ungefähr 10 mrem/Jahr liegt, wurde keine Zusatzdosis gegenüber dem Untergrund registriert. Die berechnete hypothetische Schilddrüsenbelastung von Kleinkindern durch Jod-131 über den Luft - Gras - Milch - Pfad lag unter 1 mrem/Jahr. Die durch das Kernkraftwerk in der Umgebungsbevölkerung bewirkte Dosis ist somit vernachlässigbar gegenüber dem natürlichen Untergrund von rund 100 mrem/Jahr.

Mit dem Abwasser wurden 0,35 Ci Strontium-90-Aequivalent an die Aare abgegeben, wobei alle nicht identifizierten Radioisotope in ihrer Toxizität dem gefährlichen Strontium-90 gleichgesetzt wurden. Analysen von Stichproben zeigen, dass nur wenige Prozent der Aktivität tatsächlich aus der Abgabe von Strontium-90 stammen. Damit stellt die berechnete hypothetisch verursachte Jahresdosis von 0,03 mrem für Personen, die ihren gesamten Wasserbedarf aus der Aare unterhalb der Kernkraftwerke decken würden, eine obere Grenze dar.

3.3. Kernkraftwerk Mühleberg (Fig. 4, 5, Tab. 7, 8)

Im letzten Jahresbericht wurde erwähnt, dass die 1976 eingebauten besseren Brennelemente weniger Radionuklide abgeben als die früheren. Dies wirkte sich denn auch auf die totale Abgabe von radioaktiven Stoffen mit dem Abgas aus, welche 1977 weniger als 10^4 Ci Xenon-133-Aequivalent und 30 mCi Jod-131 betrug (1976: $1{,}2 \cdot 10^5$ Ci Xenon-133-Aequivalent und 750 mCi Jod-131). Aus diesen Abgaben berechnet sich die Ganzkörperdosis von Personen am kritischen Ort ("Ufem Horn") zu weniger als 1 mrem/Jahr. Die hypothetische Schilddrüsendosis eines Kleinkindes am kritischen Ort durch Jod-131 über den Luft - Gras - Milch - Pfad lag unter 1 mrem/Jahr.

Während des ganzen Jahres war eine Ionisationskammer Ufem Horn und ab 10.2. eine in Freiburg im Betrieb. Die Dosisleistungsschwankungen bewegten sich an beiden Stationen im gleichen Rahmen und sind vorwiegend auf meteorologische Einflüsse (z.B. tiefer Wert bei schneebedecktem Boden im Januar) zurückzuführen. Ein Einfluss des Kernkraftwerkes Mühleberg war bei "Ufem Horn" demnach nicht direkt zu erkennen. Dagegen deutet eine genauere Analyse auf eine signifikante Korrelation zwischen der Windhäufigkeit in Richtung Kernkraftwerk Mühleberg - Ufem Horn und einer zusätzlichen Dosisleistung der Grössenordnung 1 mrem/Jahr an dieser Stelle hin.

Ionisationskammermessungen in der Umgebung des Kernkraftwerkes Mühleberg zeigten, dass die 20 mrem/Jahr-Grenze der Direktstrahlung aus dem Maschinenhaus in der unmittelbaren (unbewohnten) Umgebung ausserhalb des Areals in einzelnen Richtungen bis ca. 200m weit reicht. Beim nächstgelegenen Wohnhaus lag deren Dosis unter 3 mrem/Jahr.

Die TLD-Ueberwachung ergab für 23 von 24 Stationen in der Umgebung des Kernkraftwerkes Mühleberg zusätzliche Jahresdosen unterhalb der Nachweisgrenze von 10 mrem/Jahr. Am "Runtigenrain" wurde 12 ± 5 mrem/Jahr registriert, in Uebereinstimmung mit den Ionisationskammer-Messungen der Direktstrahlung an dieser Stelle.

Zur Messung des beim Oeffnen des Druckgefässes freigesetzten Jod-131 wurden vom 11.7. bis 24.8.77 zweiundzwanzig Proben von Milch von Ufem Horn mit der Ionenaustauschermethode untersucht. Alle Messwerte lagen bei $\leq$ 0,5 pCi Jod-131/Liter. Auch in der Luft vom selben Ort, wo Jod-131 mit einer Pumpe auf Aktivkohle gesammelt wurde, konnte kein Jod-131 festgestellt werden ($< 10^{-3}$ pCi Jod-131/m^3 Luft).

