Zeitschrift: Bericht der Eidgenössischen Kommission zur Überwachung der Radioaktivität

Herausgeber: Eidgenössische Kommission zur Überwachung der Radioaktivität

Band: 16 (1972)

Rubrik: 16. Bericht der Eidg. Kommission zur Überwachung der Radioaktivität für das Jahr 1972 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: 13.07.2025

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

Sonderdruck aus der Beilage B, Nr. 3/1973
zum «*Bulletin des Eidg. Gesundheitsamtes*»
vom 22. September 1973

Tiré à part du supplemént B, nº 3/1973
du «*Bulletin du Service fédéral de l'hygiène publique*» du 22 septembre 1973

16. Bericht der Eidg. Kommission zur Überwachung der Radioaktivität für das Jahr 1972 zuhanden des Bundesrates*

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

I. Übersicht

Die Eidg. Kommission zur Überwachung der Radioaktivität (KUER) hat gemäss ihrem Reglement (6. 2. 1959) folgende Aufgaben:

a) Sie überwacht die Radioaktivität der Luft, der Niederschläge, der Gewässer und des Bodens durch fortlaufende Messungen.

b) Sie unterrichtet den Bundesrat regelmässig über das Ergebnis der Überwachung.

c) Sie bereitet die vom Bundesrat zu veranlassenden Orientierungen der Bevölkerung über das Ergebnis der Überwachung und über das Verhalten bei allfälliger Zunahme der Radioaktivität vor.

d) Sie stellt dem Bundesrat Antrag über Massnahmen zum Schutze der Bevölkerung im Falle erhöhter Radioaktivität.

---

* Texte français, voir page 214.

Die Aufgaben der Kommission wurden im Berichtsjahr in drei Sitzungen behandelt; in vier weiteren diejenigen des Alarmausschusses, einer Subkommission der KUER, die sich mit den Massnahmen bei einem nuklearen Ereignis – vom Unfall bis zur Atombombenkatastrophe im Frieden – befasst. Der Alarmausschuss besteht aus Fachleuten und Vertretern von sechs eidgenössischen Departementen.

Der Mensch war seit jeher ionisierender Strahlung ausgesetzt; bis zum 20. Jahrhundert war diese Strahlung nur natürlichen Ursprungs. Auch heute stammt der grösste Teil der Strahlendosis, welche die Bevölkerung im Mittel erhält, trotz der Anwendung radioaktiver Strahlung in Industrie, Technik und Medizin, immer noch von natürlichen Strahlenquellen. An dieser Tatsache haben auch die Atombombentests in der Atmosphäre und die vermehrte Errichtung von Kernkraftwerken nichts geändert. Bei jeder zusätzlichen Strahlenbelastung zum natürlichen Untergrund sind die zulässigen Risiken gegen den Nutzen der Anwendung ionisierender Strahlung abzuwägen, wie das im Zeichen des Umweltschutzes nun auch auf anderen Gebieten geschieht.

Die natürliche Strahlenbelastung rührt von der kosmischen Strahlung und natürlich radioaktiven Nukliden in der Erdkruste und in der Luft her. Neben der daraus resultierenden äusseren Bestrahlung gelangen radioaktive Nuklide durch Nahrungsaufnahme und Einatmen in den menschlichen Körper (hauptsächlich K-40, C-14, H-3 usw.) und tragen damit zu einer inneren Bestrahlung bei. Die äussere Strahlenbelastung hängt im wesentlichen von der geographischen Breite, stark von der Höhe über Meer und besonders auch von den geologischen Formationen ab, auf denen wir leben. In der Schweiz variiert die natürliche Gonadendosis zwischen 80–350 mrem/Jahr mit einem ökologisch gewogenen Mittelwert von 150 mrem/Jahr. Es besteht also eine relativ grosse Variationsbreite der natürlichen Strahlenbelastung.

Damit die KUER ihre Aufgabe erfüllen kann, muss sie imstande sein, Bestrahlungsdosen festzustellen, welche klein sind gegenüber der Variationsbreite des «Untergrundes». Jede festgestellte zusätzliche Strahlendosis muss im Lichte dieses Untergrundes und seiner Variationsbreite betrachtet werden.

