

Zeitschrift: Bericht der Eidgenössischen Kommission zur Überwachung der Radioaktivität

Herausgeber: Eidgenössische Kommission zur Überwachung der Radioaktivität

Band: 15 (1971)

Rubrik: 15. Bericht der Eidg. Kommission zur Überwachung der Radioaktivität für das Jahr 1971 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: 18.04.2026

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

15. Bericht der Eidg. Kommission zur Überwachung der Radioaktivität für das Jahr 1971 zuhanden des Bundesrates*

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

Einleitung

Im Jahre 1971 behandelte die Eidg. Kommission zur Überwachung der Radioaktivität (KUER) die Ergebnisse der Radioaktivitätsüberwachung in drei Sitzungen. Der geringe weltweite radioaktive Ausfall der letzten Jahre einerseits und die Inbetriebnahme von Kernkraftwerken andererseits bewirken eine Verlagerung des Schwerpunkts der Untersuchungen von der Überwachung des weltweiten radioaktiven Ausfalls zu derjenigen der Umgebung von Reaktoren und Industrieanlagen, welche radioaktive Stoffe verarbeiten, sowie Verbrauchern von radioaktiven Stoffen (z. B. Spitäler). Das neu aufgestellte Messprogramm, welches ab 1972 in Kraft treten soll, sucht allen Aufgaben auf möglichst rationelle Art gerecht zu werden. Die Zahl der Entnahmestellen von Oberflächengewässern wird reduziert, dafür aber mehr gezielte Messungen, welche mögliche Aktivitätsimmissionen nahe ihrer Quelle erfassen, ausgeführt.

* Texte français, voir page 74.

I. Übersicht

1.1. *Weltweiter radioaktiver Ausfall:* Da seit dem Testbannabkommen für oberirdische Nuklearexplosionen von 1963 zwischen den USA, der USSR und Grossbritannien über der nördlichen Erdhalbkugel bedeutend weniger (chinesische) Versuchsexplosionen stattgefunden haben, ist die Neuzufuhr an weltweitem radioaktivem Ausfall in unserem Land in den letzten Jahren gering gewesen. Dies hatte folgende Auswirkungen:

- a) der Aktivitätspegel in der Luft und den Niederschlägen blieb ständig auf einem tiefen Niveau;
- b) die Menge der im Erdboden gespeicherten langlebigen Spaltprodukte Sr-90 und Cs-137 änderte sich nicht wesentlich;
- c) die Aktivität langlebiger Spaltprodukte in den Pflanzen und auch im menschlichen Körper blieb annähernd konstant.

Im Berichtsjahr wurden in der bodennahen Luft die Spaltprodukte der chinesischen H-Bombe vom 14. 10. 70 erstmals in der Woche vom 5. bis 12. Februar festgestellt. Nach dem Frühlingsaustausch zwischen Stratosphäre und Troposphäre in der zweiten Märzhälfte machten sie den Hauptanteil der Aktivität der Luft aus. Dagegen waren bis Jahresende keine von der Bombe vom 18. 11. 71 (20 kt, Lop Nor, China) stammenden Produkte nachweisbar. Von Frankreich wurden in der Südsee (Mururoa-Atoll, Französisch-Polynesien) zwischen dem 5. 6. 71 und dem 14. 8. 71 fünf oberirdische Testexplosionen ausgeführt; ihr radioaktiver Ausfall machte sich in der nördlichen Hemisphäre praktisch nicht bemerkbar.

1.2. *Kontamination in der Umgebung von Kernreaktoren und Industrien, welche Radioisotope verarbeiten:* Der fortschreitende Ausbau der Kernenergiegewinnung in Atomkraftwerken und die zunehmende Verwendung von Radioisotopen in den verschiedensten Bereichen bewirken, dass die Überwachungsaufgaben der KUER in der Umgebung von Kernreaktoren und von Industrieanlagen, welche radioaktive Stoffe verarbeiten, eine ständig wachsende Bedeutung erlangen.

1.2.1. *Kernkraftwerke:* Die maximal zulässigen Konzentrationen radioaktiver Produkte in Atemluft und Trinkwasser, welche zu keiner Gefährdung des Menschen führen können, waren schon bekannt, bevor Kernkraftwerke in der Schweiz gebaut wurden. Dementsprechend wurden die Abgabevorschriften für Radioisotope dieser Werke von Anfang an so streng angesetzt, dass auch bei einer wachsenden Zahl von Atomkraftwerken (AKW) für die Bevölkerung keinerlei Gefährdung entsteht.

Zur Überwachung der Radioaktivität der Luft in der Umgebung der AKW (innerbetriebliche Vorrichtungen verhindern das Entweichen einer unzulässigen Aktivität) sind rund um die Anlagen Staubfangplatten und Dosimeter auf-

gestellt, anhand derer eine in der Umgebung auftretende messbar erhöhte Aktivität ermittelt werden könnte.

Das Abwasser wird von der betriebseigenen Radioaktivitätsüberwachung auf seine Aktivität geprüft und eventuell weiterbehandelt, bis es gemäss den Vorschriften abgelassen werden darf. Die KUER entnimmt Stichproben im Abwasser und im Vorfilter zur Kontrolle der Aktivität und der Messmethoden, welche in den AKW angewendet werden.

Im Jahre 1971 standen die Reaktoren des EIR Würenlingen und des AKW Beznau I im Betrieb. In den AKW Beznau II und Mühleberg wurde der Probebetrieb aufgenommen; die definitive Inbetriebnahme dieser Werke ist für 1972 geplant. In Mühleberg wurde durch einen Brand (im Generatorengelände) die auf Oktober 1971 vorgesehene Betriebsaufnahme hinausgeschoben. Das Centre Nucléaire Lucens führte die Demontage- und Reinigungsarbeiten weiter; die Überwachung durch die KUER wird bis zur Beendigung dieser Arbeiten fortgesetzt.

1.2.2. *Radioisotope verarbeitende Industrien:* Betriebe, welche Produkte, die Radioisotope enthalten (Leuchtziffern, Feuermelder, Pegelwächter usw.), produzieren und in den Handel bringen, unterstehen der Verordnung über den Strahlenschutz (SSVO vom 19. April 1963). Bewilligungs- und Kontrollinstanzen sind das Eidg. Gesundheitsamt und die Schweizerische Unfallversicherungsanstalt, bei Fabrikbetrieben in Verbindung mit dem Eidg. Fabrikinspektorat. Das Messnetz der KUER ist so angelegt, dass unzulässige Aktivitätsabgaben aus solchen Betrieben erfasst werden könnten.

In den letzten Jahren wurden speziell in der Leuchtfarbenindustrie die bisher gebräuchlichen radioaktiven Substanzen (Sr-90, Ra-226) durch Tritium ersetzt. Die höchstzulässige Aktivitätskonzentration dieses Isotops im Trinkwasser ist um einen Faktor $3 \cdot 10^4$ bzw. $3 \cdot 10^5$ höher als diejenige von Sr-90 resp. Ra-226. Vom strahlenschutztechnischen Standpunkt aus ist die Umstellung auf Tritium sehr zu begrüssen. Die gesamte 1971 in die Schweiz eingeführte Tritiummenge würde gerade ausreichen, einen Bach von $0,2 \text{ m}^3$ sekundlicher Wasserführung während eines Jahres gleichmässig mit der höchstzulässigen Konzentration im Trinkwasser für beruflich strahlenexponierte Personen zu beladen.

II. Änderungen am Messnetz

Aufgabe der KUER ist es, die Radioaktivitätsbelastung mit Ausnahme des natürlichen Untergrundes und medizinischer Anwendungen, der die schweizerische Bevölkerung als Ganzes und die einzelnen Personen (exkl. beruflich strahlenexponierte Personen und besondere Bevölkerungsgruppen gemäss SSVO) ausgesetzt sind, möglichst gut zu erfassen. Das zu diesem Zweck aufgebaute Probenahme- und Messnetz wurde seit Bestehen der KUER ständig ausgebaut und neu entstehenden Bedürfnissen angepasst. Einerseits sollen durch gezielte Probenahmen mögliche Aktivitätsimmissionen lokal und regional nahe ihrer

Quelle erfasst, andererseits gesamtschweizerisch die Biosphäre, nämlich Luft, Wasser, Boden, Nahrung usw. und der Mensch selbst untersucht werden.