An Abgas-Stichproben wurden speziell Messungen langlebiger Radioisotope vorgenommen: Tritium am Physikalischen Institut der Uni-

versität Bern, Kohlenstoff-14 am Environmental Health Center in Albany, USA und Krypton-85 am Labor Freiburg der KUER. Die daraus abgeschätzten jährlichen Abgaben liegen grössenordnungsmässig bei 1 Ci Tritium, 4 Ci C-14 und 20 Ci Kr-85. Verglichen mit den weltweit vorhandenen Konzentrationen an diesen Radioisotopen bedeutet dies für den kritischen Ort eine Erhöhung um grössenordnungsmässig 1% für Tritium und Kr-85 und 10% für C-14. Strahlenschutzmässig sind diese Erhöhungen belanglos. Da C-14 hauptsächlich in Form von CO_2 vom Kamin abgegeben und demgemäss von den Pflanzen aus der Umgebungsluft assimiliert wird, sollte ein leicht erhöhter C-14-Gehalt in Pflanzen der nächsten Umgebung des KKM feststellbar sein. Erste Messungen an Laubproben deuten auf eine Bestätigung dieser Ueberlegung hin; die Untersuchungen werden fortgesetzt.

Mit dem Abwasser wurde 1977 mit 60 mCi Strontium-90-Aequivalent bedeutend weniger Radioaktivität abgegeben als im Vorjahr (380 mCi Strontium-90-Aequivalent). Die hypothetisch verursachte Dosis für Personen, die ihren Trinkwasserbedarf aus unaufbereitetem Aarewasser gedeckt hätten, beträgt für 1977 höchstens 0,03 mrem/Jahr.

3.4. Eidgenössisches Institut für Reaktorforschung (EIR) (Tab. 9)

Seit der Stillegung der Forschungsreaktors "Diorit" am 8.7.77 sind die Immissionen radioaktiver Stoffe in der Luft der Umgebung des EIR mit den TLD nicht mehr nachweisbar. Bis zu diesem Zeitpunkt blieb die Abgabe mit der Abluft auf dem Stand vom 1976. Es wurden vom 1.1.-8.7.77 $1{,}9 \cdot 10^5$ Ci Argon-41, 110 Ci Tritium und 0,2 Ci Brom-82, entsprechend ca. 10^6 Ci Xenon-133-Aequivalent, emittiert. Verschiedene Jod-Isotope, die vom Hot Labor an die Luft abgegeben wurden, machten zusammen im ganzen Jahr rund 0,5 Ci aus, Aerosole, vorwiegend aus der Verbrennungsanlage im ersten Trimester 1977 abgegeben, 0,05 Ci.

Die höchsten Dosiswerte in der Umgebung des EIR wurden 1977 mit einer Ortsdosis von ca. 30 mrem 250 m südlich des Diorit-Abluftkamins gemessen. Für die Bewohner der Personalhäuser ergab dies unter Berücksichtigung der Abschirmungswirkung der Häuser in der ersten Jahreshälfte eine zusätzliche Ganzkörperdosis von ca. 5 mrem. Ab Juli war die zusätzliche Strahlenbelastung der Bevölkerung in der Umgebung des EIR durch Abluft aus der Anlage vernachlässigbar klein.

Die Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser betrug 50 mCi Strontium-90-Aequivalent, wovon rund die Hälfte auf 230 Ci Tritium entfiel. Sie war also um eine Grössenordnung kleiner als diejenige von Beznau und dementsprechend ebenfalls unbedeutend.

3.5. Umgebung Kernkraftwerk Gösgen (KKG) (Fig. 6, Tab. 10a, b)

In der Umgebung des KKG wurde die 1976 begonnene radiologische Beweissicherung fortgesetzt. Messungen mit mobilen Mess- und Sammelapparaturen wurden am 5./6. Juli (Ortsdosis mit Ionisationskammer) und am 27./28. September (Gammaspektren der Umgebungsstrahlung mit Ge-Li-Detektor) vorgenommen. Die am 5./6.7. an 37 Punkten der Umgebung gemessene Ortsdosisleistung lag zwischen 8,8 µR/h und 10,5 µR/h, auf das Jahr umgerechnet zwischen 77 mrem/Jahr und 92 mrem/Jahr. Seit dem 11. Oktober 1977 registriert in Niedergösgen

eine Ionisationskammer kontinuierlich die Ortsdosisleistung. Die Auswertung ergab für den Monat Dezember für die Stundenmittelwerte: 8,8±1,5 µR/h ≙ 77±13 mrem/Jahr. In den Gammaspektren der Umgebungsstrahlung vom 27./28.9. trat erwartungsgemäss neben den natürlichen Gammastrahlern Beryllium-7, Kalium-40, Radium- und Thoriumfolgeprodukten noch das vom Fallout stammende Caesium-137 auf.

