Zeitschrift: Bericht der Eidgenössischen Kommission zur Überwachung der Radioaktivität

Herausgeber: Eidgenössische Kommission zur Überwachung der Radioaktivität

Band: 17 (1973)

Rubrik: 17. Bericht der Eidg. Kommission zur Überwachung der Radioaktivität für das Jahr 1973 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: 02.07.2025

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

Sonderdruck aus der Beilage B, Nr. 2/1974 zum «*Bulletin des Eidg. Gesundheitsamtes*» vom 21. September 1974

Tiré à part du supplément B, n° 2/1974 du «*Bulletin du Service fédéral de l'hygiène publique*» du 21 septembre 1974

17. Bericht der Eidg. Kommission zur Überwachung der Radioaktivität für das Jahr 1973 zuhanden des Bundesrates*

Von Prof. Dr. O. Huber, Freiburg, Präsident der Kommission,
Dr. J. Halter und Dr. P. Winiger, Freiburg

1. Übersicht

Dieser Bericht gibt eine Übersicht über die Strahlenbelastung der schweizerischen Bevölkerung und enthält die daraus zu ziehenden Schlussfolgerungen. Er basiert auf Radioaktivitätsmessungen folgender Stellen:

Arbeitsgemeinschaft zur Überwachung der Radioaktivität der Lebensmittel (ARL), (Dr. A. Miserez, Eidg. Gesundheitsamt, Bern).

Eidg. Institut für Reaktorforschung (EIR), Würenlingen, (Dr. F. Alder, Dr. E. Nagel).

Institut d'électrochimie et de radiochimie, EPF Lausanne (Prof. Dr. P. Lerch, J. Geering).

Laboratorium Freiburg der Eidg. Kommission zur Überwachung der Radioaktivität, (Prof. Dr. O. Huber, Dr. J. Halter, L. Ribordy, H. Völkle, Dr. P. Winiger).

Physikalisches Institut der Universität Bern, (Prof. Dr. H. Oeschger, Dr. H. H. Loosli, U. Schotterer, Dr. U. Siegenthaler, R. Stampfli, R. Studer, Dr. W. Wiest).

Radiologie-Laboratorium der Eidg. Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (EAWAG), Dübendorf (Prof. Dr. W. Stumm, Frau Dr. M. Bezzegh).

Sektion Physik der SUVA, Luzern (E. Kaufmann).

Service cantonal de contrôle des irradiations (SCCI), Genève, (Dr. M. Cosandey, J. Berlie).

---

* Texte français, voir page 179.

Die Eidg. Kommission zur Überwachung der Radioaktivität (KUER) hat im Berichtsjahr drei Sitzungen abgehalten. Als besondere Aufgaben (vgl. Jahresbericht 1972, S. 137) im Jahr 1973 verdienen Erwähnung die Mitarbeit bei der Partialrevision der Verordnung über den Strahlenschutz und in Zusammenarbeit mit der Eidg. Kommission für die Sicherheit von Atomanlagen (KSA) die Ausarbeitung des Reglementes für die Überwachung der Umgebung des Kernkraftwerkes Mühleberg der BKW in bezug auf die Abgabe radioaktiver Nuklide an die Umgebung (s. Seite 105). Mitglieder der KUER haben ferner mitgewirkt, die Erhebung 1971 über die Strahlenbelastung der schweizerischen Bevölkerung durch röntgendiagnostische Massnahmen (s. Jahresbericht 1972, S. 157) weiter auszuwerten.

Mit dem Problemkreis der Massnahmen, welche bei einem, wenn auch unwahrscheinlichen, nuklearen Schadenereignis zu treffen sind, befasst sich vor allem der Alarmausschuss der KUER. Er hat eine Aufklärungsschrift «Radioaktive Gefährdung und mögliche Schutzmassnahmen bei einer Atombombenkatastrophe im Frieden» verfasst, in welcher die Alarmorganisation und die vorgesehenen Schutzmassnahmen beschrieben sind und die sich an diejenigen Stellen richtet, denen bei der Aufklärung der Bevölkerung und der Vorbereitung und Ausführung von Schutzmassnahmen eine wichtige Aufgabe zufällt. Die Schrift ist im Oktober 1973 vom Bundesamt für Zivilschutz in Druck gegeben worden. Der Alarmausschuss der KUER hat auch am Zustandekommen eines Aufklärungsfilms «Strahlen», der vom schweizerischen Bund für Zivilschutz in Auftrag gegeben wurde, mitgewirkt. In diesem Film, der anfangs 1974 uraufgeführt wurde, wird (realistisch) dargestellt, wie sich Behörden und Bevölkerung zu verhalten haben, wenn radioaktiver Fallout einer ausserhalb der Schweiz explodierten Atombombe in unserem Land abgesetzt wird und eine Verstrahlung hervorruft.

Erfreulicherweise hat die Radioaktivität in der Biosphäre im Jahr 1973 gegenüber dem Vorjahr wiederum abgenommen; allerdings ist im Jahr 1974 ein leichter Wiederanstieg zu erwarten, da sich die Spaltprodukte der am 27.6.73 in Lop Nor (chinesische Volksrepublik) gezündeten 1- bis 2-Mt-Wasserstoff-Bombe voraussichtlich nach dem Austausch Stratosphäre–Troposphäre im Frühling 1974 auf dem Erdboden absetzen werden. Französische Nuklearbomben im 5- bis 10-kt-Bereich explodierten am 21. 7., 28. 7. und 19. 8. 73 in Mururoa (südlicher Pazifik); auf der Nordhemisphäre wird ihr Einfluss kaum nachweisbar sein.

2. Gefährdung durch ionisierende Strahlung

Die Radioaktivitätsmessungen und die daraus zu ziehenden Folgerungen sind im Hinblick auf die Einwirkung ionisierender Strahlung auf den einzelnen Menschen und die Allgemeinheit zu beurteilen. In diesem Abschnitt sind die dazu notwendigen Grundlagen in sehr vereinfachter Form dargestellt.

Radioaktivität ist die Eigenschaft von Atomkernen, spontan zu zerfallen

und unter Aussendung ionisierender Strahlen in andere Atomkerne überzugehen. Ionisierende Strahlen können Veränderungen an den Strukturen der Zelle verursachen. Dadurch sind für das Individuum Schädigungen möglich. Besonders empfindlich sind blutbildende Organe (Knochenmark, Lymphknoten) und die in ihnen entstehenden Zellen (Leukozyten, Lymphozyten, Plasmazellen), die Gonaden und deren Produkte (Eizellen, Samenzellen) sowie Föten und auch Kleinkinder, ferner auch gewisse Krebszellen.

Strahlenschäden können somatischer oder genetischer Art sein. Somatische Schäden treten beim bestrahlten Individuum auf; nach einer kurzfristigen Bestrahlung können sie sich als Frühschäden äussern, aber auch lang nach dem Abklingen eines akuten Strahlenschadens oder als Folge zeitlich ausgedehnter chronischer Bestrahlung sind nach vielen Jahren Spätschäden (z. B. Leukämie und andere Krebsarten) möglich. Von Bedeutung ist auch die Wirkung ionisierender Strahlen auf die Chromosomen der Keimzellen, die Träger der Erbsubstanz. Es können Mutationen entstehen, die sich nicht am Individuum, dessen Keimzellen bestrahlt werden, auswirken, sondern an seiner Nachkommenschaft, denn an diese wird die mutierte Erbanlage über Generationen weitergegeben. Solche Mutationen gereichen Individuen der Nachkommenschaft oft zum Schaden – zum genetischen Schaden.

Als Mass der Strahlenbelastung biologischer Objekte benützt man die Äquivalentdosis. Diese ist ein Mass für die Schädigung des lebenden Gewebes und ist das Produkt aus der pro Gramm des bestrahlten Organs aufgenommenen Energie, der biologischen Wirksamkeit der verschiedenen Strahlenarten auf den Menschen und anderen modifizierenden Faktoren. Ihre Einheit ist das rem.

Alle durch ionisierende Strahlung verursachten biologischen Effekte treten auch als Folge anderer Ursachen auf (spontane Mutationen, chemische Einflüsse, Temperatureffekte usw.). Eine Aufspaltung der Häufigkeit der natürlich auftretenden Zellmutationen nach Ursachen ist nicht möglich; insbesondere kann der Anteil der natürlichen Strahlenbelastung (vgl. Jahresbericht 1972) nicht bestimmt werden. Es ist ungewiss, ob diese ($\sim$ 100 mrem/Jahr) zu Schädigungen führt oder ob ein Schwellenwert existiert, unterhalb dessen momentan auftretende Zellschädigungen vollständig heilen. Wegen dieser Ungewissheit gilt als oberstes Prinzip des Strahlenschutzes, dass alle unnötigen Bestrahlungen zu vermeiden sind.

Die Festlegung von zulässigen Grenzwerten der Äquivalentdosis wäre einfach, wenn eine Schwelle bekannt wäre, unterhalb welcher keine Schädigungen auftreten. Tatsächlich können bei kurzzeitigen Ganzkörperdosen unterhalb 15 rem keine somatischen Frühschäden festgestellt werden. Für somatische Spätschäden liegen hauptsächlich Beobachtungen an den Überlebenden von Hiroshima und Nagasaki vor; für genetische Effekte ist man wesentlich auf Tierversuche angewiesen. In beiden Fällen kann nicht auf eine Schwelle der Schädigung geschlossen werden.

Unter ständiger sorgfältiger Prüfung der Fachliteratur hat die International Commission on Radiological Protection (ICRP) Empfehlungen für den Strahlenschutz herausgegeben (Tab. 1). Diese ICRP-Werte beziehen sich auf zivilisa-

torische Anwendungen ionisierender Strahlung, wobei diejenigen für medizinische Anwendungen ausgenommen sind.

Bei der Bestimmung dieser Grenzwerte ging die ICRP von der vorsichtigen Annahme aus, dass jede Bestrahlung ein gewisses Risiko für somatische und genetische Effekte enthalte und dass die biologischen Wirkungen auch bei kleinen Äquivalentdosen proportional zur Dosis seien.

Das annehmbare Risiko richtet sich nach den folgenden 3 Kriterien[1].

1. *Vergleich von Nutzen und Strahlenrisiko*

Für jede Anwendungsart ionisierender Strahlen oder radioaktiver und spaltbarer Stoffe sind Nutzen und Risiko gegeneinander abzuwägen, um ein zumutbares Verhältnis von Risiko zu Nutzen abzuschätzen. (Bemerkung der KUER: Diese Forderung ist auch bei der medizinischen Anwendung ionisierender Strahlen zu diagnostischen oder therapeutischen Zwecken zu erheben.)

2. *Vergleich mit anderen Risiken*

Das zivilisatorische Strahlenrisiko der Bevölkerung sollte in einem angemessenen Verhältnis zu den anderen natürlichen und zivilisatorischen Risiken stehen, insbesondere zum spontanen Krebs- und Leukämierisiko. Für beruflich strahlenexponierte Personen kann zum Vergleich mit dem Strahlenrisiko auch das berufliche Risiko (Berufskrankheiten) in anderen Berufen bzw. Industriezweigen herangezogen werden.