Bei der Kernspaltung von Uran, Plutonium und Thorium oder bei Kernreaktionen werden künstlich radioaktive Nuklide erzeugt. Solche Radionuklide existieren von jedem chemischen Element. Grundsätzlich ist die Wirkung ihrer Strahlung auf den menschlichen Körper genau gleich wie jene der natürlichen Strahlung, kann also auch als Dosisleistung (z.B. mrem/Jahr) ausgedrückt werden. Die verschiedenen Radionuklide unterscheiden sich voneinander durch die Art und Energie der ausgesendeten Strahlung, durch die Halbwertszeit und durch das chemisch-biologische Verhalten im Körper. Diese Eigenschaften sind für die wichtigsten in die Biosphäre gelangenden Radionuklide bekannt. Bei Kenntnis der Nuklidzusammensetzung einer Aktivität kann demgemäss auf die Gefährdung, welche sie für den Menschen darstellt, geschlossen werden.

Die externe Betrahlung durch künstliche Radioaktivität zeigte in unseren Breitengraden in den Jahren 1962/63 – nach Absetzen der Spaltprodukte aus den Bombentestserien der USA und der USSR – ein Maximum in der Grössen-

ordnung von 10–30 mrem/Jahr, also rund 10% der Untergrundstrahlung. Nach dem Atombombentestabkommen von 1963 ging die Absetzung von Spaltprodukten stark zurück (z.B. gemessene Absetzung von Spaltprodukten in Locarno 1963: 1225 mCi/km², 1972: 27 mCi/km²), so dass heute die entsprechende Strahlendosis klein ist. Die Abgabe von Radioaktivität aus Kernkraftwerken, welche zum grössten Teil aus Radioisotopen von Edelgasen besteht, die nicht im Körper eingebaut werden, führt bei normalem Betrieb für die Bevölkerung in der Umgebung der Anlagen zu maximalen externen Dosisleistungen von weniger als 10 mrem/Jahr.

Für die interne Bestrahlung durch weltweiten radioaktiven Ausfall von Atombombentests oder durch Abgase aus Reaktoren sind praktisch nur wenige Radionuklide wichtig. Es sind dies vor allem I-131, das sich in der Schilddrüse konzentriert, Sr-90, ein «Knochensucher», und Cs-137, das sich vorwiegend in den Muskeln ablagert. Sie gelangen hauptsächlich durch die Nahrungsaufnahme, in geringerem Mass auch durch die eingeatmete Luft in den Organismus. Messungen solcher Radionuklide in den wichtigsten Nahrungsmitteln und im menschlichen Körper zeigten in der Schweiz nie Werte, welche eine nennenswerte Strahlenbelastung zur Folge gehabt hätten.

Im Jahre 1972 fanden über der nördlichen Erdhalbkugel zwei Atombombenversuche der chinesischen Volksrepublik statt:

Am 7. 1. 72 explodierte im westlichen China eine A-Bombe von 20 kt, am 18. 3. 72 eine solche von 20–200 kt. In der Südsee unternahm Frankreich im Juni/Juli 1972 eine Reihe von Atombombentests: 25. 6., 30. 6. und 29. 7. je eine Explosion mit Energie kleiner als 20 kt. Ein merklicher Einfluss der Spaltprodukte dieser letzteren Bomben ist in der Schweiz nicht zu erwarten, da sich die Luftmassen der nördlichen und der südlichen Hemisphäre nur sehr wenig vermischen.

Allgemein darf vermerkt werden, dass die Umweltradioaktivität im Jahr 1972 gegenüber dem Vorjahr, in welchem sie schon klein war, noch weiter abgenommen hat. Dies ist weitgehend darauf zurückzuführen, dass seit dem Herbst 1970 auf der nördlichen Erdhalbkugel keine Megatonnenbomben mehr gezündet wurden.