Seit dem 11. Oktober 1977 ist in Niedergösgen ein Staubsammler im Betrieb. Die Analyse der Luftfilter ergibt eine ähnliche Aktivitätszusammensetzung wie die Luftfilter von Freiburg. Auch die übrigen gemäss Probenahmeplan erhobenen und analysierten Proben unterschieden sich nicht signifikant von denjenigen anderer Entnahmestellen.

3.6. Ehemaliges Versuchsatomkraftwerk Lucens (CNL)

1977 wurde aus der ehemaligen CNL eine Totalbetaaktivität (E_β > 0,15 MeV) von 80 µCi an die Broye abgegeben. Wie Stichprobenmessungen zeigten, betrugen im abgabebereiten Wasser die Konzentrationen an Caesium-137 200-400 pCi/Liter, an Strontium-90 20-70 pCi/Liter und an Tritium 200'000-700'000 pCi/Liter. Das Abwasser wird mit 0,7 Liter pro Sekunde abgegeben und in der Broye (Vorfluter) mit einer durchschnittlichen Wasserführung von 6 m^3/sec verdünnt. Die Aktivitätskonzentrationen in der Broye waren auch für Tritium (kleine Radiotoxizität) unbedeutend.

3.7. Reaktor "Crocus", Eidg. Technische Hochschule Lausanne (ETHL)

Parallel-Proben von Wasser aus dem Experimentier-Reaktor "Crocus" der ETHL, entnommen vor der Abgabe, gemessen von der KUER und der ASK, zeigten übereinstimmend eine Tritiumkonzentration von $1,6 \cdot 10^6$ pCi/Liter Reaktorwasser (total einige m^3). Dieses Wasser wird 1-2 mal pro Jahr erneuert. Die Gesamtabgabe von einigen mCi/Jahr ergab nie eine messbare Erhöhung (siehe 4.1.) im Wasser der Abwasserreinigungsanlage Lausanne (kontinuierliche Sammlung).

4. INDUSTRIEN, SPITÄLER

4.1. Abwasserreinigungsanlagen (ARA) Lausanne und Zürich-Werdhölzli (Fig. 7)

Die Radioaktivitätsabgaben aus den Städten Basel, Bern und Genf werden durch die Messungen im Flusswasser unterhalb dieser Städte erfasst. In Lausanne und Zürich werden am Ausfluss der Abwasserreinigungsanlagen kontinuierlich Proben entnommen und untersucht. Bezüglich Alpha- und Tritiumaktivität unterschieden sich die Ergebnisse im Jahresdurchschnitt 1977 nicht von denjenigen der andern untersuchten Oberflächenwässer: In Lausanne 0,6 pCi Alphastrahler/Liter, 300 pCi Tritium/Liter; in Zürich 1,0 pCi Alphastrahler/Liter, 530 pCi Tritium/Liter. Ebenso wich in Lausanne die Total-Beta-Aktivität des Abwassers (E_β > 0,15 MeV), im Jahresmittel 8 pCi/Liter, nicht von derjenigen des Regens ab.

Dagegen enthielt das Abwasser aus der ARA Zürich-Werdhölzli gemäss den wöchentlichen Gammaanalysen im Jahresdurchschnitt 110 pCi Jod-131/Liter, entsprechend einer totalen Jahresabgabe von rund 10 Ci

Jod-131 oder 20 mal so viel, wie die KKW Beznau I und II und Mühleberg sowie das EIR zusammen 1977 an die Aare und an die Luft abgegeben haben. Diese Jod-Abgaben stammen hauptsächlich aus Spitälern (Jod-Therapie).