3. *Vergleich mit der natürlichen Strahlenexposition*

Die maximal akzeptable, mittlere Strahlenbelastung der Gesamtbevölkerung durch zivilisatorische Strahlenquellen sollte in einem angemessenen Verhältnis zur natürlichen Strahlenexposition und ihrer Schwankungsbreite stehen.

Die von der ICRP empfohlenen Werte tragen diesen Kriterien Rechnung. Speziell ist das annehmbare Risiko so festgelegt, dass es zu keiner statistisch signifikanten Erhöhung der Krebshäufigkeit kommt[1].

Die von der ICRP angegebenen maximal zulässigen Äquivalentdosen gelten als Empfehlungen, an welchen sich die Fachleute für die Aufstellung nationaler Verordnungen orientieren können. Auch die schweizerische Verordnung über den Strahlenschutz (1963; gegenwärtig in Partialrevision) basiert auf den Werten der ICRP. Diese gelten als obere Grenzen; Einzelbestimmungen sind in der schweiz. Verordnung derart abgefasst, dass bei deren Anwendung die resultierenden Äquivalentdosen so klein werden, wie dies mit angemessenem Aufwand möglich ist.

[1] W. Jacobi, «Die Grenzen der Strahlenbelastung», Informationstagung der SVA, Zürich-Oerlikon, 23. März 1973.

So wurden für das Kernkraftwerk Mühleberg (KKM) die Abgabevorschriften und das Programm für die Überwachung der Umgebung gemeinsam von der Kommission zur Sicherheit der Atomanlagen (KSA) und der KUER ausgearbeitet (Reglement für die Überwachung der Umgebung des Kernkraftwerkes Mühleberg der Bernischen Kraftwerke AG in bezug auf die Abgabe radioaktiver Nuklide an die Umgebung vom 12. Juli 1973). Diese Abgabevorschriften sind so gefasst, dass

a) Personen, die ihren vollständigen Wasserbedarf ständig aus dem Aarewasser unterhalb des KKM decken würden, dadurch höchstens eine Jahresdosis von 5 mrem akkumulieren könnten;

b) Individuen, die sich ständig an demjenigen Ort aufhalten, wo die höchste Jahresdosis erwartet wird (kritischer Ort), durch die Abgase direkt und über die Nahrungskette höchstens eine Jahresdosis von 25 mrem akkumulieren könnten.

Ein Vergleich mit Tabelle 1 zeigt, dass diese Vorschriften bedeutend restriktiver sind als die Empfehlungen der ICRP, im Sinne des Prinzips, die Bestrahlung so tief wie möglich zu halten. Der Betrieb eines Kernkraftwerkes richtet sich also nach Vorschriften, durch welche eine Gefährdung der umliegenden Bevölkerung ausgeschlossen ist. Zudem ist die mittlere Dosis in der Umgebung wesentlich kleiner als die oben erwähnte Jahresdosis am kritischen Ort (Messwerte siehe unter 5.1.6.). Zu den strengen Abwasservorschriften ist weiterhin zu bemerken, dass niemand seinen Wasserbedarf aus unaufbereitetem Aarewasser deckt.

Das Amt für Umweltschutz der USA hat eine Studie verfasst[2], in welcher die mittlere Ganzkörperäquivalentdosis der Bevölkerung der USA seit 1960 und, anhand der Entwicklungstendenzen, bis zum Jahr 2000 abgeschätzt wird (Fig. 1). Daraus ist zu ersehen, dass neben der natürlichen Bestrahlung die Anwendung ionisierender Strahlung in der Medizin (Röntgen, Radioisotope) am meisten zur Äquivalentdosis beiträgt. Es folgt der weltweite Ausfall von Bombentestexplosionen, deren auf dem Erdboden abgelagerte Spaltprodukte (hauptsächlich Cs-137, Sr-90) durch die Gammastrahlung und durch den Einbau im Körper über Nahrungsmittel weiterhin wirksam sind. Unter «Verschiedenes» sind die technischen Anwendungen von Radioisotopen (Leuchtzifferblätter, Betalights usw.) und ausserdem die erhöhte Bestrahlung durch kosmische Strahlung beim Flugverkehr in grosser Höhe und durch Röntgenstrahlen beim Farbfernsehen zusammengefasst. Die Summe der Äquivalentdosen, welche die mit ionisierender Strahlung beruflich Beschäftigten erhalten, über die gesamte Bevölkerung gemittelt, ergibt die Kurve «Berufstätige». Die Kurve «Spaltprodukte in der Luft» bedeutet hauptsächlich Tritium und Kr-85, welche in Reaktoren ent-

---

[2] Estimates of Ionizing Radiation Doses in the United States 1960–2000. U. S. Environmental Protection Agency, Office of Radiation Programs, Division of Criteria and Standards, August 1972.

stehen, aber vor allem in den Wiederaufbereitungsanlagen des Kernbrennstoffs entweichen. Sie verteilen sich als Gas (evtl. Wasserdampf) über die Erdhalbkugel und akkumulieren sich in der Atmosphäre infolge ihrer langen Halbwertszeit bis zu einem gewissen Sättigungswert. In der Umgebung dieser Kernindustrieanlagen treten ferner kurzlebige Edelgasisotope (Xe-131^m, Xe-133) auf. Diese Studie (in der Schweiz sind die Verhältnisse nicht wesentlich verschieden) zeigt, dass die weitaus stärkste Erhöhung der «zivilisatorischen» Äquivalentdosis für die Allgemeinbevölkerung von medizinischen Anwendungen herrührt, welche in den ICRP-Empfehlungen ausgenommen sind. Die Strahlenbelastungen durch alle anderen Anwendungen ionisierender Strahlung sind dagegen von untergeordneter Bedeutung, solange die gesetzlichen Vorschriften eingehalten werden. Eine strikte Überwachung dieser Vorschriften ist notwendig.

3. Neu aufgenommene Arbeiten und spezielle Untersuchungen

3.1. *On-line Datenverarbeitung von Gammaspektren*[3]

Im Frühjahr 1973 wurde im Labor Freiburg ein Analysatorsystem Nuclear Data 4420 installiert. Die gewählte Hardware-Konfiguration besteht aus einem ND-812-Computer mit $\sim$ 16 000 Speicherplätzen zu 12 bits, einer Steuereinheit, zwei Analog-Digital-Konvertern, je einem schnellen Lochstreifenleser und -stanzer, einem Magnetbandkassettengerät mit drei Schreib/Lese-Einheiten, einem Oszilloskop, einem x-y-Punktschreiber und einer Teletype.

Das für diese Anlage ausgearbeitete automatische Datenverarbeitungssystem «Anafil» besteht zum Teil aus Standardprogrammen, zum Teil aus Eigenentwicklungen. Es belegt die Hälfte der Speicherplätze; die andere Hälfte bleibt für Spektren reserviert. Im Routinebetrieb genügt nach Justierung der Apparate, Energieeichung und Messzeitvorwahl zur Messung und vollständigen Analyse einer Probe der sukzessive Aufruf von drei Spezialprogrammen, welche mit Codebuchstaben auf der Teletype oder mit Drucktasten auf der Steuereinheit gewählt werden. Die «Rechenzeit» für eine Analyse ist praktisch gegeben durch die benötigte Zeitdauer zum Ausdrucken der Resultate mit der Teletype.

Für NaI-Kristall- oder Ge(Li)-Detektor-Gammaspektren, die mit einem konventionellen Analysator aufgenommen werden, wurde das halbautomatische Auswerteprogramm «Rapigamma» für Tischrechner (z. B. Hewlett-Packard 9820 A) entwickelt. Energiezuordnung und Identifizierung der Linien müssen «von Hand» gemacht werden. Die Messparameter (Messdauer, Datum, analysierte Menge) und die Daten für die Linie werden sukzessive von der Maschine abgefragt. Als Resultat werden die totale und die spezifische Aktivität der Probe an den einzelnen

---

[3] P. Winiger, O. Huber, J. Halter, Proc. of a Seminar on the Monitoring of Radioactive Effluents, OECD, Karlsruhe, Mai 1974, im Druck.

Radionukliden zur Zeit der Messung und zu einer Bezugszeit (z. B. Sammelzeit) ausgedruckt.

3.2. *Installation eines Ge(Li)-Detektors*

In Verbindung mit dem unter 3.1. beschriebenen System wurde ein Ge-Li-Detektor installiert. Bei 1.33 MeV beträgt seine Ansprechwahrscheinlichkeit 9,1% (bezogen auf einen 3×3-Zoll-NaI-Kristall) und die Auflösung 2,1 keV. Der Detektor ist in einer ausgekleideten Bleiabschirmung über dem Kryostaten angebracht. Sechs verschiedene Messgeometrien wurden geeicht und die entsprechenden Eichkurven für die Datenverarbeitung parametrisiert.

Mit diesen Messapparaturen können schwachaktive Umweltproben in den günstigsten Fällen bis zu ~5 pCi pro Radionuklid vollautomatisch quantitativ analysiert werden.

3.3. *Dosisleistungsmessungen mit hochempfindlicher Ionisationskammer*

Seit dem Herbst 1973 verfügt das Labor Freiburg über eine hochempfindliche Argon-Ionisationskammer zur Messung geringer Erhöhungen der externen Gammadosisleistung. Die Kammer wurde in Funktion der Gammaenergie geeicht. Sie wird hauptsächlich in der Umgebung von Kernkraftwerken eingesetzt.

3.4. *Koinzidenzapparatur für Tritiummessungen*

Mit zwei Photomultipliern des Typs RCA-8850 (vgl. Jahresbericht 1970, p. 4) und einer Koinzidenzelektronik wurde eine Messanlage zur Bestimmung von Tritium in Wasser mit Flüssigkeitsszintillator aufgebaut. Fig. 2 zeigt das Blockschema, aus dem die Einzelheiten der Apparatur ersichtlich sind. Als Messbehälter dienen 20-ml-Standard-Fläschchen mit Insta-Gel, einem gebrauchsfertigen Szintillator-Cocktail. Zur Verminderung des Nulleffektes wurden die Detektoren nach allen Seiten mit 5 cm Blei abgeschirmt, was einen Untergrund von 0.7 Imp./s ergibt. Mit dem maximalen Wassergehalt der Probe von 50% und einer Zählausbeute von 14% kann bei einer Messzeit von 50 000 s (½ Tag) eine Tritiumaktivität von 1 pCi/ml mit einer Genauigkeit von 10% nachgewiesen werden. Die Nachweisgrenze (2σ) liegt dann bei 0.15 pCi/ml; die höchstzulässige T-Konzentration im Trinkwasser der Allgemeinbevölkerung beträgt nach SSVO 1000 pCi/ml.

3.5. *Vergleichsmessungen im Rahmen der IAEA*

Im Berichtsjahr nahm die KUER an Vergleichsmessungen von Luftfiltern der Internationalen Atomenergie-Agentur teil.