Im Einverständnis mit dem Eidg. Amt für Gewässerschutz wurden die Probenahmen in den Regionen der projektierten Kraftwerke Leibstadt und Kaiseraugst wieder eingestellt. Die während des Jahres 1970 erhobenen Proben zeigten durchwegs kleine Aktivitätswerte, wie an anderen Stellen des Messnetzes der Oberflächengewässer.

Der weltweite radioaktive Ausfall ist gegenwärtig so schwach, dass keine grossen Aktivitätsunterschiede im Zisternenwasser der verschiedenen Regionen des Jura auftreten können. Deshalb genügt die Untersuchung von Wasser und Schlamm aus einer Zisterne (Zisterne Saulcy BE). Die übrigen Probenahmestellen aus Zisternen wurden aufgehoben.

Zur Bestimmung der in Plankton und Schwebestoffen akkumulierten Aktivität, welche eventuell von Reaktoren herrührt, genügt je eine Probenahmestelle ober- und unterhalb der betreffenden Anlage. Deshalb wurde ab Mitte 1971 das diesbezügliche Probeentnahmenetz wie folgt reduziert:

Probenahmestelle

<i>Reaktoren</i>	<i>oberhalb</i>	<i>unterhalb</i>
EIR; Beznau	Stilli	Stausee Klingnau
Mühleberg	Wohlensee	Stausee Niederried
Lucens	oberhalb Abwassereinlauf	nach Durchmischung unterhalb Abwassereinlauf

III. Spezielle Untersuchungen

Sr-90-Übergang in der Kette Luft-Niederschlag-Boden-Gras-Milch. Anhand der langjährigen Sr-90-Bestimmungen wurden in der EAWAG Berechnungen bezüglich des Sr-90-Überganges in der Kette Luft-Niederschlag-Boden-Milch durchgeführt. Die ermittelten Korrelations- und Regressionskoeffizienten sowie die sich daraus ergebenden Schlussfolgerungen sind im Rahmen des internationalen Symposiums über «Radioecology applied to the protection of man and his environment» in Rom (7. bis 10. September 1971) vorgetragen worden.

IV. Probenahme und Probenaufbereitung

Die Wahl der Probesammelstellen und die Art der Probenahme und der Probenaufbereitung spielen bei der Bestimmung der Umweltradioaktivität eine wesentliche Rolle. Deshalb sind ständige Überprüfungen und daraus sich ergebende Verbesserungen notwendig. In diesem Sinne ist es vorteilhaft, die Proben-

aufbereitung auf ein Minimum zu reduzieren. Fehlerquellen, welche mit der Probenahme und -aufbereitung verbunden sind, werden im folgenden diskutiert:

4.1. *Luft*: Als Luftproben werden die beim Durchsaugen durch Filter zurückgehaltenen Aerosole verwendet. Die Wochenproben enthalten die Aerosole von ca. 5000 m³ Luft. Das Rückhaltevermögen der Filter liegt über 90%. Die Filter der Frühwarnanlagen sind zusätzlich mit einer Aktivkohleschicht versehen, an welcher gasförmiges Jod (Jod-131 ist für interne Bestrahlung eines der gefährlichsten Radioisotope) absorbiert wird. Edelgase werden nicht zurückgehalten, was den Vorteil bietet, dass Radon (Rn-222) und Thoron (Rn-220) keinen Beitrag zum Nulleffekt liefern. Dagegen lagern sich ihre Tochterprodukte an Aerosolen an. Die Aktivität der Filter, herrührend von Pb-212 (ThB, 10,6 h), gemessen 48 Stunden nach der Sammlung, entspräche noch einer Luftaktivitätskonzentration bis zu 1 pCi/m³.

Zur Aufnahme von Gamma-Spektren brauchen die Luftfilter keine weitere Behandlung, dagegen werden sie für eine einfache Beta-Messung verascht, wobei Verluste an flüchtigen Radioisotopen entstehen können. Bei der gegenwärtigen Zusammensetzung der Aktivität sind diese Verluste klein. Sie können überdies anhand von Gamma-Spektren und von Sr-89 und Sr-90-Analysen bestimmt werden.

4.2. *Wasser*: Die Niederschläge werden durch einen Auffangtrichter in eine Sammelflasche von 5 Liter geleitet, der Überschuss gelangt in ein Überlaufgefäß. Das Wasser aus der Sammelflasche wird filtriert. Der Eindampfrückstand aus 4,5 Liter (Mischung aus Sammelflasche und Überlaufgefäß) und der Filterrückstand werden getrennt gemessen.

Verluste an Aktivität können entstehen durch Absetzen von Teilchen an der Wand des Sammeltrichters und im Überlaufgefäß. Über solche Verluste wurden von uns Messungen über einige Monate durchgeführt zu einer Zeit, als die Aktivität im Niederschlag infolge der Atombombentests 500 bis 1000 pCi/l betrug (Frühling 1959). Die dabei festgestellten Verluste lagen bei 10%, einem Wert, der das Resultat nicht wesentlich verfälscht. Es wurde auch nachgeprüft, dass die Verluste beim Eindampfen (unterhalb der Siedetemperatur) klein sind, und dass sogar Jod quantitativ im Eindampfrückstand zurückbleibt. Auch ist darauf hinzuweisen, dass der Niederschlag zwar einen guten Indikator für die zu erwartende interne Bestrahlung darstellt, jedoch nicht unmittelbar zu dieser beiträgt. Bei erhöhter Aktivität müssten Proben von Lebensmitteln untersucht werden.

Wasserproben, welche direkt erhoben werden, wie Zisternenwasser, Oberflächen-, Grund- und Abwasser (Entnahmemenge einige Liter), erleiden nur beim Eindampfen unbedeutende Verluste an Aktivität. Es handelt sich bei solchen Entnahmen (wie auch bei Boden, Gras, Milch usw.) um Stichproben, deren Anzahl nach verschiedenen Gesichtspunkten (z. B. allgemeine Kontaminationslage) festgelegt werden muss, um repräsentative Messresultate für das zu untersuchende Material zu gewinnen.

4.3. *Plankton, Schwebestoffe*: Bei der Sammlung des Planktons bleiben in den Sammelnetzen ebenfalls andere Schwebestoffe zurück. Das Verhältnis Plankton zu diesen Schwebestoffen variiert, was sich auch auf die gemessene Aktivität auswirken kann, da Plankton für eine Akkumulation von Radioisotopen bekannt ist. Die entnommenen Mengen von 50–100 mg sind so klein, dass die Proben ohne weitere Behandlung auf totale Beta-Aktivität untersucht werden können.

4.4. *Erdboden, Gras*: Das Probenmaterial (Grössenordnung 1 kg Trockensubstanz) wird getrocknet, bei Erdboden die Steine entfernt, und kann dann im Gammasspektrometer ohne Verluste direkt gemessen werden.

4.5. *Milch und andere Lebensmittel*: Milchproben von ca. 10 Liter werden bei tiefer Temperatur zu Trockenmilch verarbeitet. Dabei treten keine Verluste auf, auch nicht solche von Jod. Die Trockenmilch wird gammasspektrometrisch untersucht. Zur Messung der totalen Beta-Aktivität müssen Lebensmittel verascht werden, wobei gewisse Verluste auftreten können.

4.6. *Sr-90-Analysen*: Die Verluste bei der Analyse von Proben gemäss 4.1.–4.5. auf Sr-90 werden gemessen, indem dem Messgut vor der Behandlung inaktives Sr beigelegt und dessen Verlust bestimmt wird.