Die mittlere Konzentration von 110 pCi Jod-131/Liter Wasser in der ARA-Zürich-Werdhölzli führte in der Limmat zu einer solchen von 3 pCi/Liter. Der ständige Gebrauch von unaufbereitetem Limmatwasser als Trinkwasser würde eine hypothetische Schilddrüsenbelastung von ungefähr 5 mrem/Jahr verursachen. Eine erhöhte Jod-Konzentration war auch in Plankton und Schwebestoffen sowie in Wasserpflanzen aus der Aare noch nachweisbar (vgl. 2.3.).

Während 8 Wochen wurden in der ARA-Zürich-Werdhölzli erhöhte Konzentrationen von Jod-131 von mehr als 200 pCi/Liter (bis maximal 550 pCi/Liter) im Wochenmittel gemessen. Der Dauerkonsum von Wasser aus der ARA mit 200 pCi/Liter Jod-131 als Trinkwasser würde eine hypothetische Schilddrüsenbelastung von 300 mrem/Jahr verursachen. Diese Konzentration von 200 pCi/Liter in der ARA führte in der Limmat zu einer solchen von ca. 6 pCi/Liter.

4.2. Tritium in der Gegend von La Chaux-de-Fonds (Fig. 8, 9, Tab. 11)

Die Untersuchungen der Immissionen der Leuchtfarben-Setzereien von La Chaux-de-Fonds wurden weitergeführt.

Die aufwendigen Messungen der Luftfeuchtigkeit im Jahre 1976 bewiesen, dass die Konzentration von Tritium in der Atemluft weit unter dem zulässigen Grenzwert liegt und dass die hohen Tritiumkonzentrationen im Wasser der ARA La Chaux-de-Fonds nicht der Luftfeuchtigkeit zuzuschreiben sind. Eine Weiterführung der Messungen erübrigte sich demnach.

Das Regenwasser rund um La Chaux-de-Fonds zeigte im Jahresdurchschnitt dieselben Tritiumaktivitäten wie die übrigen Stationen der Alpennordseite: Le Crêt du Locle 400 pCi/Liter, Les Hauts-Geneveys und bei der Kläranlage La Chaux-de-Fonds 600 pCi/Liter. Regenproben aus dem Zentrum und vom Nordrand der Stadt wurden 14-täglich bzw. monatlich gemessen und ergaben Werte von 1'000-5'000 pCi/Liter.

Stichproben von Wasser aus dem Doubs oberhalb des Einzugsgebietes La Chaux-de-Fonds enthielten rund 400 pCi Tritium/Liter Wasser. Die wöchentlichen Sammelproben von Doubswasser bei St. Ursanne zeigten demgegenüber im Jahresmittel eine Erhöhung der Tritiumkonzentration um 1'000 pCi/Liter. Bei einer mittleren Wasserführung von 30 m^3 / Sekunde bedeutet dies eine Tritiumabgabe von rund 1'000 Ci aus La Chaux-de-Fonds, wie auch 1976 festgestellt.

Das Abwasser von La Chaux-de-Fonds am Ausfluss der ARA hatte einen mittleren monatlichen Tritiumgehalt zwischen 75'000 und 260'000 pCi/Liter, im Jahresmittel 133'000 pCi/Liter. Der ständige Konsum des ARA-Wassers von La Chaux-de-Fonds als Trinkwasser hätte 1977 zu einer Dosis von 20 mrem pro Jahr geführt.

Aus der Tritiumkonzentration im Wasser der ARA und aus der Wasserführung berechnet sich die jährliche Abgabe zu 900 Ci, in guter

Uebereinstimmung mit der Tritiumfracht im Doubs. Dagegen werden aus den Leuchtfarbensetzereien von La Chaux-de-Fonds gemäss den Angaben der Kontrollinstanz nur 2-3 Ci pro Jahr abgegeben. Die zur Abklärung dieser Diskrepanz gemeinsam mit kantonalen Instanzen erhobenen Stichproben im Kanalisationsnetz ergaben keine eindeutigen Folgerungen, sodass nur kontinuierliche Sammelproben aus dem Kanalisationsnetz zum Erfolg führen können.

Trinkwasserproben aus La Chaux-de-Fonds, Biaufond und La Rasse (am Doubs unterhalb La Chaux-de-Fonds) wiesen wie in andern Landesteilen Tritiumaktivitäten von 380-530 pCi/Liter auf. Es besteht also für die Bevölkerung der Gegend keine radiologische Gefährdung durch Trinkwasser.