Zwei Probensätze zu je 10 Filtern wurden zur Verfügung gestellt. Das Labor

Freiburg führte an allen Proben die γ-spektroskopische Untersuchung auf I-131, Cs-137, Ru/Rh-106, Ce-144 und Mn-54 sowie die α-Analyse aus. Die Mittelwerte dieser Messungen wichen vom Mittel der 21 vergleichenden Laboratorien für keines der Isotope um mehr als 8% ab. Die Bestimmung des wichtigen α-Strahlers Pu-239 in drei Filtern durch chemische Separation mittels TTA und α-spektrometrische Messung in der Gitterionisationskammer ergab 280 pCi für den Nominalwert 200 pCi. An der EAWAG wurde Sr-90 in vier Filtern bestimmt, was einen Mittelwert von 4,32 nCi ergab (Nominalwert 4,8 nCi).

4. Messnetz

4.1. *Automatische Luftüberwachungsanlage*

Im Oktober 1973 wurde die Messstelle Jungfraujoch mit einer Luftüberwachungsanlage vom Typ Herfurth H-1346 (wie die Aerologische Station Payerne, s. Jahresbericht 1972) ausgerüstet. Ein vom Labor Freiburg entwickeltes Störmeldesystem überwacht die Anlage und löst bei Pegelüberschreitungen (länger als ½ Minute) oder Betriebsstörungen (Zählerdefekt, Netzunterbruch, Störungen an Pumpe, Vakuum oder Papiervorschub usw.) akustischen Alarm aus, was die Funktionstüchtigkeit der Anlage wesentlich erhöht.

4.2. *Wasserprobensammler*

Von der EAWAG wurde im Versuchsbetrieb ein Gerät eingesetzt, welches einem Wasserlauf in kurzen zeitlichen Abständen kleine Wassermengen entnimmt und sie in ein Gefäss abfüllt, so dass die Sammelprobe aus einer repräsentativen Mischung des Wassers über eine Woche besteht. Solche Apparaturen sollen an Stellen eingesetzt werden, welche für die Überwachung der Radioaktivität im Flusswasser grosse Bedeutung haben. Nachdem sich das Gerät im Probebetrieb bewährt hat, wird ab 1. Januar 1974 eine erste Anlage am Ausfluss der Abwasserreinigungsanlage Werdhölzli, Zürich, in Betrieb genommen.

5. Messergebnisse

5.1. *Luft*

5.1.1. *Gesamt-Beta-Aktivität*

Die spezifische Aktivität der bodennahen Luft ist im Jahresmittel 1973 gegenüber 1972 noch einmal wesentlich zurückgegangen, obschon vom Oktober an Spaltprodukte der chinesischen H-Bombe vom 27. Juni 1973 festgestellt wurden. Der Nachweis konnte nur auf Grund von Gammamessungen (5.1.2.) der Sammelfilter der Frühwarnstationen erfolgen. In diesen Filtern wird die Aktivität, die sich an Aerosole anlagert, zurückgehalten; nicht erfasst werden

Edelgase und Tritium in Gasform oder als Wasserdampf, ferner die kurzlebigen Folgeprodukte der aus der Erdkruste emanierenden Edelgase Rn-220 und Rn-222, die zum natürlichen Untergrund beitragen (s. Jahresbericht 1972).

Die Edelgase verbreiten sich homogener über die Hemisphäre als die Aerosole. Sie werden kaum in den Körper eingebaut und sind deshalb praktisch nur durch die externe Bestrahlung wirksam. Dies bedeutet, dass ihre maximal zulässigen Konzentrationen in der Luft bedeutend höher liegen als diejenigen anderer Radioisotope. Auf lange Sicht ist Kr-85 das limitierende Edelgasisotop unter den Spaltprodukten. Es hat eine Halbwertszeit von 10,7 Jahren und eine maximal zulässige Konzentration in der Luft für die Allgemeinbevölkerung von 100 000 pCi/m³ (Submersion). Gegenwärtig beträgt auf der nördlichen Hemisphäre seine Konzentration (nach amerikanischen Messungen) rund 20 pCi/m³ Luft. Dies führt zu einer zusätzlichen akkumulierten Dosis von 0,03 mrem/Jahr (gegenüber 150 mrem/Jahr vom natürlichen Untergrund, s. Jahresbericht 1972), fällt also nicht ins Gewicht.

Der Anteil von Tritium zur Dosisbelastung des Menschen rührt hauptsächlich vom Einbau tritierten Wassers in den Körper her. Deshalb sind Konzentrationsmessungen dieses Isotops im Regenwasser, eventuell im Trinkwasser, von Bedeutung. Zudem erhalten Träger von Uhren mit T-Leuchtziffern eine kleine zusätzliche Dosis durch herausdiffundierendes Tritium.

Die Aktivitätsmessung der Aerosole in Luftfiltern zeigte für die Stationen Freiburg und Würenlingen die in Tab. 2 zusammengestellten Monatswerte. Ein Vergleich dieser gemessenen Luftaktivität mit der maximal ständig in der Atemluft zulässigen Konzentration von nicht analysierten Spaltprodukten für die Allgemeinbevölkerung (3 pCi/m³ gemäss Empfehlung der ICRP) zeigt, dass vom Standpunkt des Strahlenschutzes aus die Atmosphäre gegenwärtig sauber ist.

Der Frühlingsanstieg, der schon 1972 schwach gewesen war, konnte im Berichtsjahr mit der Betamessung nicht nachgewiesen werden, da die Aktivität des Stratosphärenreservoirs zu klein war und das natürlich gebildete Be-7 mit dieser Methode nicht erfasst wird (Be-7 zerfällt durch Elektroneneinfang mit 10% Gammaemission).

5.1.2. *Gammaaktivität*

Seit Beginn 1973 werden die Luftfilter Freiburg, Locarno, Romanshorn und Saignelégier gammaspektrometrisch untersucht. Über das ganze Jahr waren in den Filtern Be-7- und Cs-137-Linien erkennbar. Die Fissionsprodukte der chinesischen Testexplosion vom 27. 6. konnten erstmals in der Woche vom 20. bis 27. 7. in einer Probe, bestehend aus der Summe der Filter der 6 Sammelstationen, nachgewiesen werden. In den Juli-Monatsproben der einzelnen Sammelstationen war dieser Nachweis jedoch nicht möglich. Eine quantitative Auswertung der Aktivität junger Spaltprodukte in der bodennahen Luft war erst ab Oktober möglich. Die Messergebnisse der Luftfilter der Station Fribourg sind in Tab. 3 aufgeführt. Die Filter der andern Stationen zeigten analoge γ-Aktivitäten. Aus der Tabelle ist zu ersehen, dass die zusätzliche Luftaktivität aus Spaltprodukten während des ganzen Jahres klein war gegenüber der na-

türlichen Be-7-Aktivität. Be-7, das grösstenteils durch kosmische Strahlung in der Stratosphäre gebildet wird, ist ein guter Indikator für den Jahresgang des Austausches Stratosphäre/Troposphäre.

5.1.3. *Alphaaktivität*

Die wöchentlichen Filter der Luftsammelstation Stein AG, deren α-total-Aktivität gemessen wird, zeigten immer Aktivitäten <0.005 pCi/m³. Aus frühern Untersuchungen ist bekannt, dass der grösste Teil davon vom natürlichen Po-210 stammt. Für das limitierende Radionuklid Pu-239 in der Atemluft der Allgemeinbevölkerung beträgt die höchstzulässige Konzentration 0.02 pCi/m³. Aus dem mittleren Cs-137/Pu-239-Verhältnis der Jahre 1970/71 in Ispra[4] und Braunschweig[5] und dem Jahresmittel 1973 der Cs-137-Aktivität in Freiburg ($8{,}6.10^{-4}$ pCi/m³) lässt sich die zu erwartende mittlere Pu-239-Aktivität der bodennahen Luft zu 10^{-5} pCi/m³ abschätzen. Diese Aktivität liegt an der Nachweisgrenze für die Messung mit der Gitterionisationskammer (vgl. Jahresbericht 1972) bei den verwendeten Probenvolumina (2.10^4 m³).

5.1.4. *Argon-37*

Die Ergebnisse der Messungen von Ar-37 (HWZ 35 d) in Troposphärenluft am Physikalischen Institut der Universität Bern sind in Fig. 3 aufgetragen. Zu Beginn des Jahres 1973 zeigten sich noch Reste der starken Ar-37-Aktivität in der Luft vom Herbst 1972, welche vermutlich von der unterirdischen russischen Versuchsexplosion vom 28. 8. 72 in Novaja Semlia stammten. Wenn man annimmt, dass ab November 1972 die Aktivität gleichmässig in der nördlichen Troposphäre verteilt war, kann man abschätzen, dass von dieser Explosion ca. 1,8 MCi Ar-37 in die Atmosphäre gelangten. Die Werte der Ar-37-Aktivität im Sommer waren etwas höher als in früheren Jahren. Der in der Probe vom 27. 9. beginnende starke Anstieg ist vermutlich auf eine unterirdische russische Kernexplosion vom 12. 9. (mehrere Mt) in Novaja Semlia zurückzuführen. Diese und eine weitere unterirdische Explosion vom 27. 10. sind wahrscheinlich die Quellen der bis zum Ende des Jahres ständig hohen Ar-37-Aktivität in der Luft.

5.1.5. *Höhenflugfilter*

Bis im Oktober wurden periodisch Luftproben einige 100 m oberhalb und unterhalb der Tropopause entnommen und einer Gammaanalyse unterworfen. Die Resultate dieser Messungen sind in Tab. 4 enthalten. Am Anfang des Jahres waren in der Luft in 8 bis 14 km Höhe noch mittel- und langlebige Spaltprodukte

---

[4] M. de Bortoli und P. Gaglione: «Environmental Radioactivity at Ispra, Italy», 1970 und 1971 (EUR 4805e und EUR 4944e).

[5] G. Wehner: «Plutoniumgehalt in der bodennahen Luft in Braunschweig», Bericht Nr. Ra 2/71 der Phys.-Techn. Bundesanstalt Braunschweig.

früherer Explosionen nachweisbar. Ihre Analysen sind in der Tabelle auf den 18. 3. 72, das Datum der letzten Atombombenexplosion über der nördlichen Hemisphäre, bezogen. Dabei zeigt sich deutlich, dass die langlebigen Nuklide (>100 d HWZ) grösstenteils von früheren Explosionen stammen. Zur Zeit der Explosion der chinesischen H-Bombe vom 27. 6. 73 waren praktisch nur noch Ce-144, Cs-137 und Be-7 vorhanden.

Da diese Bombe das Kaliber 1 bis 2 Mt aufwies, waren Spaltprodukte hauptsächlich in der untern Stratosphäre zu erwarten. In den Sammelfiltern der daraufhin ausgeführten Höhenflüge zeigten sich junge Spaltprodukte ab 10. 7. Ein Maximum an Aktivität wurde am 17. 7. gesammelt; das Gammaspektrum dieser Probe ist in Fig. 4 aufgetragen. Das Gemisch wies praktisch keine Fraktionierung (Ausnahmen das Edelgas Xe-133 und vom 23. 7. an in geringerem Mass das leichtflüchtige I-131) bezüglich Spaltung von U-238 auf; dies zeigt sich auch im vollständigen Fehlen von heissen Teilchen. Das gemessene Verhältnis Anzahl Kerne von U-237 und Np-239 zu Anzahl Spaltungen (vgl. Jahresbericht 1969) passt ebenfalls gut in das Bild einer Dreiphasenbombe (FFF-Bombe).