4.7. *Beurteilung der Messresultate*: Bei den gegenwärtigen schwachen Aktivitäten sind die statistischen Messfehler im allgemeinen grösser als die Verluste, welche bei der Probenahme und Probenaufbereitung entstehen. Teilweise liegen die Aktivitäten nahe der Nachweisgrenze (vgl. z. B. Tab. 5). In solchen Fällen sind die Fehler der Aktivitätsbestimmung relativ gross, was aber keine Bedeutung hat, solange die Aktivitätskonzentrationen weit unterhalb der zulässigen Werte liegen. Es ist deshalb wichtig, Messmethoden und -apparaturen zu verwenden, deren Nachweisgrenzen genügend tief liegen.

Je höher die Aktivität ist, desto kleiner werden die (relativen) statistischen Fehler. Bei erhöhter Aktivität müssen die Verluste bei der Probenahme und Probenaufbereitung in einem Rahmen gehalten werden, der die Kontaminationslage sicher zu bestimmen gestattet. Nach dem unter 4.1.–4.5. Gesagten trifft dies für die Gammaanalysen unserer Proben zu. Messungen der gesamten Beta-Aktivität hingegen sind in diesem Fall durch Analysen auf wichtige Betastrahler wie H-3, Sr-89 und Sr-90 zu ergänzen. Zur Bestimmung von Alphastrahlern werden besondere quantitative Nachweismethoden verwendet.

V. Messergebnisse

5.1. *Luft*: Wie in den vorangegangenen Jahren war die spezifische Gesamt-Beta-Aktivität der Luft im Berichtsjahr so klein, dass die Luftüberwachungsapparaturen im wesentlichen den natürlichen Untergrund registrierten (Fig. 1.

Tab. 1). Wie die Messung der Gesamt-Beta-Aktivität der Luftfilter von Freiburg und Würenlingen (Fig. 2, Tab. 2), welche nach Abklingen der Nachfolgeprodukte der Ra- und Th-Emanationen gemessen werden, zeigt, blieb die Aktivitätskonzentration in der Luft im Jahresmittel gegenüber 1970 etwa dieselbe. Sie betrug rund 1/20 der maximal zulässigen Konzentration in der Luft für ein unbekanntes (d. h. nicht analysiertes) Gemisch von Spaltprodukten für die Allgemeinbevölkerung (3 pCi/m³ gemäss den Empfehlungen der International Commission on Radiological Protection).

Jahresmittel der Beta-Aktivitäts-Konzentration der Luft

	1970	1971
Freiburg	0,11 pCi/m ³	0,13 pCi/m ³
Würenlingen	0,19 pCi/m ³	0,20 pCi/m ³

Ein Unterschied der Luftaktivität zwischen Freiburg und Würenlingen wurde schon in frühern Jahren beobachtet und liegt innerhalb örtlich bedingter Variationen; vergleichsweise sei erwähnt, dass z. B. 1970 die mittlere Luftaktivität in Regensburg 0,33 pCi/m³ und in Hannover 0,10 pCi/m³ betrug (Jahresbericht 1970 des Bundesministeriums für Bildung und Wissenschaft).

Die wöchentlichen Luftfilter von den 6 Frühwarnanlagen werden gesamthaft mit einem NaI-Kristall gammaspektroskopisch untersucht. Als qualitatives Ergebnis dieser Messungen zeigte sich, dass ein erster Schub von Fissionsprodukten der chinesischen Bombe vom 14. 10. 70 die bodennahe Luft in der Woche vom 5.-12. Februar 1971 erreichte. Der Frühlingsaustausch zwischen Stratosphäre und Troposphäre fand in der 2. Märzhälfte statt. Nachher zeigten die Gammastreuspektren der Höhenflugfilter (in welchen die jungen Fissionsprodukte schon vom 30. Oktober 1970 an nachweisbar waren, vgl. Jahresbericht 1970) und der Filter der bodennahen Luft die gleiche Zusammensetzung. Ab April herrschten die Isotope Ce-141, Ce-144, Be-7, Ru-103, Zr-95 und Nb-95 vor, gegen Ende des Jahres trat das natürliche Be-7 immer stärker in den Vordergrund. Fissionsprodukte der 20-kt-Bombe vom 18. 11. 71 wurden bis Jahresende weder in der bodennahen Luft noch in Flugfiltern nachgewiesen.

Luftproben der südlichen Hemisphäre zeigten ab 15. 6. 71 junge Spaltprodukte, welche von den französischen Atombombenversuchen (5 Tests, 5. 6. bis 14. 8. 71) stammen. Die Filter mit den stärksten Aktivitäten wurden mit der Ge-Diode gammaspektrometrisch analysiert (Tab. 3, Fig. 3):

Die Fissionsprodukte eines Filters vom 15./17. Juni stammen hauptsächlich von einer am 12. 6. gezündeten Bombe (nach Agenturmeldung: 500 kt, gedopt). U-237 war nicht nachweisbar. Das gemessene Verhältnis der Anzahl Np-239-Atome zur Anzahl Spaltungen betrug $\sim 0,02$. Dieser kleine Wert in Verbindung mit der nicht nachgewiesenen U-237-Aktivität ist vereinbar mit Pu-239 als Spaltstoff und einer Beimischung bis ca. 10% U-238. Die Autoradiographie der

Probe zeigte einige heisse Teilchen, deren Aktivität jedoch für eine weitergehende Untersuchung zu schwach war. Das Ergebnis der Untersuchung auf heisse Teilchen von Alphastrahlern am Institut de Physique Neuchâtel war negativ.

Ein Filter vom 28./30. 8. 71 enthielt grösstenteils Produkte der französischen Bombe vom 14. 8. 71; die Gammaanalyse des Filters ergab, bezogen auf das Explosionsdatum, $0,15 \pm 0,05$ Np-239-Kerne und $0,072 \pm 0,015$ U-237-Kerne pro Spaltung. Diese Werte sind typisch für eine Dreiphasenbombe (FFF), liegen aber um einen Faktor 1,5 bzw. 2 unter früher gemessenen Analysenwerten von FFF-Explosionen. Gemäss Agenturmeldung handelte es sich um eine H-Bombe von 1 Mt.

Die Messung der Alpha-Aktivität der Luftfilter von Stein AG wurde bis im Juli in Basel (Dr. H. Leuenberger) durchgeführt, ab August in Freiburg.

Die Alpha-Aktivität in der Luft setzt sich hauptsächlich aus dem als natürliches Nachfolgeprodukt der Radiumemanation gebildeten Po-210 (für die Allgemeinheit gemäss ICRP höchstzulässig 6 pCi/m^3) und dem stark radiotoxischen Pu-239 (höchstzulässig $0,02 \text{ pCi/m}^3$) zusammen. Alphaspektrometrisch lassen sich die beiden Komponenten mit den vorhandenen Apparaturen nicht unterscheiden, da ihre Energien (Pu-239: $5,15 \text{ MeV}$; Po-210: $5,30 \text{ MeV}$) zu ähnlich sind. Selbst für den Fall, dass die ganze gemessene Alpha-Aktivität in der Luft dem Pu-239 zuzuschreiben wäre, lagen die Messwerte jedes Wochenfilters weit unterhalb des höchstzulässigen Wertes.

Für die Alpha-Überwachung der Luft ist nur der Gehalt an Pu-239 von Bedeutung. Die durch Po-210 hervorgerufene Dosisbelastung des Menschen gehört zum natürlichen Untergrund. Um abzuklären, wie gross der Anteil an Pu-239 ist, wurde von einigen Filtern im EIR Pu elektrolytisch abgetrennt und gemessen. Es zeigten sich Pu-Aktivitäten in der Grössenordnung 10^{-4} pCi/m^3 Luft, d. h. der weitaus grösste Teil der Alpha-Aktivität in der Luft rührt vom natürlichen Po-210 her.

Es ist bekannt, dass bei der Veraschung des Filters im Gegensatz zum Pu sich ein Teil des Po verflüchtigt. Um dies zu prüfen, wurden in Neuenburg vier Filterteile aus Stein AG kalt verascht. Wie aus der folgenden Tabelle hervorgeht, treten bei hoher Veraschungstemperatur erhebliche Verluste an Po-210 auf.