4.3. Einzelne Industriebetriebe

Gezielte Tritiumbestimmungen in Stichproben von Abwasser der Radium-Chemie Teufen/AR und der Cerberus AG Männedorf/ZH ergaben Konzentrationen zwischen 10^4 und 10^5 pCi/Liter; am Ausgang der entsprechenden Kläranlagen lagen die Konzentrationen zwischen 10^3 und 10^4 pCi/Liter Wasser. Die Abgabevorschriften waren somit eingehalten. Die Merz & Benteli Nuklear AG Niederwangen/BE gab 1977 1,8 Ci Tritium an das Abwasser ab, rund die Hälfte davon in der Woche vom 12. bis 18. April. Diese Tritium-Abgabe von 0,9 Ci in einer Woche führte in der ARA-Bern-Stuckishaus (Durchflussmenge $8 \cdot 10^5$ m^3 pro Woche) zu einer Erhöhung von rund 1'000 pCi/Liter Wasser, in der Aare von rund 10 pCi/Liter (nicht nachweisbar).

Im Abwasser der Cerberus AG Volketswil/ZH war der Tritiumgehalt gegenüber dem Regenwasser nicht erhöht.

Die Alphaaktivität von je 4 Abwasserstichproben der Cerberus AG Männedorf und Volketswil, welche Americium-241 verarbeiten, betrug zwischen 1 und 11 pCi/Liter. Die zulässige Konzentration dieses Nuklids im Vorfluter des Abwassers liegt bei 300 pCi/Liter, also bedeutend höher als die gemessenen Werte.

5. STRAHLENBELASTUNG DER SCHWEIZER BEVÖLKERUNG

Ein Hauptziel der Radioaktivitätsmessungen ist die Ermittlung der Strahlendosis der Bevölkerung, insbesondere auch von Bevölkerungsgruppen, die einer erhöhten Bestrahlung ausgesetzt sein könnten.

Natürliche Strahlendosis

In der Schweiz wurde 1961 die Dosis im Freien (terrestrischen und kosmischen Ursprungs) gemessen[1]. Sie beträgt je nach geologischem Untergrund und Höhenlage 50-300 mrem/Jahr.

---

1) E. Halm, W. Herbst und A. Mastrocola, Bulletin EGA, 1962

Basierend auf diesen Messungen ergaben neue Rechnungen [1], unter Berücksichtigung der geographischen Verteilung der Bevölkerung, der strahlenabschirmenden Wirkung der Gebäude, aber auch des Dosisbeitrags ihrer Baumaterialien, sowie der Aufenthaltsdauer im Freien bzw. in Gebäuden und der Bestrahlung durch im Körper eingebaute Radionuklide, eine mittlere Ganzkörperdosis von ca. 120 mrem/Jahr, eine Gonadendosis von ca. 105 mrem/Jahr und im roten Knochenmark, das neben den Gonaden strahlenbiologisch das empfindlichste Organ ist, eine solche von ca. 145 mrem/Jahr. Für die natürliche Strahlenbelastung ist die Gonadendosis identisch mit der genetisch signifikanten Dosis [2].

Diese Dosiswerte sind deshalb von Bedeutung, weil sie bei der Beurteilung der somatischen und genetischen Bestrahlung aus zivilisatorischen Quellen als Vergleichsgrössen beigezogen werden können.

Weltweiter radioaktiver Ausfall von Atombombenexplosionen

Der Ausfall der chinesischen Atombombenexplosionen der Jahre 1976 und 77 trug nur ungefähr 0,1 mrem/Jahr zur Dosisbelastung bei. Weiterhin stammten ca. 5 mrem/Jahr von den langlebigen Radionukliden aus den Testexplosionen der Jahre 1961/62, davon je die Hälfte von externer Bestrahlung durch auf den Boden abgelagertes Caesium-137 und interner Bestrahlung durch in den Knochen eingelagertes Strontium-90.

Kernanlagen

Die Strahlenbelastung durch radioaktive Abgaben über das Abwasser aus Kernanlagen (EIR, Beznau I und II, Mühleberg) führte zu hypothetischen Dosen (Hypothese: Verwendung von Flusswasser als Trinkwasser) von durchwegs weniger als 0,1 mrem/Jahr.