In allen Proben war die Be-7-Spitze stark. Auffallend ist, dass im allgemeinen die Be-7-Aktivität in der untern Stratosphäre (~500 m über der Tropopause; ~2 pCi Be-7/kg) um eine Grössenordnung höher ist als in der obern Troposphäre (~500 m unter der Tropopause; ~0,3 pCi Be-7/kg). Am Erdboden beträgt die Be-7-Aktivität ~0,1 pCi/kg. Aus diesen Messungen geht die Bedeutung der Tropopause als Barriere gegen die Vermischung Stratosphäre–Troposphäre hervor. Innerhalb von 1000 m bei der Tropopause ändert sich die Be-7-Konzentration um einen Faktor 7, über 10 000 m von der Tropopause bis zur Erde nur noch um einen Faktor 3.

Einzelne der gemessenen Aktivitäten in der Stratosphäre (HF-7309, 7320 und 7324) entsprechen der theoretischen Entstehungsrate von Be-7 in der Sammelhöhe, alle andern sind kleiner.

Von 11 Höhenflugfiltern wurden mit der Gitterionisationskammer α-Spektren gemessen[6]. Als Beispiel zeigt Fig. 5 das α-Spektrum des Filters HF-7320, das während 2 Tagen gemessen wurde. Man erkennt Linien bei 5.16 MeV (Pu-239/240), bei 5.30 MeV (Po-210, das allerdings beim Glühen der Probe zum grössten Teil verdampft) sowie bei 5.50 MeV (Rn-222 mit Spuren von Am-241 und Pu-238). Der berechnete Mittelwert an Pu-239/240 der 11 Filter beträgt rund 10^{-4} pCi/kg Luft. Das gemittelte Verhältnis Cs-137/Pu-239-Aktivität der gemessenen Filter beträgt 170. Die Erwartungswerte liegen je nach Bombentyp zwischen 50 und 220.

5.1.6. *Dosisleistung in der Umgebung des KKW Mühleberg*

Mit der hochempfindlichen Ionisationskammer (s. 3.3.) wurden Dosisleistungsmessungen in der Umgebung des KKW Mühleberg ausgeführt. In einer

---

[6] H. Völkle, L. Ribordy, J. Halter, O. Huber, P. Winiger, HPA 47, S. 97. 1974.

ersten Messreihe, am 20. 10. 73, wurde die natürliche Untergrunddosis an den Stellen, wo sich die Dosimeter des werkeigenen Überwachungsnetzes befinden, bestimmt. Der Zeitpunkt war für diesen Zweck gut geeignet, da der Reaktor seit dem 13. 8. abgestellt war. Wie aus Tab. 5a ersichtlich ist, lagen die Messwerte an den verschiedenen Stellen im Bereich 8,9 bis 11,5 μR/h, entsprechend 78 bis 101 mR/Jahr.

Am 7. 12. 73 wurde eine zweite Messung in der Umgebung der Anlage vorgenommen, während der Reaktor in Betrieb war. Dabei wurden die in Tab. 5b aufgeführten Dosisleistungen gemessen. An diesem Tag fand während kurzer Zeit ein Ausstoss von Abluft, welche rund 100mal stärker radioaktiv war als im derzeitigen Normalbetrieb – jedoch immer noch schwächer als im Tagesmittel, sogar schwächer als im Jahresmittel erlaubt – aus dem Kamin der Anlage statt. Der Wind wehte aus NNW, folglich war die stärkste Aktivitätskonzentration in Richtung SSE zu erwarten. Tatsächlich traten aber gemäss den Ionisationskammermessungen die höchsten Dosisleistungen östlich der Anlage auf; die Abluftfahne wurde aus topographischen Gründen in Richtung des Tales abgedreht, und die Aktivität variierte zeitlich an einem bestimmten Ort (Messungen 14.18 h und 15.00 h; resp. 15.16 h, 15.18 h, 15.20 h). Die gemessene Dosisleistung erreichte um 14.18 h während höchstens einer Stunde rund das Doppelte des natürlichen Untergrundes, d. h. sie führte zu einer zusätzlichen Ortsdosis von ca. 0.01 mrem.

Auf die in einem Jahr an einer Stelle akkumulierte Dosis haben solche kurzzeitigen schwachen Erhöhungen der Dosisleistung keinen Einfluss, besonders da die kritische Geländezone, wo die Abluftfahne den Erdboden erreicht, sich mit den Windverhältnissen dauernd ändert. Vom 7. bis 31. Dezember war die mit einem Registrierapparat ausgerüstete Ionisationskammer 850 m Ost-Nord-Ost der Anlage im Dauerbetrieb eingesetzt, ohne dass ein vergleichbares Ereignis registriert werden konnte. Nimmt man ein solches pro Monat an, so beträgt die dadurch erzeugte Ortsdosis pro Jahr ca. 0.12 mrem oder 1 Promille der natürlichen Strahlendosis. Da der Kraftwerksbetreiber die Radioaktivität der Abluft und die Windverhältnisse am Kamin kontinuierlich registriert und der Kontrollbehörde darüber regelmässig Bericht erstattet, kann aus diesen Daten sogar die kleine Dosisbelastung in der Umgebung eines KKW genügend genau angegeben werden.

Allerdings sind Messungen im Feld mit hochempfindlichen Geräten zur Kontrolle notwendig.

5.2. *Niederschläge*

5.2.1. *Gesamt-Beta- und Gamma-Aktivität*

Die Monatswerte der Niederschlagsaktivität der 5 Sammelstationen sind in Tab. 6 wiedergegeben; die Jahreswerte der Station La Valsainte seit Beginn der Messungen 1959 in Fig. 6. In der folgenden Tabelle sind zum Vergleich die Niederschlagsaktivitäten der Jahre 1963 (Maximum), 1972 und 1973 der 5 Stationen zusammengestellt:

Gesamt-Beta-Aktivität ($E\beta > 0{,}16$ MeV) im Niederschlag

Station	*Niederschlagsmenge*			*Aktivitäts-konzentration*			*Dem Boden zugeführte Aktivität*		
	mm			*pCi/l*			*mCi/km²*		
	1963	1972	1973	1963	1972	1973	1963	1972	1973
Davos	898,3	821,2	1090,5	490	23	6	440	18,8	6,3
Freiburg	[1]	685,1	709,9	[1]	11	7	[1]	7,5	5,0
Les Hts-Geneveys	673,5[2]	901,7	1028,7	510[2]	17	7	340[2]	15,6	6,7
Locarno	2483,0	1726,6	1443,2	490	16	8	1220	27,0	11,5
La Valsainte	1675,4	1293,3	1555,2	470	16	6	790	21,1	8,8

[1] noch nicht im Betrieb
[2] März–Dezember

Die Aktivität der Niederschläge war 1973 auf einem Tiefststand, wie er seit Beginn der Messungen 1958 noch nie erreicht worden war. Die Aktivität betrug rund die Hälfte jener von 1972. Der Vergleich mit den Werten von 1963 zeigt, dass das Teststoppabkommen sich sehr günstig ausgewirkt hat.

Eine Regenprobe von Freiburg (30 Liter) der Woche vom 20. bis 27. Juli (als in der Luft der Anteil junger Spaltprodukte der chinesischen H-Bombe vom 27. 6. erstmals gut nachweisbar war) wurde eingedampft und gammaspektrometrisch untersucht. Ausser Be-7 und Cs-137 konnten keine Gammastrahler mit Sicherheit nachgewiesen werden. Andeutungen von Ru-103 und Zr-Nb-95 (<0.5 pCi/l) waren jedoch vorhanden.

Wie immer in den letzten Jahren war die durch trockene Staubablagerung in Locarno auf dem Erdboden abgelagerte Aktivität wesentlich kleiner als die durch Niederschlag zugeführte Aktivität (1973: Trocken 0,29 mCi/km², mit Niederschlag 11,5 mCi/km²).

5.2.2. *Tritium*

Der Tritiumgehalt von monatlichen Regenproben wird am Physikalischen Institut der Universität Bern und seit dem Juli 1973 an der EAWAG (Frau Dr. M. Bezzegh, D. Meierhans) bestimmt. Die Messergebnisse sind in Tab. 7 aufgetragen.

Zeitweise treten bei einigen Sammelstationen Erhöhungen im T-Gehalt des Regenwassers auf, welche nach kurzer Zeit wieder verschwinden, wie etwa im Mai auf der Grimsel. Auch an der EAWAG wurden ähnliche Effekte an Wochenproben von Zürich und Dübendorf festgestellt:

Zürich	25. 3.–2. 4. 510±170 pCi/l	2.–8. 4. 5200±340 pCi/l	8.–15. 4. 760±110 pCi/l
Dübendorf	26. 3.–2. 4. 710±190 pCi/l	2.–10. 4. 1880±190 pCi/l	10.–23. 4. 430±90 pCi/l

Wie dieses Beispiel zeigt, kann der T-Gehalt auch zur selben Zeit auf kurze Distanz beträchtlich variieren. Dieser Effekt geht besonders deutlich aus Messungen im Raum Bern hervor, wo in zwei aufeinanderfolgenden Wochen einmal homogene und einmal unterschiedliche Werte gemessen wurden:

	Gaswerk Bern	*Uetligen*	*Brünnen*	*Spiegel*
23. 4.–30. 4.	520 pCi/l	490 pCi/l	490 pCi/l	470 pCi/l
30. 4.– 7. 5.	1080 pCi/l	930 pCi/l	1920 pCi/l	1430 pCi/l

Solche Unterschiede, die von mikrometeorologischen Bedingungen abhängen, sind so lange unerheblich, als die Konzentrationen klein sind gegenüber den Leitwerten der ICRP.

Das gewichtete Jahresmittel des T-Gehaltes im Regenwasser von Bern lag mit 599 pCi/l bedeutend tiefer als 1972 (1540 pCi T/l). Verglichen mit der höchstzulässigen T-Konzentration im Trinkwasser für die Allgemeinbevölkerung (10^6 pCi/l) sind auch die höchsten gemessenen Konzentrationen im Regenwasser sehr klein.

5.3. *Oberflächen- und Grundwasser*

5.3.1. *Zisternenwasser und -schlamm*

Wasser aus einer Zisterne in Saulcy/BE wurde viermal erhoben und zeigte gemäss den Messungen der EAWAG immer Gesamt-Beta-Aktivitäten (Betaenergie >0.16 MeV) an der Grenze der Nachweisbarkeit (<10 pCi/l). Die Schlammproben der gleichen Zisterne (Tab. 8) wiesen seit einigen Jahren stets β-Aktivitäten (Betaenergie >0.16 MeV) von rund 300 pCi/g Trockensubstanz (TS) auf. Die im Berichtsjahr erhobenen Proben vom 28. 3. (1,4 g), 16. 6. (1,9 g) und 16. 8. (1,0 g) wurden zusammengenommen und in Freiburg gammaspektroskopisch untersucht. Die Analyse zeigte nur langlebige Spaltprodukte, nämlich 4±1 pCi Eu-155/g TS, 10±2 pCi Sb-125/g TS und 175±15 pCi Cs-137/g TS. Nimmt man an, dass den Spaltausbeuten entsprechende Fraktionen der reinen β-Strahler Sr-90, Y-90 (je 98 pCi/g TS) und Pm-147 (25 pCi/g TS) in der Probe enthalten sind, so erhält man als Summe 410 pCi/g TS, was mit dem aus der Betamessung gefundenen gewichteten Mittelwert von 350±25 pCi/g übereinstimmt. Die Zisterne ist seit einigen Jahren nicht mehr im Gebrauch und wird dementsprechend nicht mehr gereinigt, nimmt aber weiterhin das anfallende Regen-

wasser auf. Die Messungen zeigen, dass die Aktivität über lange Zeiträume am Zisternenschlamm fixiert bleibt, da die seit 1965 gemessenen Aktivitäten in ihrem zeitlichen Verlauf denjenigen eines Spaltproduktgemisches aus den Jahren 1961/62 entsprechen.