Alpha-Aktivität von Luftfiltern aus Stein AG, März 1971

<i>Sammeldatum</i>	<i>Luftaktivität, gemessen an Filtern nach Veraschung</i>	
	<i>bei tiefer Temperatur</i>	<i>bei hoher Temperatur</i>
26. 2.– 5. 3. 71	$4,0 \cdot 10^{-3} \text{ pCi/m}^3$	$0,6 \cdot 10^{-3} \text{ pCi/m}^3$
5. 3.–12. 3. 71	$12,2 \cdot 10^{-3} \text{ pCi/m}^3$	$1,1 \cdot 10^{-3} \text{ pCi/m}^3$
12. 3.–19. 3. 71	$4,4 \cdot 10^{-3} \text{ pCi/m}^3$	$0,7 \cdot 10^{-3} \text{ pCi/m}^3$
19. 3.–26. 3. 71	$2,8 \cdot 10^{-3} \text{ pCi/m}^3$	$0,9 \cdot 10^{-3} \text{ pCi/m}^3$

In einer weiteren Messreihe wurde in Freiburg die Alpha-Aktivität einiger Filter kurz nach der Veraschung (bei hoher Temperatur) und rund vier Monate später verglichen. Es war zu erwarten, dass sich in der Zwischenzeit gemäss der Zerfallsreihe Pb-210 (21 Jahre Halbwertszeit) $\xrightarrow{\beta}$ Bi-210 (5 Tage HWZ) $\xrightarrow{\beta}$ Po-210 (138 Tage HWZ) $\xrightarrow{\alpha}$ Pb-206 (stabil) rund die Hälfte des bei der Verbrennung verlorenen Po-210 aus dem nicht flüchtigen Pb-210 nachgebildet hatte. Das Ergebnis dieser Messungen ist in der folgenden Tabelle dargestellt.

Alpha-Aktivität von Luftfiltern aus Stein AG, Juli–August 1971

Sammeldatum	1. Messung		2. Messung	
	Messdatum	pCi/m ³	Messdatum	pCi/m ³
16.–23. 7.	1. 10. 71	0,6 · 10 ⁻³	25. 1. 72	11 · 10 ⁻³
23.–30. 7.	1. 10.	0,4 · 10 ⁻³	25. 1.	11 · 10 ⁻³
30. 7.–6. 8.	2. 10.	0,3 · 10 ⁻³	25. 1.	8 · 10 ⁻³
6.–13. 8.	2. 10.	0,3 · 10 ⁻³	25. 1.	6 · 10 ⁻³
13.–20. 8.	2. 10.	0,4 · 10 ⁻³	25. 1.	8 · 10 ⁻³
20.–27. 8.	3. 10.	0,5 · 10 ⁻³	25. 1.	10 · 10 ⁻³
27. 8.–3. 9.	3. 10.	0,8 · 10 ⁻³	25. 1.	5 · 10 ⁻³

Beide Untersuchungen (kalte Veraschung und Hineinwachsenlassen des Po-210) zeigen, dass der Po-210-Gehalt der Luft in der Grössenordnung 10⁻² pCi/m³ liegt.

Die Messresultate von Ar-37 in der Troposphärenluft (Prof. H. Oeschger, Dr. H. Loosli, W. Wiest, Universität Bern) zeigten am Anfang des Berichtsjahres noch die Auswirkungen einer unterirdischen amerikanischen oder russischen A-Explosion vom 14. 10. 1970 (vgl. Jahresbericht 1970). Im Jahre 1971 nahm die Aktivität gemäss dem radioaktiven Zerfallsgesetz ab, so dass im September wiederum Werte von ca. 0,001 pCi/l Ar erreicht wurden, wie sie für die natürliche Produktion durch die kosmische Strahlung erwartet werden.

Ein neuer Anstieg machte sich am 12. Oktober bemerkbar (Fig. 4) und erreichte anfangs November wiederum Werte, die ca. 100mal über dem natürlichen Untergrund infolge kosmischer Strahlung liegen. Sehr wahrscheinlich wurde dieser Anstieg durch die unterirdische russische 2–4-Mt-A-Explosion vom 27. September verursacht. Als am 6. November die USA auf der Insel Amchitka eine 5-Mt-Bombe unterirdisch zur Explosion brachten, war die Ar-37-Aktivität in der Troposphäre noch sehr erhöht. Deswegen konnten allfällige neue geringe Ar-37-Aktivitäten nicht nachgewiesen werden. Die Folgerung aus den bisherigen Messungen lautet nur, dass der Beitrag der Amchitka-Explosion zur troposphärischen Ar-37-Aktivität klein gegenüber der anfangs November bereits in der Atmosphäre befindlichen Aktivität dieses Isotops war, in Übereinstimmung mit einigen Messwerten an Proben, die vor und nach den Explosionsdaten in Denver, Colorado, gewonnen wurden.

Das Messergebnis einer Argonprobe, die im Anschluss an die «Unfall»-Explosion in Nevada am 18. 12. 70 an der Ostküste Amerikas gewonnen wurde und im April 1971 in Bern eintraf, fügt sich in die Messungen der Luft von Bern ein. Dies bestätigt, dass auch diese 20-kt-Explosion den damaligen hohen Ar-37-Wert nicht wesentlich erhöht hat.

5.2. *Niederschläge*: Die spezifische Gesamt-Beta-Aktivität der Niederschläge war im Jahresmittel 1971 gegenüber 1970 leicht erhöht, dagegen war die dem Erdboden durch die Niederschläge zugeführte totale Aktivität infolge der geringeren Niederschlagsmenge etwas kleiner.

Vergleich der Niederschlagsaktivitäten 1970/1971, Mittel aus 5 Messstationen:

<i>Jahr</i>	<i>Niederschlag</i> <i>mm</i>	<i>Mittlere spez. Aktivität</i> <i>pCi/l</i>	<i>Mittlere dem Erdboden zugeführte Aktivität</i> <i>mCi/km²</i>
1970	1420,1	19	26,3
1971	1038,8	23	24,1

In Tabelle 4 sind die Monatsdurchschnittswerte der 6 Messstationen aufgetragen; Fig. 5 zeigt die Ergebnisse der Station La Valsainte.

Die Messwerte der durch trockene Ablagerung dem Erdboden in Locarno zugeführten Aktivitäten (Tab. 5) waren an der Grenze der Messbarkeit. Wie die folgende Tabelle zeigt, erhält der Erdboden den weitaus grössten Anteil an Aktivität durch den Niederschlag.

Vergleich der Aktivitätsablagerungen in Locarno 1970/1971

<i>Jahr</i>	<i>Niederschlag</i>	<i>Mittlere spez. Aktivität</i> <i>Niederschlag</i> <i>pCi/l</i>	<i>Ablagerung mCi/km²</i>	
	<i>mm</i>		<i>Niederschlag</i>	<i>trocken</i>
1970	1725,5	14,2	24,5	1,3
1971	1682,6	22,5	38,0	0,7

Von einer Schneeprobe von Beznau, erhoben am 13. 1. 1971, und von einer Schneeprobe von Freiburg vom 19. 1. 1971 wurden Gammaskpektren mit der Ge-Diode aufgenommen. In beiden Fällen zeigte sich zusätzlich zum Spektrum des Nulleffekts nur eine schwache Cs-137-Linie. Im Gammaskpektrum der Luftfilter der Woche vom 29. 1.–5. 2. 71, also vor dem Einbruch der jungen Spaltprodukte der Bombe vom 14. 10. 70, dominierten Ce-144 und Be-7. Daneben waren Ce-141, Ru-103, Ru-106, Cs-137 und Zr-Nb-95 vorhanden. Es ist auffallend und wurde anlässlich dieser Messungen zum erstenmal festgestellt, dass in diesen Schneeproben von all diesen Radionukliden mittlerer und langer Lebensdauer nur Cs-137 nachweisbar war.