Die Immissionen radioaktiver Stoffe über die Abluft der Kernkraftwerke (Beznau I + II, Mühleberg) und die Direktstrahlung aus den Anlagen führten in der bewohnten Umgebung zu kaum messbaren Dosen. Aus den Messungen lassen sich nur noch obere Grenzen angeben. Diese betragen weniger als 3 mrem/Jahr. Dies gilt auch für die hypothetische Schilddrüsenbelastung von Kleinkindern durch Jod-131 über den kritischen Pfad Luft - Gras - Kuh - Milch.

Die Dosen in der Umgebung lassen sich auch aus den Abgabedaten mit Hilfe von Ausbreitungsmodellen herleiten. Es ergeben sich Werte von weniger als 1 mrem/Jahr, verträglich mit den Messungen.

Einzig am kritischen Ort 250 m südlich von Abluftkamin des Reaktors Diorit im EIR ergab sich in der ersten Jahreshälfte eine Ortsdosis von 30 mrem, entsprechend einer Ganzkörperdosis der dort lebenden Bewohner von ca. 5 mrem (Abschirmung durch die Gebäude). Seit der Stillegung des Diorit im Juli 77 sank die Strahlenbelastung der Bevölkerung in der Umgebung des EIR auf vernachlässigbar geringe Werte.

---

1) G.G. Poretti, Schweiz. med. Wschr. 108, 1978, 235

2) Die genetisch signifikante Dosis ist die mit der Kindererwartung gewichtete mittlere Strahlenbelastung der Gonaden und ist somit ein Mass für die Auswirkung von Strahlen auf das Erbgut.

Die weltweit in der Atmosphäre verbreiteten langlebigen Radionuklide Tritium, C-14, Kr-85 und Jod-129 aus der Kernenergie führen gegenwärtig gesamthaft zu einer Ganzkörperdosis unter 0,1 mrem/Jahr; die Hautdosis durch Kr-85 liegt in der Grössenordnung von 0,1 mrem/Jahr.

Industrien und Spitäler

Aus Industriebetrieben und Spitälern werden hauptsächlich Tritium und Jod-131 über die Abwässer abgegeben. Bei der Aufarbeitung von Oberflächenwasser zu Trinkwasser kann nur Tritium nicht eliminiert werden. Die Verwendung von Wasser aus dem Doubs unterhalb La Chaux-de-Fonds, dem Fluss mit dem grössten Tritium-Gehalt in der Schweiz, zu Trinkwasser ergäbe eine Ganzkörperdosis von ungefähr 0,2 mrem/Jahr.

Das Trinkwasser von La Chaux-de-Fonds und von Siedlungen am Doubs unterhalb der Stadt, in dem kein erhöhter Tritiumgehalt festgestellt wurde, stammt nicht aus dem Doubs.

Beruflich strahlenexponierte Personen

Die durch die Kontrollinstanzen überwachten beruflich strahlenexponierten 33'012 Personen in der Schweiz akkumulierten im Jahr 1977 gesamthaft eine Dosis von 2'373 rem (1'381 Personen in Reaktoranlagen 910 rem, 2'463 Personen in der Industrie 352 rem und 29'168 Personen in Medizin und Forschung 1'111 rem). Zur Abschätzung der genetischen Auswirkungen dieser Strahlendosen ist der gemittelte Wert von 0,4 mrem/Jahr pro Kopf der Bevölkerung massgeblich.

Röntgendiagnostische Untersuchungen

Den grössten Beitrag an die zivilisatorisch bedingte Strahlenbelastung liefern röntgendiagnostische Untersuchungen, welche für die Einwohner der Schweiz 1971 zu einer mittleren genetisch signifikanten Dosis von 42-43 mrem/Jahr und einer mittleren jährlichen Knochenmarkdosis von 121 mrem führten [1].

Weitere Quellen

Weitere zivilisatorische Strahlenquellen, wie Uhren mit Leuchtziffern, erhöhte kosmische Strahlung bei der Luftfahrt, Farbfernsehen, Rauchen, geben gemittelt über die Bevölkerung eine ungleichmässig verteilte, schwer abzuschätzende Dosis von 0,1 - 1 mrem.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass abgesehen von den röntgendiagnostischen Untersuchungen, alle künstlichen Strahlenquellen insgesamt die Bevölkerung im Mittel mit weniger als 10 mrem/Jahr belasten. Dieser Wert ist um gut eine Grössenordnung kleiner als die mittlere Strahlendosis aus natürlichen Quellen und liegt weit innerhalb des Bereiches, um den diese in der Schweiz variiert.