5.3.2. *Grundwasser*

Grundwasserproben aus der Umgebung KKW Beznau–EIR Würenlingen, parallel gemessen am EIR und der EAWAG, Umgebung KKW Mühleberg und ehemalige Centrale Nucléaire Lucens, gemessen an der EAWAG, zeigten durchwegs Gesamt-β-Aktivitätswerte ($E\beta > 0{,}16$ MeV) <5 pCi/l (nach ICRP im Trinkwasser der Allgemeinheit erlaubt 30 pCi/l eines nicht analysierten Gemisches). Eine Analyse aus einer grossen Wassermenge hatte gezeigt (Jahresbericht 1970), dass die Aktivität des natürlichen K-40 im Grundwasser von Würenlingen bei rund 2 pCi/l liegt.

5.3.3. *Oberflächenwasser*

Das Aarewasser in der Umgebung des EIR und des KKW Beznau wird vom EIR mit kontinuierlichen Sammlern entnommen und auf totale Betaaktivität untersucht. Als mittlere Gesamt-Beta-Aktivitäten ($E\beta > 0{,}16$ MeV) ergaben sich für das Jahr 1973 folgende Werte (in pCi/l):

Oberhalb EIR	*zwischen EIR und KKW Beznau*	*Kraftwerk Klingnau*
$3{,}9 \pm 0{,}6$	$3{,}6 \pm 0{,}6$	$3{,}2 \pm 0{,}6$

Der Einfluss des EIR und des KKW Beznau auf die Aktivität des Aarewassers lag also im Jahresdurchschnitt unter der Messbarkeitsgrenze.

Vom KKW Mühleberg werden wöchentlich mit kontinuierlichen Sammlern Proben von Aarewasser ober- und unterhalb der Anlage auf totale β-Aktivität untersucht. Die Nachweisgrenze von 10 pCi/l Wasser wurde unterhalb des KKW in vier Wochenproben mit resp. 28 pCi/l, 25 pCi/l, 13 pCi/l und 11 pCi/l, oberhalb der Anlage in zwei Wochenproben mit resp. 20 pCi/l und 11 pCi/l überschritten. Für ein nicht analysiertes Gemisch liegt die höchstzulässige Konzentration nach den Abgabevorschriften bei 50 pCi/l Flusswasser.

Von der KUER wurde stichprobenweise unterhalb von Reaktoranlagen dem Vorfluter Wasser entnommen und dessen Aktivität gemessen. Die Messergebnisse sind in Tab. 9 zusammengestellt. Die Totalaktivität der Probe vom 22. 10. war so gross, dass eine Gammaanalyse durchgeführt wurde. Diese führte zur Feststellung, dass die Aktivitätserhöhung vom EIR stammte, wie u. a. das Verhältnis der Aktivitäten von Cs-137/Cs-134 im Abwasser des EIR vom gleichen Tag (vgl. Tab. 13) zeigt. Aus den gemessenen Werten im Oberwasserkanal und den mitgeteilten Abgabedaten des EIR geht hervor, dass beim Entnahmeort

das Abwasser des EIR noch nicht vollständig mit dem Flusswasser vermischt war.

Einige andere Flusswasserproben (Tab. 9) wurden γ-spektrometrisch untersucht, um festzustellen, wo bei unserer Probenahme (5 Liter) die Nachweisgrenze für einzelne Isotope liegt. Bei Cs-137 und Co-60 kann 1 pCi/l noch gut gemessen werden. Die vom EIR (Rhein oberhalb der Aaremündung) und der EAWAG (gemäss Probenerhebungsplan Jahresbericht 1972) erhobenen und untersuchten Proben aus anderen Oberflächengewässern zeigten ebensowenig wie die von der ARL (monatliche Proben aus dem Rheintaler Binnenkanal bei Oberriet, dem Rhein bei Fussach und der Bregenzer Ach, gemessen am kantonalen Laboratorium St. Gallen; 30 Proben von Zürichsee- und Limmatwasser sowie Quell- und Grundwasser aus der Umgebung von Zürich, gemessen am städtischen Laboratorium Zürich; Wasser aus dem Vierwaldstättersee, gemessen am Eidg. Gesundheitsamt) untersuchten erhöhte β-total-Aktivitäten.

Die ein- bis zweimal monatlich erhobenen und an der EAWAG auf α-Aktivität untersuchten Proben von Rheinwasser bei Stein am Rhein und Kembs ergaben im Jahresmittel an beiden Stellen eine α-total-Aktivität von 0,9 pCi/l. Diese Aktivitäten rühren vom natürlichen Untergrund her (hauptsächlich Po-210, dessen Aufnahme aus Luft und Lebensmitteln zu einer mittleren Gesamtkörperdosis von 3 mrem/Jahr führt (vgl. Jahresbericht 1972). Die α-Messungen zeigen, dass die im Einzugsgebiet der Aare liegenden Reaktoranlagen zu keiner Erhöhung der α-Konzentration im Rheinwasser geführt haben. Eine Messung von Einzelproben vom 18. 6. in Freiburg zeigte für Stein am Rhein $1{,}5 \pm 0{,}2$ pCi/l, für Kembs $0{,}7 \pm 0{,}1$ pCi/l.

An Tritium, auf welches diese Proben ebenfalls an der EAWAG untersucht werden, enthielt das Rheinwasser bei Kembs zwischen 500 und 1000 pCi/l und bei Stein am Rhein zwischen 600 und 800 pCi/l, was ungefähr dem Tritiumgehalt des Regenwassers (s. vorn) entspricht.

5.3.4. *Plankton und Schwebestoffe, Wasserpflanzen, Fische*

Die an der EAWAG gemessenen β-total-Aktivitäten von Plankton mit Schwebestoffen, Wasserpflanzen und Fischen (Tab. 10, Fig. 7) wiesen wie in den letzten Jahren kleine Werte auf. Eine Erhöhung zeigte sich lediglich bei einigen Proben von Plankton und Schwebestoffen aus dem Stausee Klingnau.

Von einigen Plankton- und Schwebestoffproben wurden in Freiburg Gammaspektren aufgenommen. Im wesentlichen konnte K-40 mit einer Konzentration zwischen 20 und 40 pCi/g TS nachgewiesen werden, was bedeutet, dass auch in Plankton und Schwebestoffen dieses natürliche Radioisotop den grössten Beitrag zur totalen Aktivität liefert. Ein wesentlicher Anteil an Cs-137 war mit 27 ± 3 pCi/g TS in der Probe aus dem Stausee Klingnau vom 20. 7. festzustellen, während diejenige vom 13. 7. (2 g Material) ausser K-40 (38 ± 9 pCi/g) keine weiteren Gammastrahler aufwies. Die in der EAWAG (87 ± 7 pCi β/g TS) und am EIR (100 ± 20 pCi β/g TS) in dieser Probe gefundene erhöhte Aktivität muss also auf reine β-Strahler oder kurzlebige Nuklide (Messung in Freiburg im Februar 1974) zurückzuführen sein.

5.4. *Abwasser*

5.4.1. *KKW Beznau*

Im KKW Beznau wurden Wasserproben der Kläranlage entnommen, aus welcher es an den Oberwasserkanal des hydroelektrischen Kraftwerkes abgegeben wird. In diesem Wasser wurden in Freiburg die in Tab. 11 angegebenen Aktivitäten einzelner Radioisotope bestimmt. Die gemessenen Aktivitätskonzentrationen lagen immer weit unterhalb der höchstzulässigen Werte. Von der Probe vom 22. 10. wurden die löslichen und die unlöslichen Anteile getrennt gemessen. Dabei zeigte sich, dass sich Ce praktisch vollständig ungelöst, Cs vollständig gelöst im Abwasser befinden, während Mn und Co in beiden Fraktionen vorkommen.

5.4.2. *KKW Mühleberg*

Eine am 7. 12. 73 im KKW Mühleberg erhobene Probe von abgabebereitem Abwasser zeigte nach den Messungen von Freiburg die in Tab. 12 aufgeführte Zusammensetzung radioaktiver Nuklide. Die Parallelanalyse im KKW Mühleberg ergab für die stärksten γ-Strahler gut damit übereinstimmende Aktivitätskonzentrationen. Gemäss den Vorschriften beträgt die maximal zulässige Abgaberate eines nicht analysierten Gemisches von Spaltprodukten mit dem Abwasser an die Aare für das KKW Mühleberg im Jahresmittel 50 000 pCi/s. Da die Abgabe mit 3 l/s erfolgt, durfte das gemessene Wasser abgelassen werden. Die Analyse bestätigt, dass die zulässigen Konzentrationen bei weitem nicht erreicht waren.

5.4.3. *EIR Würenlingen*

Die Analysenresultate des Abwassers des EIR Würenlingen sind in Tab. 13 zusammengestellt. Zur Zeit der Probenahme am 27. 12. war der Abfluss der Kontrollkammer zum Vorfluter geschlossen. Mit den üblichen Abgaberaten von ca. 5 l/s durfte das Abwasser in allen Fällen abgelassen werden.

5.4.4. *Ehemalige Centrale Nucléaire Lucens*

In der CNL werden von der KUER Abwasserproben erhoben, wenn der Sammeltank 3, in welchem alle Abwässer der Anlage zur Abgabe an die Broye gesammelt werden, zur Entleerung bereit ist. Die Analysen dieser Proben sind in Tab. 14 aufgeführt. Das Abwasser wird mit 0,7 l/s abgegeben. Die Wasserführung der Broye von einigen m^3/s bewirkt eine mehr als tausendfache Verdünnung im Broyewasser gegenüber dem Abwasser. Dies ergibt eine Erhöhung der Aktivität des Broyewassers von der Grössenordnung 1 pCi/l. Es zeigt sich hier erneut besonders deutlich, dass die Abgabevorschriften an der Quelle viel besser kontrolliert werden können als im Vorfluter.