Zur Bestimmung von Tritium im Niederschlag (Prof. H. Oeschger, Dr. U. Siegenthaler, Universität Bern) wurde im Frühling 1971 eine neue Messmethode* eingeführt, welche die Zählhausbeute erhöht und gleichzeitig den Arbeitsaufwand wesentlich vermindert. Sie beruht darauf, dass bei der Reaktion von Wasser mit Aluminiumcarbid Methan entsteht, das dann als Füllgas der Zählrohre dient.

Figur 6 zeigt die Tritiumkonzentrationen der Niederschläge von Bern, Meiringen und Grimsel-Hospiz, deren allgemeiner Verlauf übereinstimmt. Immerhin liegen die Berner Werte im Mittel etwa 20% höher als jene von Meiringen und Grimsel. Die Tritiumkonzentration der Niederschläge von Bern war in den Monaten März und April wesentlich höher als im Vorjahr; der Jahresmittelwert lag um 13% höher als 1970. Die chinesischen H-Bombentests haben der Atmosphäre der nördlichen Hemisphäre also mindestens soviel Tritium zugeführt, wie durch Niederschläge und Kontinentalabfluss in das Meer abgeführt wurde.

Es muss darauf aufmerksam gemacht werden, dass die Tritiumkonzentration im Wasserdampf der Atemluft oft ein mehrfaches jener in den Niederschlägen beträgt. Eine Wasserdampfprobe vom 15. 1. 1970, entnommen im Tritiumlabor des physikalischen Institutes in Bern, wies 6000 pCi/l, eine solche vom 13. 12. 1971 3800 pCi/l auf, d. h. etwa 10mal mehr als die Niederschläge in den entsprechenden Monaten. Eine genauere Untersuchung dieser Erscheinung, die in verschiedenen Low-Level-Tritiumlabors beobachtet worden ist, durch die Internationale Atomenergie-Agentur in Wien zeigte, dass Leuchtzifferblätter, die Tritium enthalten, relativ bedeutende Mengen an Tritium abgeben (Größenordnung 5% pro Jahr).

5.3. *Wasser und Schlamm aus der Zisterne Saulcy BE*: Die an der EAWAG Dübendorf (Prof. W. Stumm, Frau Dr. M. M. Bezzegh) gemessene Gesamt-Beta-Aktivität (ohne Betastrahler, deren Energie $<0,16$ MeV ist) des Zisternenwassers blieb – analog dem Vorjahr – niedrig. Auch der im Mai gemessene maximale Wert von 13 ± 4 pCi/l liegt unterhalb der zulässigen Konzentration von 30 pCi/l (unbekanntes Gemisch, ohne Ra-226 und Ra-228), welche die Gesamtbevölkerung ständig im Trinkwasser haben dürfte. Die spezifische Aktivität des Schlammes ist aus Tabelle 6 ersichtlich. Die Werte im Vorjahr bewegten sich zwischen 240 und 400 pCi/g Trockensubstanz.

5.4. *Oberflächen-, Grund- und Abwasser*

5.4.1. *Oberflächen- und Grundwasser*: Das EIR kontrolliert mit kontinuierlichen Probensammlern die Aktivität im Wasser der Aare oberhalb des EIR, oberhalb des AKW Beznau und beim Kraftwerk Klingnau. Das Jahresmittel 1971 der wöchentlich erhobenen Proben betrug:

<i>Aare</i>	<i>oberhalb EIR</i>	<i>oberhalb AKW Beznau</i>	<i>Kraftwerk Klingnau</i>
Akt. in pCi/l	$5,1 \pm 0,5$	$4,1 \pm 0,5$	$4,6 \pm 0,5$

* U. Siegenthaler, H. Oeschger, H.P.A. 44, 601, 1970.

In den Abgabevorschriften für die Reaktoranlagen EIR, Beznau I und II ist festgelegt, um wieviel die Aktivität im Aarewasser infolge Aktivitätsabgabe mit dem Abwasser dieser Anlagen im Jahresmittel und im Maximum ansteigen darf. Die obige Tabelle zeigt, dass die Aktivitätserhöhung in der Aare im Jahresmittel unmessbar klein war. Eine Kontrolle über die Einhaltung der Vorschrift bezüglich der maximalen Aktivitätskonzentration im Vorfluter erfolgt zweckmässigerweise durch Messung der abzugebenden Aktivität. Dabei ist auch eine Analyse auf Einzelisotope (T, I-131 usw.) möglich (s. 5.4.2.). Die durchgeführten Messungen zeigten, dass die Abgabevorschriften eingehalten wurden.

Die Gesamt-Beta-Aktivität (ohne Betastrahler mit Energie $<0,16$ MeV) der verschiedenen von der EAWAG erhobenen Oberflächen- und Grundwasserproben war – wie im Vorjahr – an der Messbarkeitsgrenze mit Werten unter 10 pCi/l.

Auch die im Rahmen der Arbeitsgemeinschaft zur Überwachung der Radioaktivität von Lebensmitteln (ARL) untersuchten Proben von Oberflächen- und Grundwasser (monatliche Proben aus dem Rhein vor Eintritt in den Bodensee und aus der Bregenzer Ach im kantonalen Laboratorium St. Gallen, 12 Proben von Wasser aus dem Zürichsee und verschiedenen Grund- und Quellwässern der Umgebung von Zürich im städtischen Laboratorium Zürich und 12 Proben von Wasser aus dem Vierwaldstättersee im Eidg. Gesundheitsamt) zeigten keine erhöhte Aktivität.

Die im Jahresbericht 1970 erwähnte, durch das städtische Laboratorium Zürich gemessene Erhöhung der Aktivität des Grundwassers von Winterthur am 6. Oktober 1970 wurde gammaspektrometrisch als von natürlichem Uran herrührend identifiziert. Die Nachforschung ergab, dass das Uran von Porzellanschalen, in denen das Wasser verdampft wurde, stammte. Diese Schalen waren mit einer schwarzen Glasur versehen, welche Uran enthielt, das in Spuren in den Wasserrückstand geriet.

Die Alpha-Aktivität des Rheinwassers wurde bis im August an der Physikalischen Anstalt der Universität Basel (Dr. H. Leuenberger) und der EAWAG parallel gemessen; die verwendeten Messmethoden (dicke Schicht in Basel, Grossflächenzähler an der EAWAG) zeigten innerhalb der statistischen Schwankungen dieselben Resultate. Ab September wurden die Messungen ausschliesslich an der EAWAG vorgenommen. Im Jahresmittel ergaben sich für die langlebige Alpha-Aktivität des Rheinwassers folgende Werte:

Stein a. Rhein	1970: $(0,79 \pm 0,08)$ pCi/l	1971: $(0,80 \pm 0,03)$ pCi/l
Kembs	1970: $(0,96 \pm 0,09)$ pCi/l	1971: $(0,72 \pm 0,03)$ pCi/l

5.4.2. *Abwasser:* Für den Bach mit dem Abwasser der Leuchtfarbenfabrik Teufen, das Abwasser der Cerberus AG, Männedorf und für das Abwasser von La Chaux-de-Fonds (beim Eintritt in den Doubs) ergaben sich durchwegs tolerierbare Gesamt-Beta-Aktivitätswerte (Tab. 7).

Die Vorschriften für die Abgabe von Abwasser aus dem Centre Nucléaire Lucens (CNL) verlangen, dass pro Jahr höchstens 500 mCi eines unbekanntes

Gemisches (ohne Ra-226 und Ra-228) oder das Äquivalent davon im Sinne der SSVO, Anhang VII A und B, an die Broye abgegeben wird und dass die Zunahme der Konzentration an Radioisotopen im Broyewasser nach vollständiger Durchmischung 1/20 der nach SSVO, Anhang VII, zulässigen Trinkwasserkonzentrationen nicht übersteigt.