---

1) G.G. Poretti, F. Ionesco-Farca, W. Lanz, Schweiz. med. Wschr. 106, 1976, 1682

6. ZUSAMMENFASSUNG

Die KUER überwacht die Radioaktivität der Biosphäre, um die Strahlenbelastung der Bevölkerung durch den Ausfall radioaktiver Spaltprodukte von Atombomben und die Abgabe radioaktiver Stoffe aus Kernanlagen sowie Radionuklide verarbeitenden Industrien und Spitälern festzustellen.

Atombombentests

Von den chinesischen Atombombenexplosionen in Lop Nor vom 17.11.76 (4 Mt) und vom 17.9.77 (20-200 kt) führte die erstere über das ganze Jahr 77 zu einer leichten Erhöhung der Radioaktivität in Luft und Niederschlägen, während sich die letztere nur im Okt./Nov. 77 bemerkbar machte. Die durch diese Bomben bewirkte Dosis von ca. 0,1 mrem/Jahr war klein im Vergleich zu den 5 mrem/Jahr, welche die Testserien der Jahre 1961/62 immer noch vorwiegend durch Sr-90 und Cs-137 verursachen, während andere langlebige Isotope aus diesen Explosionen wie Tritium, C-14, Kr-85 und Jod-129 nur wenig zu dieser Dosis beitragen.

Kernanlagen

Die Umgebungsüberwachung sowie Berechnungen aus den Abgabedaten ergeben für die Dosis am kritischen Ort: Kernkraftwerk Mühleberg: $\leq$ 3 mrem/Jahr; Kernkraftwerk Beznau I + II: $\leq$ 1 mrem/Jahr; Eidg. Institut für Reaktorforschung: 30 mrem/Jahr (davon der grösste Teil vom 1.1.77 bis zur Stillegung des Reaktors Diorit am 8.7.77).

Langlebige Spaltprodukte aus der Kernenergie, wie Tritium, C-14, Kr-85 und Jod-129, die sich weltweit verbreiten und die nur mit speziellen Messmethoden erfasst werden können, tragen zur Ganzkörperdosis der Schweizer Bevölkerung weniger als 0,1 mrem/Jahr bei. Die Betastrahlung von Kr-85 ergibt eine Hautdosis der Grössenordnung 0,1 mrem/Jahr.

Industriebetriebe und Spitäler

Der mittlere Tritiumgehalt im Abwasser der Stadt La Chaux-de-Fonds, verursacht von den Leuchtfarbensetzereien, lag bei 130'000 pCi/Liter. Das Trinkwasser der Stadt und von Siedlungen am Doubs unterhalb La Chaux-de-Fonds zeigte keine erhöhte Tritiumaktivität.

Im Wasser der ARA Zürich-Werdhölzli wurden während 8 Wochen Jod-131-Konzentrationen von mehr als 200 pCi/Liter festgestellt. Selbst die hypothetische Verwendung dieses Wassers als Trinkwasser hätte aber zu keiner Zeit zu einer Gefährdung der Bevölkerung geführt. Die im Jahresdurchschnitt festgestellte mittlere Konzentration von 110 pCi/Liter führte in der Limmat zu einer solchen von 3 pCi/Liter, was bei dauerndem Gebrauch als Trinkwasser eine Schilddrüsenbelastung von ungefähr 5 mrem/Jahr verursacht hätte.

Strahlenbelastung der Bevölkerung

Für die Schweizer Bevölkerung ergibt sich gesamthaft für 1977 folgende mittlere Strahlenbelastung:

Die natürliche Bestrahlung führt zu einer Ganzkörperdosis von rund 120 mrem/Jahr bei Extremwerten von 70 und 320 mrem/Jahr. Nach neuesten Berechnungen liegt dabei die mittlere Dosis im roten Knochenmark bei ca. 140 mrem/Jahr und in den Gonaden bei 105 mrem/Jahr. Für die natürliche Bestrahlung ist die Gonadendosis identisch mit der genetisch signifikanten Dosis.