5.4.5. *Radioisotope verarbeitende Industrien*

Nach der Verordnung über den Strahlenschutz (Art. 3, Art. 5, Art. 11, Art. 107) wird im Bewilligungsverfahren für Betriebe, welche radioaktive Stoffe

verarbeiten, die höchstzulässige Abgabe radioaktiver Stoffe an das Abwasser geregelt und von der SUVA kontrolliert (Art. 21). Aufgabe der KUER ist u. a. die Kontrolle der Gewässer auf Radioaktivität; das Messnetz ist so angelegt, dass Stichproben gezielt diejenigen Oberflächengewässer erfassen, in welchen Immissionen von den Betrieben mit dem grössten Verbrauch an radioaktiven Stoffen auftreten könnten. Dies betrifft auch die Leuchtfarbenherstellungs- und -verarbeitungsindustrie, welche sich seit einigen Jahren von den stark radiotoxischen Isotopen Ra-226 und Sr-90 auf das bedeutend weniger toxische Tritium umgestellt hat. Dementsprechend überwacht die KUER jetzt diese Abwässer auch auf Tritium (reiner Betastrahler mit oberer Energiegrenze 18 keV), welches mit den üblichen Methoden der Totalbetaaktivitätsmessung ($E\beta > 160$ keV) nicht erfasst wird. Ebenso wird das Abwasser der Cerberus AG, welche Am-241 verarbeitet, nun auf Alphaaktivität untersucht.

Die Ergebnisse der Messungen für Totalbeta- und Tritiumaktivität an der EAWAG sind in Tab. 15 aufgeführt. Die höchstzulässige Konzentration an T im Abwasser, 3.10^7 pCi/l, wurde bei keiner der Proben erreicht.

Der T-Gehalt im Bach mit dem Abwasser der Leuchtfarbenfabrik Teufen (ca. 300 m unterhalb der Einmündung des Abwassers) war jedoch so hoch, dass eine nähere Untersuchung angezeigt war. Diverse Stichproben in Teufen (Schnee, Wasser aus Brunnen und Bächen, Trinkwasser usw.) zeigten, dass Proben aus der Umgebung der Firma T-Konzentrationen aufwiesen, welche gegenüber analogen Proben aus anderen Gebieten um eine bis drei Zehnerpotenzen höher lagen. Der Schnee in der Nähe der ehemaligen Abfalldeponie zeigte 3,5 10^5 pCi T/kg, an anderen Stellen der Umgebung zwischen 1600 und 40 000 pCi/kg, Wasser aus Bächen der Umgebung zwischen 1000 und 30 000 pCi T/l; das Wasser aus der Trinkwasserversorgung der Gemeinde, 1000 bis 2000 pCi/l, hatte einen gegenüber dem Regenwasser leicht erhöhten T-Gehalt, der jedoch ungefährlich war. Die höchsten Tritiumkonzentrationen wies das Wasser eines der Firma nahe liegenden Brunnens auf; mit rund 10^6 pCi T/l lag seine Aktivitätskonzentration bei ⅓ der höchstzulässigen Konzentration im Trinkwasser für Einzelpersonen der Allgemeinbevölkerung bei ständigem Gebrauch. Der Brunnen (nur ca. 10 ml/s) wurde für den Trinkwasserkonsum gesperrt. Vom April 1973 an wurde eine systematische Untersuchung zur Abklärung der Ursache der Kontamination in Zusammenarbeit der EAWAG, der SUVA und der Firma Radium-Chemie Teufen vorgenommen. Die Ergebnisse der T-Messungen im Wasser dieses Brunnens sind in Fig. 8 aufgetragen. Die Untersuchungen erstreckten sich auch auf Proben aus der Kanalisation der Fabrik, von Regenwasser und von Porenwasser aus dem Erdboden in der Nähe der früheren Abfalldeponie. Die Untersuchungen sind in einem internen Bericht der EAWAG zusammengefasst und zeigen, dass zurzeit vom Standpunkt des Strahlenschutzes aus keine dringenden Massnahmen vorzukehren sind, dass die Abklärung jedoch notwendig war, um einer eventuell eintretenden unzulässigen Situation vorzubeugen.

Eine Erhebung, welche die SUVA bei der Firma Merz und Benteli, Bern durchgeführt hat, ergab, dass das Abwasser dieser Firma deren Gelände mit einer Maximalkonzentration von 10^5 pCi T/l und ca 0,2 pCi α/l (nach Verordnung

über den Strahlenschutz erlaubt für nicht analysiertes Gemisch von α-Strahlern 100 pCi/l) verlässt. Die Messung der totalen α-Aktivität des Abwassers der Cerberus AG, Männedorf, im Laboratorium Freiburg, ergab folgende Werte:

α-Aktivität Abwasser Cerberus

Entnahmedatum	*α-total (pCi/l)*
5. 3.	2,1 ± 0,4
13. 6.	0,8 ± 0,2
7. 8.	0,8 ± 0,2
23. 11.	0,5 ± 0,2

Diese Aktivitäten waren zu schwach für eine spektroskopische α-Analyse. Die gemessenen Werte lassen sich mit der α-Aktivität im Rheinwasser (5.3.3.) vergleichen, d. h. eine Abgabe durch den Betrieb war nicht nachweisbar.

5.5. *Erdboden, Futter, Milch*

5.5.1. *Umgebung von Kernreaktoren*

In der Nähe der Reaktoranlagen werden Erd-, Gras- und Milchproben erhoben und in Freiburg auf Gammastrahler untersucht. Es handelt sich dabei um Mischproben; bei erhöhter Aktivität wären Einzelproben getrennt zu messen. Die Messergebnisse (Tab. 16) zeigen gegenüber denjenigen der Proben von Arenenberg und Grangeneuve keinen systematischen Unterschied.

Am kantonalen Laboratorium Baselstadt wurde die Oxalatfraktion (Sr-89 + Sr-90 + Y-90) der Milch aus der Gegend Würenlingen–Beznau zu 14 ± 8 pCi/l für die Probe vom 4. 1., zu 14 ± 4 pCi/l für die Probe vom 6. 6. und zu 11 ± 4 pCi/l für die Probe vom 19. 12. bestimmt.

5.5.2. *Arenenberg – Grangeneuve – Stillberg/Davos*

Die Aktivitäten der Proben von Arenenberg (Tab. 17) und Grangeneuve (Tab. 18, Fig. 9 und 10) liegen im Rahmen früherer Jahre, nur bei der Milch ist eine deutliche Abnahme der Cs-137-Aktivität festzustellen, welche jetzt an der Messgrenze liegt. In Stillberg/Davos (Tab. 19, Fig. 11 und 12) ging die Cs-137-Aktivität in Gras und Milch weiter zurück; im Gras ist sie um einen Faktor ~4, in der Milch um eine Grössenordnung höher als in den entsprechenden Proben des Unterlandes. Die Sr-90-Aktivität ist in den Gras- und Milchproben seit einigen Jahren stationär geblieben; dies rührt daher, dass praktisch die ganze Aufnahme dieses Isotops in die Pflanzen jetzt aus dem Boden erfolgt.

Zur Abschätzung, welche externe Dosisleistung die auf dem Erdboden niedergesetzten und in den Boden eingedrungenen Spaltprodukte im menschlichen Körper hervorrufen, sind in Tab. 20 die aus den Erdproben berechneten

«Flächenbelegungen» an Cs-137 zusammengestellt. Die übrigen Gammastrahler aus dem starken Ausfall der Jahre 1961 bis 1963 sind im jetzigen Zeitpunkt neben Cs-137 zu vernachlässigen. Bei Annahme einer exponentiellen Abnahme der Aktivität mit der Tiefe (e-tel Tiefe 3 cm) ergibt 1 mCi Cs-137/km² in 80 cm über dem Boden nach Berechnungen rund 0,02 mrem/Jahr. Die Messungen zeigen, dass jetzt die Eindringtiefe grösser ist, dass also bei rund 100 mCi/km² (Werte von Grangeneuve) 2 mrem/Jahr eine obere Grenze für die externe Dosisleistung durch Cs-137 im Mittelland darstellt. In Stillberg/Davos liegt diese Grenze bei 5 mrem/Jahr.

Am SCCI wurden Erdproben nach Korngrössen aufgespalten und die Fraktionen auf Cs-137 untersucht. In 0 bis 5 cm Tiefe ist die Cs-137-Aktivität in Arenenberg und in Grangeneuve ungefähr zur Hälfte an Partikel >20μm ⌀ angelagert, in Stillberg entfallen 99% der Cs-137-Aktivität auf solche Partikel, während das Massenverhältnis der grösseren zu den kleineren Partikeln in Arenenberg und Grangeneuve rund 3:1, in Stillberg/Davos 5:1 beträgt. Es ist auffallend, dass in Stillberg die Aktivität viel stärker an die grossen Partikel gebunden ist als an den beiden andern Stationen.

5.5.3. *Ostschweiz (Rossberg-Kemptthal)*

Nach einem kurzen Unterbruch der Probenahme (November 72 bis Februar 73), hat im März 1973 in der gleichen Gegend das Versuchsgut Rossberg-Kemptthal der ETHZ* die Lieferung von Futter- und Milchproben übernommen. Wie Tab. 21 und Fig. 13 zeigen, hat die Cs-137-Aktivität des Grases mit dem Beginn der Frischfütterung deutlich abgenommen, während die Sr-90-Aktivität sich nicht wesentlich von derjenigen der letzten Jahre unterscheidet. Wie an den andern Sammelstellen liegt die Cs-137-Aktivität der Milch gegenwärtig nahe der Nachweisbarkeitsgrenze.

5.5.4. *Messungen der ARL*

Frischmilch aus den Berner Molkereien des Flachlandes und von Mürren sowie Trockenmilch aus dem Kanton Waadt wurden am EGA auf Oxalate und Sr-90 analysiert. Die Sr-90-Messungen sind in Übereinstimmung mit den von der EAWAG ausgeführten; speziell zeigt sich auch hier ein bedeutend höherer Sr-90-Gehalt im Berggebiet (Mürren) gegenüber dem Unterland. Die Ergebnisse des Jahres 1973 sind in Tab. 22 und die Sr-90-Resultate seit Beginn der Messungen in den Fig. 14 und 15 aufgetragen. Der Erwartungswert des Aktivitätsverhältnisses Sr-90/Oxalate in der Milch beträgt mit den angewendeten Analysen- und Messmethoden 0,7 (vgl. Jahresbericht 1972), falls kein Sr-89 vorhanden ist; bei den gegenwärtigen schwachen Aktivitäten wird der gemessene Wert allerdings stark schwanken. Milchmessungen an den kantonalen Laboratorien Basel und Chur (Tab. 23) bestätigen die an den andern Stellen ermittelten Messresultate.

---

* Wir danken Prof. J. Vallat ETHZ und ing. agr. A. Sachs für die Mitarbeit bei diesen Untersuchungen.

5.5.5. *Messungen am SCCI*

Am SCCI wird monatlich die Cs-137-Aktivität von Milchproben mit einem 8-Zoll-NaI-Kristall bestimmt. Die Messwerte stimmten mit den an den anderen Messstellen gefundenen überein.