II. Messnetz

Das im Jahresbericht 1971 erwähnte Messprogramm ist 1972 in Kraft getreten. Es fusst auf dem Konzept, Aktivitätsimmission in die Umwelt von Betrieben, welche der Strahlenschutzverordnung unterstehen, möglichst nahe ihrer Quelle zu erfassen und die Biosphäre gesamtschweizerisch auf Radioaktivität zu überwachen. Dieses Messnetz wird laufend den notwendigen Anforderungen angepasst. Das Probenahmeprogramm ist in Tab. 1 aufgeführt.

Alle diese Proben werden spezifischen Messungen unterworfen, welche den Nachweis von α-, β- und γ-Strahlern gestatten. Von den Luftfilterproben werden z.B. zuerst γ-Spektren aufgenommen, nach dem Veraschen β-total- und α-

Messungen ausgeführt, um die hauptsächlichen radioaktiven Nuklide in der Luft zu bestimmen. Mit speziell empfindlichen Methoden werden Analysen auf weitere Nuklide wie Ar-37 vorgenommen. Die in Tab. 1 aufgeführten Abwasserproben werden ausser auf die totale β-Aktivität gezielt auf diejenigen radioaktiven Nuklide untersucht, die hauptsächlich in das Abwasser der zu überwachenden Betriebe gelangen. Da in der Milch nur die Sr-, I- und Cs-Isotope für Strahlenschutzbelange eine praktische Bedeutung haben, werden diese Proben speziell daraufhin untersucht; hingegen müssen andere Lebensmittelproben grundsätzlich auf die gesamte Aktivität untersucht werden. Wird bei einer Messung eine erhöhte Aktivität festgestellt, so wird die Untersuchung so weit durchgeführt, bis die Gefährdung für den Menschen beurteilt werden kann.

Die Messstelle Payerne wurde im April 1972 mit einer neuen automatischen Luftüberwachungsanlage versehen. Die Sammelzeit pro Filter im Normalbetrieb wurde auf 12 h und der Beginn der letzten Messung auf 96 h nach der Sammlung eingestellt. Daraus ergibt sich einerseits, dass das natürliche Pb-212 (Th B, Halbwertszeit 10,6 h) und seine Folgeprodukte vollständig abgeklungen sind und nicht mehr wie bei der früher verwendeten Apparatur eine künstliche Aerosolaktivität der Grössenordnung 1 pCi/m^3 Luft vortäuschen; andererseits wird die Staubbelegung des Filters kleiner, was zu einem gleichmässigeren Luftdurchfluss, aber auch zu einer kleineren Empfindlichkeit führt. Die Messgrenze liegt bei ca. 0,4 pCi/m^3 Luft, was für die Radioaktivitätsüberwachung vollständig ausreicht (die maximal zulässige ständige Konzentration eines nicht analysierten Gemisches von Spaltprodukten in der Atemluft für die Allgemeinbevölkerung beträgt 3 pCi/m^3 Luft).

III. Neu aufgenommene Arbeiten und spezielle Untersuchungen

3.1. *α-Spektroskopie mit Gitterionisationskammer*

Durch Änderungen an der Gitterionisationskammer für α-Spektroskopie (Fig. 1 zeigt die vollständige Messanordnung) und der zugehörigen Elektronik konnte das Energieauflösungsvermögen für eine elektrolytische Po-210-Quelle auf eine Halbwertsbreite von 35 keV bei einer Ansprechwahrscheinlichkeit von rund 40% gebracht werden. Diese für Ionisationskammern hohe Auflösung ist erwünscht zur Trennung des gefährlichen α-Strahlers Pu-239 (Linien bei 5,143; 5,156 MeV) vom natürlichen in der Luft vorhandenen Po-210 (5,305 MeV). Dabei sollte allerdings wegen der hohen Absorption das Probenmaterial auf der verfügbaren Quellenfläche von 135 cm^2 die Menge von 20–30 mg nicht überschreiten (das entspricht der Asche eines geglühten Höhenflugfilters). Die Nachweisgrenze für Pu-239 liegt bei $\sim$0,1 pCi, während die höchstzulässige Konzentration für die Allgemeinbevölkerung bei 0,02 pCi/m^3 Luft liegt. Die Sammlung von ca. 100 m^3 Luft genügt also zur Messung dieser höchstzulässigen Konzentration.