Röntgendiagnostische Untersuchungen - Stichjahr 1971 - verursachen in der Schweiz eine mittlere Dosis im roten Knochenmark von rund 120 mrem/Jahr und eine genetisch signifikante Dosis von 42-43 mrem pro Jahr.

Alle übrigen künstlichen Strahlenquellen, nämlich Atombombenexplosionen, Kernanlagen, Industrien und Spitäler und die Beiträge von beruflich strahlenexponierte Personen, Leuchtzifferblätter, Luftfahrt, Farbfernsehen, Rauchen, führen zusammen zu einer Dosis von weniger als 10 mrem/Jahr.

Alarmauschuss der KUER (AA)

Die Abteilung für die Sicherheit der Kernanlagen des Eidg. Verkehrs- und Energiewirtschaft-Departementes hat in Zusammenarbeit mit dem AA und den Kernkraftwerk-Standortkantonen ein Konzept für die Notfallplanung zum Schutze der Bevölkerung in der Umgebung von Kernkraftwerken ausgearbeitet. Darauf basierend wurde vom Kanton Solothurn ein Konzept für die bei Reaktorunfällen zu treffenden Massnahmen mit Informationsschrift und Merkblatt für die Bevölkerung herausgegeben.

Am 24.1.78 stürzte der russische Satellit Kosmos 954, der einen kleinen Kernreaktor enthielt, in Kanada ab. Dem Alarmausschuss stellte sich die Aufgabe, eine allfällige Gefährdung der Schweiz abzuschätzen, um ev. entsprechende Schutzmassnahmen zu beantragen. Da nie eine unmittelbare Gefahr bestand, genügte der Einsatz von Teilen des Alarmausschusses. Dank der wirksamen Zusammenarbeit der beteiligten Stellen mit dem Eidg. Departement des Innern konnte die Oeffentlichkeit laufend und fristgerecht orientiert werden.

Zusammensetzung der Kommission:

Prof. Dr. O. Huber, Universität Freiburg, Präsident
Prof. Dr. J. Rossel, Universität Neuenburg, Vizepräsident
Prof. Dr. J.L. Mauron, Nestlé SA, Vevey
PD Dr. G. Poretti, Inselspital, Bern
Dr. G. Simmen, Dir. der Schweiz Meteorologischen Zentralanstalt, Zürich
Prof. Dr. W. Stumm, ETH, Zürich
Prof. Dr. J. Wellauer, Universität Zürich

Freiburg, August 1978

Anhang

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

ARL	Arbeitsgemeinschaft zur Ueberwachung der Radioaktivität der Lebensmittel (Präsident Dr. A. Miserez, Eidg. Gesundheitsamt, Bern)
ASK	Abteilung für die Sicherheit der Kernanlagen, Würenlingen (S. Prêtre, S. Chakraborty, Dr. J. Czarnecki, W. Jeschki)
CBE	Institut für anorganische, analytische und physikalische Chemie, Universität Bern (Prof. Dr. H.R. von Gunten)
EAWAG	Abt. Radioaktivität der Eidg. Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz, Dübendorf (Prof. Dr. W. Stumm, Frau Dr. M. Bezzegh, K. Steiner)
EIR	Eidg. Institut für Reaktorforschung, Würenlingen (Dr. F. Alder, Dr. W. Görlich, Dr. E. Nagel)
EPFL	Institut d'électrochimie et de radiochimie, Eidg. Technische Hochschule, Lausanne (Prof. Dr. P. Lerch, J. Geering)
LFR	Laboratorium Freiburg der Eidg. Kommission zur Ueberwachung der Radioaktivität, Physikalisches Institut der Universität (Prof. Dr. O. Huber, Dr. J. Halter, Dr. B. Michaud, L. Ribordy, H. Völkle)
NESTEC	Société d'assistance technique pour produits Nestlé S.A., La Tour-de-Peilz (Prof. Dr. J.L. Mauron, M. Arnaud)
PBE	Physikalisches Institut der Universität Bern (Prof. Dr. H. Oeschger, Dr. H. Loosli, U. Schotterer, Dr. U. Siegenthaler)
SCCI	Service cantonal de contrôle des irradiations, Genf (Prof. Dr. A. Donath)
SUVA	Sektion Physik der schweizerischen Unfallversicherungsanstalt, Luzern (E. Kaufmann)