Die nach den Angaben des CNL im Jahre 1971 monatlich im Abwasser an die Broye abgegebenen Aktivitäten sind in Tab. 8a zusammengestellt. Daraus ist zu ersehen, dass die erste Vorschrift für ein unbekanntes Gemisch von Radionukliden erfüllt war.

Stichprobenweise hat die KUER viermal Wasser aus Sammeltanks entnommen und in Freiburg auf Gammastrahler, an der EAWAG auf Sr-90 untersucht. Die Ergebnisse dieser Analysen sind in Tab. 8b enthalten. Die Proben vom 16. 8. und vom 28. 12. stammten aus Sammeltanks, welche noch nicht voll waren, die Proben vom 5. 10. und vom 24. 11. betrafen abgabebereites Tankwasser. Die Abgabe erfolgt mit 0,6 Liter/s, während die Broye 1971 eine minimale Wasserführung von 2 m³/s, eine mittlere von 5 m³/s aufwies. Zur Erfüllung der zweiten Abgabevorschrift bei minimaler Wasserführung des Flusses darf die Konzentration im Abwasser die 160fache Trinkwassertoleranzkonzentration nicht übersteigen. In der letzten Kolonne der Tab. 8b sind die so berechneten zulässigen Konzentrationen der einzelnen Nuklide im Abwasser zusammengestellt. Es zeigt sich, dass das abgabebereite Abwasser ohne Analyse abgegeben werden durfte. Die Übereinstimmung der Messmethoden von CNL und KUER war 1970 festgestellt worden (vgl. 14. Jahresbericht der KUER).

Die Beta-Aktivitätskonzentrationen der vier, gemäss Vorschrift, von der KUER im Eidg. Institut für Reaktorforschung (EIR) Würenlingen erhobenen Abwasserproben sind in Tab. 9a aufgeführt. Obwohl die zulässige Konzentration im Abwasser des EIR für ein unbekanntes Gemisch von Betastrahlern bei einer Abgabe von 100 l/s, 10⁵ pCi/l, bei weitem nicht erreicht war, wurden die beiden stärkern Proben (17. 6. 71 und 24. 8. 71) analysiert. Tab. 9b enthält das Resultat dieser Analysen* zusammen mit demjenigen einer Analyse von Abwasser, welches der KUER am 15. 12. 71 von der Strahlenüberwachungsabteilung des EIR vorschriftsgemäss zugeschiedt wurde. Es handelte sich dabei um Abwasser, dessen Abgabe an die Aare als nicht analysiertes Isotopengemisch unzulässig gewesen wäre, so dass eine Analyse und Kontrolle auf Zulässigkeit der Abgabe notwendig war. Die Analyse dieses Wassers (Tab. 9b, Kol. 4) und der Vergleich mit den zulässigen Aktivitätskonzentrationen (Kol. 5) zeigen, dass die Konzentrationen der festgestellten Isotope dieses Abwassers bei Abgabe von weniger als 5 Liter/s unterhalb ihrer respektiven zulässigen Höchstwerte lagen. Das Abwasser wurde mit 1 l/s an die Aare abgegeben.

* Die scheinbare Diskrepanz zwischen Totalbetamessung (Tab. 9a; 3800 pCi/l) und Gammaanalyse (Tab. 9b; Summe der Aktivitäten rund 8000 pCi/l) der Probe vom 24. 8. rührt davon her, dass die Gammaanalyse am 25. 8. ausgeführt wurde, die Betamessung, nach Eindampfen des Wassers, am 31. 8. vorgenommen wurde, als I-131 (HWZ 8 d) auf rund die Hälfte abgeklungen war.

In Beznau wird das in Kontrolltanks gespeicherte Wasser auf seine Aktivität geprüft und (nach eventueller Behandlung und Verdünnung) unter Einhaltung der Vorschriften an die Aare abgegeben. Das Aarewasser wird durch einen kontinuierlichen Probensammler vom EIR überprüft (s. 5.4.1.). Aus den Kontrolltanks entnimmt die KUER viermal jährlich Wasserproben und untersucht diese auf Gammastrahler und Tritium (letzteres wird im EIR gemessen). Das Ergebnis dieser Analysen ist in Tabelle 10 dargestellt. Am 24. 8. wurden von der KUER Proben aus zwei verschiedenen Sammel tanks erhoben, von denen der eine aufbereitetes Abwasser aus dem Kühlkreislauf des Reaktors (CH3A) und der andere Abwasser aus Wäscherei und Duschanlage (WO5A) enthielt. Wie ein Vergleich der Analysenresultate mit den in der letzten Kolonne der Tabelle 10 aufgeführten höchstzulässigen Konzentrationen der einzelnen Radioisotope im Abwasser zeigt, war die Kontamination des Abwassers stets weit unterhalb des zulässigen Wertes. Die vom AKW Beznau ausgeführten Analysen von Parallelproben zu den von der KUER erhobenen zeigten Ergebnisse, welche mit den in Tabelle 10 aufgeführten übereinstimmen.

5.5. *Plankton und Schwebestoffe, Sediment, Fische und Wasserpflanzen:* Die Gesamt-Beta-Aktivitätswerte der Plankton-, Schwebestoff- und Sedimentproben sowie der Wasserpflanzen und Fische lagen mit den üblichen relativ grossen Schwankungen im Rahmen jener der vorhergehenden Jahre. Die Messergebnisse sind in den Tabellen 11a–c zusammengestellt; der Aktivitätsverlauf seit Beginn der Messungen ist für einige typische Beispiele in den Figuren 7–11 dargestellt.

5.6. *Erdboden, Futter, Milch*

5.6.1. *Umgebung von Reaktoranlagen:* Die Ergebnisse der Cs-137- und K-40-Bestimmungen von Proben von Erdboden und Milch aus der Umgebung von Würenlingen-Beznau sind in Tabelle 12a aufgeführt, diejenigen der Gesamt-Beta-Aktivität, von K-40 und Sr-90 im Gras der Umgebung von Reaktoranlagen in Tabelle 12b. Die Aktivitätswerte sind in Übereinstimmung mit den in Arenenberg und Grangeneuve (5. 6. 2.) gefundenen Werten; eine erhöhte Aktivität, welche aus den Reaktoren stammen könnte, lässt sich nicht nachweisen, Fig. 12 und 13 zeigen die Sr-90-Aktivitäten im Gras der Umgebung von Würenlingen-Beznau und Lucens seit Beginn der Messungen.

5.6.2 *Boden, Gras, Milch in Arenenberg, Davos-Stillberg und Grangeneuve:* Die Tabellen 13–15 enthalten die K-40-, Cs-137- und Sr-90-Aktivitäten von Erdboden, Gras und Milch für das Jahr 1971 der Probenahmestellen Arenenberg TG, Davos-Stillberg GR und Grangeneuve FR, die Figuren 14–18 die entsprechenden Cs-137- und Sr-90-Messwerte seit Beginn der Messungen. Ein signifikanter Unterschied zwischen den diesjährigen Resultaten und jenen der letzten Jahre lässt sich nicht feststellen. Die Unterschiede übersteigen die normalen Schwankungen nicht. Auffallend ist einzig die niedrige Aktivität des Grasses an Cs-137 und Sr-90 im Mai 1971 in Arenenberg bei gleichzeitig etwas erhöhter Cs-137-

Aktivität in Milch. Die Gegenläufigkeit lässt sich dadurch erklären, dass es sich um einzelne Stichproben von Gras handelt, während die Aktivität in der Milch eine Funktion der Aktivitätsaufnahme über eine längere Periode ist. Wie in den frühern Jahren waren in Davos-Stillberg die Aktivitätskonzentrationen in Boden, Gras und Milch bedeutend höher als im Unterland.