In den einfachsten Fällen beschränkt sich die Aufbereitung des Probenmaterials auf Veraschen und Glühen. Da beim Glühen Verluste auftreten

(Polonium verdampft fast vollständig), ist eine Nassveraschung mit Perchlorsäure vorzuziehen. Zur Weiterbehandlung wird der Rückstand mit Säure in Salze (Nitrate oder Chloride) übergeführt, die, in wenig Wasser gelöst, als kleine Tröpfchen auf einem erhitzten Quellenträger eingedampft werden.

Solche Quellen ergeben eine Auflösung von 100–150 keV und erlauben die Bestimmung der totalen α-Aktivität und in vielen Fällen die Identifizierung der einzelnen α-Strahler (vgl. S. 145 und Fig. 2 rechts).

Zur spezifischen Bestimmung von Pu kann dieses chemisch aus einer sauren Lösung mit TiOA (Triisooktylamin) in Xylol abgetrennt werden (liquid-liquid-extraction). Die Quellenherstellung erfolgt auf die oben beschriebene Weise (Spektrum Fig. 2 links).

Quellen mit besserer Auflösung liefert die Extraktion mit TTA (Thenoyltrifluoraceton) in Benzol. Die organische Phase wird nach der Separation in einem Uhrenglas eingedampft und der TTA-Rückstand geglüht, was eine praktisch trägerfreie Quelle ergibt. Messungen solcher Quellen mit der Gitterionisationskammer zeigen Auflösungen von ~80 keV, während die Messung mit einer Siliziumsperrschicht-Diode (Auflösung einer elektrolytischen Po-210-Quelle: 16,6 keV) eine Halbwertsbreite von 18 keV ergab.

3.2. *Farbversuche in der Broye*

Zur Abklärung, ob bei der Probeentnahmestelle an der Broye (ca. 700 m unterhalb der Abwasserabgabestelle aus der Kaverne des gänzlich demontierten Reaktors Lucens) das Abwasser der Centrale Nucléaire vollständig mit dem Flusswasser vermischt ist, hat die EAWAG Farbversuche unternommen. Selbst bei Niedrigwasser (10. 11. 72) stellte sich heraus, dass der Farbstoff, welcher direkt in den Abwasserkanal geschüttet wurde, 300–400 m unterhalb der Abgabestelle weitgehend und bei 600–700 m vollständig mit dem Flusswasser vermischt war. Damit ist erwiesen, dass die seinerzeit ausgesuchte Probenahmestelle richtig gewählt wurde.

IV. Messergebnisse

4.1. *Luft*

4.1.1. *Gesamt-Beta-Aktivität*

Die spezifische Gesamt-Beta-Aktivität der Luft in der Schweiz war auch im Jahr 1972 so schwach, dass die nach 48 h kontinuierlich aufzeichnenden Luftüberwachungsapparaturen im wesentlichen natürlichen Untergrund registrierten (Tab. 2a). Ein übereinstimmendes Resultat ergaben die Messungen der Gesamt-Beta-Aktivität aus den Luftfiltern von Freiburg und Würenlingen (Fig. 3, Tab. 2b).

Die Luftaktivität hatte 1966/1967 ein Minimum erreicht und zeigte in den folgenden Jahren wieder eine leichte Erhöhung, die auf die chinesischen Bomben

im Megatonnenbereich zurückzuführen ist (17. 6. 67, 24. 12. 68, 29. 9. 69, 14. 10. 70). Dass 1971 und 1972 über der Nordhemisphäre keine Megatonnenbomben gezündet wurden, zeigte sich im fast vollständigen Ausbleiben des Frühlingsanstiegs und damit einem Absinken der mittleren Luftaktivität im Berichtsjahr, wie aus der folgenden Zusammenstellung ersichtlich ist.