5.5.6. *Schilddrüsen von Kühen aus dem Kanton Freiburg*

Zum Nachweis des Iod-131 der chinesischen Testexplosion vom 27. Juni 1973 wurden vom 17. Juli bis zum 16. Oktober wöchentlich zwei Schilddrüsen von Kühen aus dem Kanton Freiburg mit dem Natrium-Iodid-Kristall gammaspektroskopisch untersucht*. Iod wird in den Schilddrüsen stark angereichert, was zur Folge hat, dass die Aktivität/g Schilddrüse rund 3- bis 10mal höher ist als diejenige pro l Milch desselben Tieres. Die Nachweisgrenzen liegen für Frischmilch bei 15 pCi/l und für Schilddrüsen bei 0,1 pCi/g Frischgewicht. Bei der Messung von I-131 in Schilddrüsen kann deshalb noch auf so geringe Werte wie 0,01 pCi I-131/l Milch geschlossen werden. In Fig. 16 sind die Mittelwerte der Iod-Aktivitäten der wöchentlich gemessenen Schilddrüsen aufgezeichnet. Der höchste Einzelwert betrug 8 pCi I-131/g Schilddrüse (31. 7. 1973), was einer Konzentration von etwa 0,8 bis 2,5 pCi/l Milch entspricht. Diese Werte lassen sich vergleichen mit jenen, die im Juni 1966 gemessen wurden und Werte von 20 pCi/g Schilddrüse zeigten (vgl. Bericht Nr. 10, S. 9 und 20). Die Iod-Aktivität der Schilddrüsen erreichte etwa 4 Wochen nach der Explosion ihr Maximum und klang nachher annähernd mit der effektiven HWZ von I-131 (T_{eff} = 7,6 d) in der Schilddrüse ab, wie anhand der eingezeichneten Geraden ersichtlich ist. Das gleiche Verhalten wurde 1966 auch vom SCPRI (Service Central de Protection contre les Rayonnements Ionisants, Frankreich)[7] festgestellt.

5.6. *Trinkwasser, Getreide, Brot und andere Lebensmittel (ARL)*

Die Total-Beta-Aktivität ($E\beta > 0{,}16$ MeV) aller Trinkwasserproben (5 Proben der Wasserversorgung Basel, untersucht am Kantonalen Laboratorium Basel, 51 Proben der Wasserversorgungen der Städte St. Gallen, Rorschach, Lindau und Bregenz, untersucht am Kantonalen Laboratorium St. Gallen) lag an der Grenze der Messbarkeit, also weit unterhalb der höchstzulässigen Konzentration.

Am Eidg. Gesundheitsamt wurden Oxalat- und Sr-90-Aktivität in Weizen und seinen Mahlprodukten der Ernte 1972 bestimmt (Tab. 24). Die Jahresmittelwerte seit 1962 sind in Fig. 17 aufgetragen. Der Mittelwert des Sr-90 im Weizen von sechs Herkunftsstellen hat gegenüber der Ernte 1971 merklich abgenommen; diese Abnahme rührt fast ausschliesslich von einer Abnahme in der Kleie (28% des Weizenkorns) her, in welcher auch das Ca stark abgenommen hat, während Weissmehl (43% des Korns) und Backmehl (29% des Korns) praktisch keine Änderung zeigen. Auffallend ist der geringe Sr-90-Gehalt im ausländischen Weizen gegenüber dem schweizerischen.

---

* Wir danken M. Messer, med. vet., vom Schlachthaus Freiburg für sein Entgegenkommen bei den Probenahmen.

[7] SCPRI-Bulletin Nr. 115, S. 367, 1967.

Weizenproben aus einem Umkreis von 20 km um die KKW Mühleberg und Beznau wurden gammaspektroskopisch untersucht. Die relativen Unterschiede unter den 13 gemessenen Proben sind unbedeutend. Cs-137 variiert zwischen 10 und 15 pCi/kg, der Ce-144-Gehalt liegt um 50 pCi/kg. An natürlichem K-40 weisen die Proben 2300 bis 3400 pCi/kg auf, was in Verbindung mit den in Tab. 24 angegebenen β-total-Aktivitäten zeigt, dass der grösste Teil der Aktivität im Weizen von K-40 stammt.

Die gemessenen Aktivitäten von Lebensmittelproben sind in Tab. 25 zusammengestellt. Am Städtischen Laboratorium Zürich wurde an 10 Proben von verschiedenen Brotarten die totale β-Aktivität bestimmt. Die Messwerte sind vergleichbar mit den im Mehl festgestellten. Verschiedene Obst-, Gemüse- und Fischproben wurden am Städtischen Laboratorium Zürich, dem Kantonalen Laboratorium Basel und dem EGA untersucht. Die Aktivitäten sind durchwegs unbedeutend.

5.7. *Menschlicher Körper*

5.7.1. *Sr-90 in Knochen und Milchzähnen*

Am Institut für Elektrochemie und Radiochemie der ETHL wurden 24 Knochenproben Erwachsener aus Basel auf Sr-90 untersucht (Tab. 26). Die Trennung nach Altersklassen zeigt, dass der Sr-90-Gehalt bei den unter 30-jährigen signifikant höher ist als bei den älteren Personen. Der Gesamtmittelwert von Sr-90 in Knochen von Basel hat sich seit 1968 nur wenig verändert, wie aus der Zusammenstellung in Tab. 27 hervorgeht. Auch im Maximum, 1967, lag der normalisierte Sr-90-Gehalt in Knochen in der Schweiz mit 2 bis 3 Strontiumeinheiten (1 Strontiumeinheit = 1 SU = 1 pCi Sr-90/g Ca) weit unterhalb des Wertes von 70 SU, der zu 170 mrem/Jahr in den blutbildenden Organen führt.

Während in den Knochen die Sr-90-Aufnahme aus früheren Jahren wegen des langsamen Abbaus einen bedeutenden Einfluss hat, sind, wie im Jahresbericht 1971 ausgeführt wurde, Milchzähne (Bildungsperiode pränatal und postnatal ca. 6 bis 12 Monate) ein geeigneter Indikator für die Sr-90-Aufnahme mit der Nahrung zur Zeit der Geburt. So ist es möglich, anhand jetzt gesammelter Milchzähne ein Bild über den Verlauf der Sr-90-Aktivität in der Nahrung früherer Jahre zu gewinnen. Deshalb wurde 1973 die Untersuchung von Sr-90 in Milchzähnen intensiviert, und es wurden 131 Proben von Zähnen aus Lausanne und Zürich untersucht. Die Ergebnisse sind in Tab. 28 und Fig. 18 aufgetragen. Ein Vergleich mit den Fig. 14 und 15 zeigt die qualitative Übereinstimmung zwischen dem Sr-90-Gehalt in der Milch und demjenigen in den Milchzähnen. Eine solche Übereinstimmung ist zumindest für die postnatale Periode der Zahnbildung zu erwarten. Für die Milch und die Zähne liegt das Maximum an Sr-90 in der zweiten Hälfte 1963 und der ersten Hälfte 1964, während es in den Knochen erst 1966/67 erreicht wurde, wofür neben der Speicherung in den Knochen auch die weniger homogene Zusammensetzung der Nahrung von Erwachsenen (teilweise aus früheren Ernten) eine Rolle spielt.

Die Sr-90-Messungen der Milchzähne von Zürich und Lausanne zeigen keine signifikanten Unterschiede; es ist vorgesehen, die Untersuchung der Milchzähne auf das Tessin auszudehnen, wo im allgemeinen in den Knochen höhere Sr-90-Werte auftraten als in der übrigen Schweiz.

5.7.2. *Cs-137 im menschlichen Körper*

Am SCCI Genf wurde mit dem Ganzkörperzähler der Cs-137-Gehalt im Körper von Jugendlichen von 16 bis 20 Jahren gemessen. Die Messung erstreckte sich auf 14 Frauen und 26 Männer. Die Messresultate zeigen eine grosse Streuung. Die Extremwerte liegen für die Cs-137-Aktivität im Körper für die Frauen bei 0,4 und 1,5 nCi Cs-137, für die Männer bei 0,4 und 4,8 nCi Cs-137; für den K-Gehalt bei 76,5 g und 133,7 g bzw. 128,9 g und 189,8 g und für das Verhältnis pCi Cs-137/g K bei 4,4 und 13,4 pCi Cs-137/g K bei den Frauen, bzw. 2,9 und 27,9 pCi Cs-137/g bei den Männern.

Eine ähnliche Messreihe war 1972 an der Universitätsklinik für Radiotherapie und Nuklearmedizin am Kantonsspital Zürich (Prof. W. Horst, Frl. I. Riehle) durchgeführt worden. In der folgenden Tabelle sind die Mittelwerte aus den beiden Messreihen zusammengestellt:

Mittelwert aus Aktivitätsbestimmungen im Ganzkörperzähler

	1972, Zürich		*1973, Genf*	
	50 Frauen	*18 Männer*	*14 Frauen*	*26 Männer*
Körpergewicht	57	69	56	70
g K/kg Körpergewicht	1,6	1,9	1,8	2,2
pCi Cs-137 im Gesamtkörper	2400	4100	900	1800
pCi Cs-137/g K	26,5	31,7	8,7	11,7

Die Abnahme des Cs-137-Gehaltes im Körper von 1972 auf 1973 ist in Übereinstimmung mit der Abnahme des Cs in der Milch und den übrigen Nahrungsmitteln.

Die seit 1963 mit dem Ganzkörperzähler durchgeführten Messungen an Einzelpersonen ergaben für 1973 die in Tab. 29 aufgeführten Aktivitätswerte. Nach der im Jahresbericht 1972 skizzierten Methode wurde die Cs-137-Aktivität im Körper aus derjenigen in der Milch berechnet und in Tab. 30 der Wert für die Vegetationsperiode 1972/73 ergänzt. Die Übereinstimmung zwischen den berechneten und den gemessenen Aktivitäten ist weiterhin gut. Eine weitere bedeutende Abnahme der Cs-137-Aktivität im Körper kann für die Vegetationsperiode 1973/74 vorausgesehen werden.

In Fig. 19 ist der mittlere jährliche Cs-137-Gehalt der in Genf untersuchten Frauen und Männer und von zwei über längere Zeit beobachteten Einzelpersonen aufgetragen. Die Abnahme für Cs-137 im menschlichen Körper in den Jahren 1965 bis 1968 erfolgte mit einer Halbwertszeit von rund 1,2 Jahren, in guter

Übereinstimmung mit den Ergebnissen von Zürich (s. Jahresbericht 1968). Dieser Abfall ist bedingt durch die exponentielle Entleerung des Stratosphärenreservoirs an Cs-137. Die chinesischen Wasserstoffbomben vom 17. 6. 67 bis zum 14. 10. 70 bewirkten einen Unterbruch des exponentiellen Abfalls. Ihr Einfluss ist aus der rechten Hälfte der Figuren 19 (volle Zeichen, in zehnfach vergrössertem Massstab) zu ersehen. Auch hier ist der Abfall 1973, welcher auf das Ausbleiben von Mt-Bomben in den Jahren 1971 und 1972 zurückzuführen ist, bemerkenswert.

Die Körperbelastung, die sich aus dem Cs-137 im Gesamtkörper ergibt, lässt sich für 1973 zu rund 0,3 mrem/Jahr errechnen, was gegenüber der natürlichen Strahlenbelastung (ca. 150 mrem/Jahr) vernachlässigbar ist.