Die Toleranzkonzentration von Sr-90 in Milch wird abgeleitet von der zulässigen Sr-90-Belastung im menschlichen Skelett; diese beträgt für die allgemeine Bevölkerung $70 \text{ SU} = 70 \text{ pCi Sr-90/g Ca}$. Beim Einbau in die Knochen wird das Sr aus der Nahrung gegenüber dem Ca um einen Faktor 4 diskriminiert. Dies bedeutet, dass als Richtwert für die Sr-90-Aktivität in der Nahrung, der nicht überschritten werden soll, 280 SU anzusetzen ist. Da die Milch ca. $1,2 \text{ g Ca pro Liter}$ enthält, entsprechen 280 SU rund $340 \text{ pCi Sr-90/l Milch}$, einem Wert, welcher auch in der Milch von Stillberg bei weitem nicht erreicht ist. Für Cs-137 liegt der Richtwert in der Milch bei $30\,000 \text{ pCi/l}$.

5.6.3. *Futter-Milch in der Ostschweiz*: In den Monatsproben von Futter und Milch aus der Ostschweiz traten die normalen Schwankungen auf, wie aus Tabelle 16 und Figur 19 zu ersehen ist. Die Cs-137-Aktivität der Milch zeigte im Mittel eine leichte Erhöhung in den Sommermonaten. Wie der nachstehende Vergleich zeigt, ist der Aktivitätsgehalt in der Milch aus der Ostschweiz seit 1967 praktisch konstant.

Jahresmittel in der Milch Ostschweiz in pCi/Liter

	1967	1968	1969	1970	1971
Cs-137	15,9	15,2	13,6	14,6	16,3
Sr-90	10,5	8,4	8,6	9,3	10,6

5.6.4. *Milchmessungen der ARL*: Vom Eidg. Gesundheitsamt wird seit 1956 Trockenmilch aus dem Kanton Waadt, seit 1958 bzw. 1959 Frischmilch der Berner Molkereien aus dem Flachland und von Mürren auf Sr-90-Aktivität untersucht. Die entsprechenden Ergebnisse sind in den Figuren 20 und 21 aufgezeichnet. Die Messresultate des Jahres 1971 finden sich in der Tabelle 17a. Der mittlere Sr-90-Gehalt der Milch hat sich gegenüber dem Vorjahr nicht wesentlich geändert.

Die in der 4. Kolonne der Tabelle 17a angegebene Aktivität des Oxalatniederschlags ist verursacht durch die Aktivitäten von Sr-89 und Sr-90 + Y-90 in der Milch. Dagegen sind K-40 und Cs-137 nicht darin enthalten. Ce-144 geht praktisch nicht in die Milch über, trägt aber bei Weizen, Früchten und Gemüse (5. 7.) zur Aktivität der Oxalate bei.

Bei Abwesenheit von Sr-89 beträgt das Verhältnis Sr-90-Aktivität zu Aktivität der Oxalate (Sr-90 + Y-90 im Gleichgewicht) in der Milch 0,50. Als Eichisotop für den Oxalatniederschlag (Probendicke ungefähr 50 mg/cm^2) wird K-40 verwendet; da die weiche Betastrahlung von Sr-90 in diesen Präparaten viel stärker absorbiert wird als die energiereichere von K-40, ergibt sich ein zu kleiner Akti-

vitätswert des Oxalates. Zur Sr-90-Bestimmung wird das Tochterprodukt Y-90 (5 mg/cm^2) abgetrennt, gemessen und auf Y-90-Eichung bezogen. Die so bestimmte Aktivität des Sr-90 ist höher als diejenige, welche sich aus der Oxalatomessung ergibt. Als Folge davon erreicht das gemessene Verhältnis Sr-90-Aktivität zu Oxalataktivität 0,70 anstelle des oben angegebenen Wertes von 0,50.

Wenn Sr-89 vorhanden ist, erhöht sich die Aktivität der Oxalate entsprechend; dies erlaubt die Feststellung von Sr-89 aus dem gemessenen Verhältnis Sr-90/Oxalate. Das Verhältnis nimmt proportional zur vorhandenen Sr-89-Aktivität ab. In Tabelle 17a kann dieser Effekt mit dem Erscheinen junger Fissionsprodukte der Bombe vom 14. 10. 70 in der Milch nach dem Frühlingsaustausch bei Frischfütterung festgestellt werden.

Die Messergebnisse von Oxalaten und Sr-90 in der Milch aus dem kantonalen Laboratorium Basel (Tab. 17b) stimmen mit den am EGA und an der EAWAG für Milch aus dem Mittelland gefundenen Werten überein.

Die Resultate der Milchproben, gemessen im Kantonslaboratorium Chur (Tab. 17c), weisen grosse Schwankungen auf; die ermittelte Aktivität der Milch entspricht ungefähr derjenigen von Mürren und Davos-Stillberg (5. 6. 2.). Oxalate in der Milch von Davos vom August enthielten 92 pCi/l ; in der Milch von Davos-Stillberg wurden an der EAWAG 54 pCi Sr-90/l nachgewiesen.

5.6.5. *Milchmessungen des Service Cantonal de Contrôle des Irradiations, Genf:* Vom Service Cantonal de Contrôle des Irradiations in Genf (Dr. M. Cosandey, K. Soucas) werden monatlich Cs-137-Bestimmungen in Milch im Anthropospektrometer durchgeführt. Wie Tabelle 18 zeigt, ergeben sich Resultate, welche mit den Messungen der KUER übereinstimmen (Jahresmittel): KUER Ostschweiz $16,2 \text{ pCi/l}$, SCCI $15,2 \text{ pCi/l}$). Eine Übersicht über die seit 1963 in Genf durchgeführten Cs-Bestimmungen in Milch findet sich in Figur 25 und Tabelle 24.

5.7. *Getreide, Brot, Trinkwasser und andere Lebensmittel (ARL):* Die Arbeitsgemeinschaft zur Überwachung der Radioaktivität von Lebensmitteln hat ausser den unter 5.4. und 5.6.4. angeführten Untersuchungen solche an verschiedenen Proben anderer Lebensmittel und an Trinkwasser ausgeführt. Diese sind in den folgenden Abschnitten zusammengefasst.

5.7.1. *Weizen, Mahlprodukte, Brot:* Die Bestimmung der Aktivität von Weizen und Mahlprodukten der Ernte 1971 am Eidg. Gesundheitsamt wurde noch nicht ausgeführt; dagegen sind die Resultate der Ernte 1970 in Tabelle 19 aufgeführt. Seit 1967 haben sich diese Aktivitäten kaum geändert; in Figur 22 sind die Jahresmittelwerte seit Beginn der Messungen dargestellt.

Am städtischen Laboratorium Zürich wurden 5 Proben von Schwarzbrot auf totale Beta-Aktivität und auf K-40-Aktivität untersucht. Die Messungen zeigen, dass die Aktivität im Brot überwiegend vom natürlichen K-40 herrührt (Gesamt-Beta-Aktivität $1370 \pm 140 \text{ pCi/kg}$, K-40-Aktivität $1510 \pm 340 \text{ pCi/kg}$).

5.7.2. *Verschiedene Lebensmittel:* Früchte, Gemüse, Fische und andere Lebensmittel wurden am EGA, in Basel und Zürich untersucht. Die in Tabelle 20 auf-

geführten Ergebnisse zeigen, dass getrocknete Morcheln aus Indien eine relativ hohe Sr-90-Aktivität aufwiesen. Eine nennenswerte Dosisbelastung entsteht dadurch nicht.

Die im Stadtlaboratorium Zürich untersuchten Proben von Thunfisch aus Japan und Sardinen aus Portugal zeigten auffallend verschiedene Werte zwischen der Beta-Totalaktivität und der K-40-Aktivität.

5.7.3. *Trinkwasser*: Trinkwasser wurde an den Laboratorien Basel (5 Proben), St. Gallen (monatliche Proben von 3 Trinkwasserstationen der Stadt St. Gallen und je einer der Städte Bregenz und Lindau) und Zürich Stadt (20 Trinkwasserproben aus dem Kanton Zürich) auf Aktivität untersucht. Diese lag in allen Fällen nahe der Nachweisgrenze, also weit unterhalb der höchstzulässigen Konzentration.

5.8. *Kontamination des menschlichen Körpers*

5.8.1. *Sr-90 in Knochen und Milchzähnen*: Am Institut für Elektrochemie und Radiochemie der ETH Lausanne (Prof. P. Lerch) wurden 42 Proben von Knochen Erwachsener aus Basel und St. Gallen und 56 Proben von Milchzähnen aus den Regionen Lausanne und Zürich auf ihren Sr-90-Gehalt untersucht. Tabelle 21a zeigt die Ergebnisse der Knochenuntersuchungen ($1 \text{ SU} = 1 \text{ pCi Sr-90/g Ca}$); in Tabelle 21b und Figur 23 sind die Mittelwerte der Sr-90-Konzentrationen in den Knochen Erwachsener seit Beginn der Messungen zusammengestellt. Nach 1967 war eine deutliche Abnahme der Aktivität festzustellen, die sich aber seit 1969 verlangsamt hat. Gegenüber der erlaubten Konzentration (70 SU) im menschlichen Knochen sind die gemessenen Konzentrationen immer klein gewesen.

Die Bildung der Milchzähne und damit der Einbau von Sr-90 erfolgt nur während einer Bildungsperiode (pränatal und postnatal) von ca. 6–12 Monaten. Folglich sind die Milchzähne ein geeigneter Indikator für die Sr-90-Aufnahme mit der Nahrung zur Zeit der Geburt*. Unter den Proben von Milchzähnen, welche 1970 und 1971 auf Sr-90 untersucht wurden (Tab. 22), zeigen diejenigen von Kindern der Jahrgänge 1962 (ZH) bis 1965 speziell hohe Aktivitäten. Dies kommt auch deutlich in Figur 24 zum Ausdruck, in welcher die Aktivität der Milchzähne, nach Geburtsjahr der Kinder geordnet, seit Beginn der Messungen aufgetragen ist. Die Punkte entsprechen den gewichteten Mittelwerten, die Fehlerangabe erstreckt sich auf die Extremalwerte der jährlichen Proberien. Für die nach 1962 geborenen Kinder ist die Statistik noch klein; die starke Zunahme der Aktivität der Milchzähne der Jahrgänge nach 1961 (Beginn der ausgedehnten Atombombentestserien der USA und der USSR) darf aber schon jetzt als gesichert gelten.

5.8.2. *Cs-137 im menschlichen Körper*: Mit dem Ganzkörperzähler des Service cantonal de contrôle des irradiations, Genf (Dr. M. Cosandey, K. Soucas) werden

* Wir danken Prof. H. R. Mühlemann, Zürich, für seine diesbezügliche Mitteilung.

seit 1963 je 5 männliche und weibliche Personen monatlich auf den Cs-137-Gehalt im Körper untersucht. Die individuellen Messergebnisse für 1971 sind in Tabelle 23, die Durchschnittswerte in pCi Cs-137/g Kalium seit Beginn der Messungen in Tabelle 24 und Figur 25 aufgetragen. Für die Allgemeinbevölkerung beträgt die im Gesamtkörper zulässige Aktivität an Cs-137 (body burden) 300 nCi; die Körperbelastung der untersuchten Personen lag 1971 in der Grössenordnung von 1% dieses Wertes.

VI. Schlussfolgerungen

Die in diesem Bericht zusammengestellten Messergebnisse zeigen, dass auch im Jahr 1971 die Radioaktivität in der Schweiz weit unterhalb der Toleranzgrenze lag. Dies gilt sowohl für die weltweite Verstrahlung, der die gesamte Bevölkerung ausgesetzt ist, wie auch für die Abgabe von Aktivität aus Reaktoranlagen und anderen Betrieben an die Umgebung.

Der weltweite radioaktive Ausfall an langlebigen Spaltprodukten infolge von Atombombenexplosionen ist in den letzten Jahren praktisch konstant geblieben. Die vereinzelt gezündeten Bomben verhinderten eine Abnahme der in der Stratosphäre gespeicherten Aktivität, welche vornehmlich durch den Luftaustausch im Frühling in die Troposphäre und von dort auf die Erdoberfläche gelangt. Die abgesetzten Radionuklide werden hauptsächlich durch die Nahrungskette in den menschlichen Körper eingebaut. Unter den langlebigen Nukliden ist Sr-90, das in den Knochen inkorporiert wird, das gefährlichste. Aus der Konzentration in der Milch kann die täglich mit der Nahrung eingenommene Sr-90-Aktivität abgeschätzt werden. Sie beträgt gegenwärtig ungefähr 15–20 pCi/Tag, was rund einem Zwanzigstel der tolerierten täglichen Aufnahme entspricht. Die Bestimmung von Sr-90 in den Knochen zeigte in den letzten Jahren Durchschnittswerte zwischen 1 und 2 SU (= 1–2 pCi Sr-90/g Ca); nach internationalen Normen sind 70 SU im Skelett zulässig.

Auch die mit dem Ganzkörperzähler bestimmte Cs-137-Aktivität ist bei den untersuchten Personen mit 2–5 nCi-Cs-137 weit unterhalb der für die Allgemeinbevölkerung erlaubten Aktivität von 300 nCi im Gesamtkörper geblieben.

In diesem Bericht sind ebenfalls die Messergebnisse der von der KUER erhobenen Stichproben von Abwasser aus Reaktoranlagen und weiterer Untersuchungen, welche die Abgabe von Aktivität solcher Anlagen an die Umgebung betreffen (Aarewasser ober- und unterhalb Würenlingen-Beznau, totale Abgabemengen des CN Lucens an die Broye), aufgeführt. Diese Messungen führen zum Schluss, dass die für Reaktoranlagen vorgeschriebenen Sicherheitsmassnahmen im normalen Betrieb eine Gefährdung der Bevölkerung betr. Radioaktivität in der Umgebung ausschliessen. Dabei ergibt sich bei unvoreingenommener Durchsicht der gesamten Messresultate in diesem Bericht die Folgerung, dass bei den heute geltenden Vorschriften vom Standpunkt des Strahlenschutzes der Bevölkerung aus gegen die Errichtung von Kernkraftwerken keine Einwände zu erheben sind. Nach dem heutigen Stand der Technik tragen Kernkraftwerke

dem Umweltschutz besser Rechnung als thermische Kraftwerke entsprechender Leistung.

Gesamthaft darf festgestellt werden, dass die radioaktive Kontamination in unserem Lebensmilieu im Jahre 1971 niedrig war. Falls keine neuen oberirdischen Atombombenexplosionen stattfinden, wird sich diese noch weiter verringern.

Anhang

In diesem Bericht sind die Jahresberichte der Mitglieder der KUER und folgender Stellen, denen wir ihre Mitarbeit bestens verdanken, zusammengestellt:

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

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

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

Service cantonal de contrôle des irradiations, Genève (Dr. M. Cosandey, K. Soucas).

Physikalisches Institut der Universität Bern (Prof. Dr. H. Oeschger)

Für die grosse Unterstützung in allen Belangen sei dem Eidg. Gesundheitsamt (Dir. Dr. A. Sauter) und dessen Sektion Strahlenschutz (Dr. W. Hunzinger) der beste Dank ausgesprochen. Wir verdanken ebenfalls wertvolle Hilfe der Guigoz SA, Vuadens, der Nestec SA, La Tour-de-Peilz, und den Betreuern der zahlreichen Probesammelstellen der Kommission.

Am 5. Februar 1971 verschied der langjährige verdiente Präsident von KUER und Alarmausschuss, Herr Prof. Dr. Paul Huber, Basel. Seine Tätigkeit wurde in einem Nachruf im Jahresbericht 1970 gewürdigt.

Die Nachfolge im Präsidium der beiden Gremien trat Herr Prof. Dr. O. Huber, Freiburg, an. Zum neuen Mitglied der KUER wurde Herr Dr. J. L. Mauron, Vevey, gewählt.

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
 Prof. Dr. W. Stumm, ETH Zürich
 Prof. Dr. J. Wellauer, Universität Zürich

Freiburg, den 8. April 1972