5.7.3. *Genetisch signifikante Dosis (GSD) durch röntgendiagnostische Untersuchungen*

An der auf Anregung der Forschungskommission für die Gesundheit (Präsident Prof. M. Schär) durchgeführten Erhebung von 1971 über die GSD durch röntgendiagnostische Untersuchungen und deren Auswertung waren auch die KUER-Mitglieder Dr. G. Poretti und Prof. J. Wellauer massgeblich beteiligt.

Die genetische Belastung einer Bevölkerung wird im allgemeinen durch die sogenannte «Genetisch Signifikante Dosis» (GSD) ausgedrückt, d. h. jene Dosis, die gleichmässig auf die ganze Bevölkerung verteilt, die gleiche genetische Schädigung hervorruft wie die unterschiedlichen Strahlenmengen, welche die einzelnen Personen der Bevölkerung tatsächlich empfangen.

Sie kann unter Berücksichtigung folgender Parameter berechnet werden: (1) totale Anzahl männlicher bzw. weiblicher Personen der Bevölkerung pro Altersklasse und der Föten, (2) durchschnittliche Kindererwartung der Personen, (3) Anzahl der Personen bei denen eine bestimmte Röntgenuntersuchung (bis 61 Typen) vorgenommen wurde und (4) auch am Modell gemessene Gonadendosis für die betreffende Untersuchung (getrennt für Männer, Frauen und Föten).

Die totale signifikante Gonadendosis entspricht somit der Summe der männlichen, weiblichen und fötalen GSD.

Für die Erhebung von 1971 wurde die durch röntgendiagnostische Untersuchungen hervorgerufene Gonadenbelastung von ca. 60 000 Patienten berücksichtigt. Alle Berechnungen wurden «pro Jahrgang» durchgeführt und für jedes Alter die sogenannte «Kindererwartung» mit berücksichtigt.

Die Bestimmung der Gonadendosis erfolgte in verschiedenen Spitälern mit Hilfe von TL-Dosimetern, hochempfindlichen Hochdruckionisationskammern und normalen Kammern.

Die Erhebung von 1971 unterscheidet sich von der früheren dadurch, dass sie für viele Untersuchungen und für jeden Patienten die von den betreffenden Ärzten in einem Formular angegebene Anzahl Aufnahmen, Tomogramme oder Minutendurchleuchtungen berücksichtigt.

Als Beispiel der Unterschiede in der Gonadendosis zwischen Mann, Frau und Fötus sei erwähnt:

Beckenuntersuchung:	Mann	900 mrem/Aufnahme
	Frau (keine Gravidität)	350 mrem/Aufnahme
	Fötus	1000 mrem/Aufnahme des Mutterbeckens
Thoraxuntersuchung:	Mann	0,20 mrem
	Frau	0,45 mrem

Die ersten provisorischen Ergebnisse zeigen, dass auch für unser Land die jährliche Zuwachsrate der röntgendiagnostischen Untersuchungen 3 bis 4% beträgt.

Die GSD für die Schweiz im Jahr 1971 beträgt 42 bis 43 mrad pro Person gegenüber 22 mrad für 1957. Die prozentuale Einteilung der GSD ist für Männer ca. 57%, Frauen ca. 35% und Föten ca. 8%. Die Röntgenuntersuchungen sind praktisch gleich verteilt zwischen privat praktizierenden Ärzten (53,8%) und Spitälern (46,2%).

6. Schlussfolgerungen

Die Radioaktivitätsmessungen zeigen, dass 1973 die Kontamination der Biosphäre in der Schweiz weiter abgenommen hat.

Die Aktivität der Luft und der Niederschläge ist auf die tiefsten seit dem Beginn der Messungen 1957 registrierten Werte gesunken. Die totale durch weltweiten Ausfall im menschlichen Körper hervorgerufene Äquivalentdosis liegt jetzt bei ca. 5 mrem/Jahr, also weit innerhalb der Schwankungsbreite der durch die natürliche Strahlenbelastung in der Schweiz hervorgerufenen Dosis (80 bis 350 mrem/Jahr). Der weitaus grösste Anteil dieser zusätzlichen Dosis (5 mrem/Jahr) rührt gegenwärtig einerseits von der externen Bestrahlung durch das in früheren Jahren (hauptsächlich 1961 bis 1963) auf dem Erdboden abgelagerte Cs-137 her, andererseits von der internen Bestrahlung durch Sr-90, das aus dem Boden in die Pflanzen und damit in die Nahrung gelangt und in die Knochen eingebaut wird. Diese beiden Komponenten werden in den nächsten Jahren selbst dann nicht stark abnehmen, wenn keine neuen Spaltprodukte auf den Erdboden gelangen. Cs-137 dringt nämlich sehr langsam in tiefere Erdschichten ein. Die relativ starke Sr-90-Aufnahme der Pflanzen aus der Erde bleibt stationär; im Gegensatz dazu gelangt sehr wenig Cs-137 aus dem Boden in die Pflanzen, was sich im Berichtsjahr in einer Abnahme des Cs-137-Gehaltes in den Lebensmitteln und im menschlichen Körper geäussert hat. Die vom Cs-137 herrührende Dosis durch interne Bestrahlung war um eine Grössenordnung kleiner als diejenige von Sr-90.

Die Aktivitätsmessungen im Abwasser und im Vorfluter haben weder bei den Kernkraftwerken noch bei Industrien, welche Radioisotope verarbeiten, unzulässige Werte ergeben. Dabei sind die Grenzwerte so angesetzt, dass selbst der ständige Gebrauch des Wassers aus dem Vorfluter als Trinkwasser (vom Strahlenschutzstandpunkt aus) ungefährlich wäre. Auch die Vorschriften über die

maximale Abgabe von Aktivität mit der Abluft aus dem Kamin wurden von den Kernkraftwerken eingehalten.

Mit einer hochempfindlichen Ionisationskammer hat die KUER jetzt ein Mittel, Dosisleistungen bis zur Grössenordnung 1 μR/h nachzuweisen. Aus ersten Messungen in der Umgebung des KKW Mühleberg lässt sich abschätzen, dass die Ortsdosis am kritischen Geländepunkt dieses KKW unter 1 mrem/Jahr lag. Die umliegende Bevölkerung erhielt also durch das KKW eine zusätzliche Dosis, welche höchstens 1% der natürlichen Strahlenbelastung (100 mrem/Jahr) ausmachte und sogar tiefer lag als diejenige vom weltweiten Ausfall (ca. 5 mrem/Jahr). Auf die gesamte Bevölkerung der Schweiz bezogen ist die zusätzliche Dosis durch die Abgabe radioaktiver Stoffe aus den KKW vernachlässigbar klein.

Über Dosen von «Berufstätigen» liegen uns Messwerte von 1972 aus dem EIR (EIR-Jahresbericht 1972), von 1969 bis 1973 aus der Leuchtfarbenindustrie (Mitteilungen der SUVA im SVA-Bulletin) und von 1970 und 1971 von den am EGA kontrollierten Berufstätigen (private Mitteilung) vor. Aus diesen Angaben und aus Erhebungen aus dem Ausland lässt sich immerhin die Grössenordnung der mittleren Bevölkerungsdosis in der Schweiz, herrührend von Bestrahlung «Berufstätiger», zu 1 mrem/Jahr abschätzen. In der gleichen Grössenordnung liegt auch die Strahlenbelastung, welcher die Bevölkerung durch andere nichtmedizinische Anwendungen (Leuchtzifferblätter, Farbfernsehen, Flüge in grosser Höhe usw.) ausgesetzt ist.

Die Summe der zusätzlichen mittleren Bevölkerungsdosis aus allen im Bericht besprochenen nichtmedizinischen Quellen ist also mit rund 10 mrem/Jahr klein gegenüber der Dosis aus dem natürlichen Untergrund. Erfreulich ist hauptsächlich der weitere Rückgang der Absetzung von radioaktiven Spaltprodukten aus Bombentestexplosionen im Jahr 1973, ebenso die Geringfügigkeit der Dosen, welche durch den Betrieb von KKW und die industrielle Verwendung radioaktiver Nuklide in der Bevölkerung hervorgerufen werden. Spaltprodukte der chinesischen Atombombe vom 27. Juni 1973 werden ab Frühjahr 1974 eine geringe Erhöhung der Umweltradioaktivität zur Folge haben. Obschon nicht mit einer plötzlichen gefährlichen Erhöhung der Umweltradioaktivität zu rechnen ist, muss diese doch laufend überwacht werden.

Die Wahrscheinlichkeit, dass ein nukleares Schadenereignis mit ernsthaften Auswirkungen eintritt, ist gering. In den KKW verhindern z. B. die eingebauten mehrstufigen Sicherheitsbarrieren ein Austreten von Radioaktivität. Zur Gewährleistung der Sicherheit der Bevölkerung in der Umgebung der KKW beim grössten denkbaren, allerdings unwahrscheinlichen Schadenereignis werden trotzdem zusätzliche Schutzmassnahmen vorbereitet, eine Aufgabe, mit welcher sich speziell der Alarmausschuss der KUER in Zusammenarbeit mit dem Amt für Energiewirtschaft befasst.

Die grösste genetisch signifikante Dosis ausser der natürlichen Strahlenbelastung rührt von röntgendiagnostischen Untersuchungen her. Sie erreicht mit rund 40 mrem etwa ⅓ der natürlichen Strahlenbelastung. Wir müssen hier die zuständigen Instanzen bitten, zu untersuchen, ob und inwiefern es möglich wäre,

bei gleichem Nutzen die Dosisbelastungen durch röntgendiagnostische Untersuchungen zu senken.

Bundesrat Prof. Dr. H. P. Tschudi ist auf den 31. 12. 73 aus der Landesregierung zurückgetreten. Sein hervorragendes Wirken ist vielerorts gebührend gewürdigt worden. Hier sei ihm der spezielle Dank dafür ausgesprochen, dass er als Vorsteher des EDI die Durchführung des Auftrages der KUER und des Alarmausschusses einer möglichst vollständigen Radioaktivitätsüberwachung zum Schutze der Bevölkerung aktiv förderte. Auf Ende des Berichtsjahres ist auch Dr. A. Sauter als Direktor des Eidg. Gesundheitsamtes zurückgetreten. Für die wohlwollende Unterstützung, die er der KUER seit ihrer Gründung entgegengebracht hat, und die stets erfreuliche Zusammenarbeit sei ihm an dieser Stelle der beste Dank ausgesprochen. Ebenso verdanken wir die wertvolle Hilfe der Administration des EGA (R. Ruhier) und der Sektion für Strahlenschutz (Dr. W. Hunzinger), der Nestec SA La Tour-de-Peilz und der Betreuer der zahlreichen Probenahmestellen der KUER.

Zusammensetzung der Kommission

Prof. Dr. O. Huber, Universität Freiburg, Präsident
Prof. Dr. J. Rossel, Universität Neuenburg, Vizepräsident
P. Ackermann†, Aerologische Station, Payerne
Dr. J. L. Mauron, Nestlé SA, Vevey
Dr. G. Poretti, Inselspital, Bern
Prof. Dr. W. Stumm, ETH, Zürich
Prof. Dr. J. Wellauer, Universität Zürich

Freiburg, den 12. Juni 1974