Jahresmittel der Gesamt-Beta-Aktivitätskonzentration der Luft (pCi/m³)

	1967	1968	1969	1970	1971	1972
Freiburg	0,03	0,07	0,12	0,11	0,13	0,04
Würenlingen	0,05	0,13	0,17	0,19	0,20	0,05

4.1.2. *Gammaaktivität*

Die beiden chinesischen A-Bomben vom 7. 1. 72 (20 kt) und vom 18. 3. 72 (20–200 kt) brachten Schübe von jungen Fissionsprodukten, die sich aber in der bodennahen Luft wenig auswirkten. In den Gammaspektren der Wochenfilter vom 14. 1.–5. 2. und vom 24. 3. 72 an traten junge Spaltprodukte auf, welche jedoch die Luftaktivität nur kurze Zeit erhöhten. Im weiteren Verlauf des Jahres zeigten die Spektren einen zunehmend höheren Anteil des natürlichen Be-7 (53 d HWZ), welches gegen Ende des Jahres mehr als 90% der gesamten langlebigen Luftaktivität ausmachte.

Ein Sammelstreifen der Luftüberwachungsapparatur am Kamin der früheren Centrale Nucléaire Lucens wurde in Freiburg γ-spektrometrisch untersucht. Die Ventilation der Reaktorkaverne und die Apparatur selbst waren nur intermittierend eingeschaltet. Der Luftdurchsatz musste deshalb aus dem Filtervorschub und dem stündlichen Luftdurchsatz bestimmt werden: Zwischen dem 20. Juni und dem 10. Juli 1972 wurden während 200 h total 6000 m³ Abluft der Reaktorkaverne durch den Filter gesaugt. Die totale Aktivität des Streifens ergab 45 ± 15 pCi Ce-144 und 35 ± 15 pCi Cs-137, d.h. $(8 \pm 3) . 10^{-3}$ pCi Ce-144/m³ und $(6 \pm 3) . 10^{-3}$ pCi Cs-137/m³, Werte in der Grössenordnung der gegenwärtigen Luftaktivität.

4.1.3. *Alpha-Aktivität*

Zur Bestimmung der Alpha-Aktivität der Luft wurden wöchentlich Filter von Stein/AG mit der «Dicke–Schicht»-Methode gemessen. Die totale langlebige Alpha-Aktivität, die zur Hauptsache vom natürlichen Po-210 herrührt, blieb sogar ständig unterhalb der höchstzulässigen Konzentration für Pu-239 in der Atemluft der Allgemeinbevölkerung (0,02 pCi/m³).

Als Anwendungsbeispiele der TTA-Extraktions-Methode (s.v.) wurden Luftfilter von Morges vom 6. 10.–3. 11. und vom 7.–31. 12. 72 auf Pu-239 untersucht. Die daraus errechneten Aktivitäten betrugen $2{,}3 . 10^{-5}$ pCi Pu-239/m³ Luft resp. $4{,}3 . 10^{-5}$ pCi Pu-239/m³ Luft.

4.1.4. *Ar-37*

Bei der Messung von Ar-37 in der Troposphärenluft (Prof. H. Oeschger, R. Studer, Universität Bern) war bis im März 1972 der im Jahresbericht 1971 erwähnte Anstieg vom 12. Oktober 1971 von einer unterirdischen A-Bombenexplosion noch feststellbar. Seit dem März 1972 lagen die Messwerte wieder zwischen 0,002 und 0,006 pCi Ar-37/l Ar; die natürliche Aktivität der Troposphäre wird zu ~0,001 pCi Ar-37/l Ar angegeben.

Seit dem 12. September trat in den Proben von Bern ein neuer Anstieg des Ar-37-Gehaltes auf, der bis zu einem Maximalwert von 0,812 ±0,006 pCi Ar-37/l Ar führte. Daraufhin wurden Ar-Proben von verschiedenen Ländern angefordert. Wie aus Fig. 4 hervorgeht, hat sich diese Kontamination innerhalb von zwei Monaten auf der ganzen nördlichen Hemisphäre bis über den 20. Breitengrad homogen verteilt. Der Äquator wirkte als Barriere, wie die Probe aus Sidney zeigt. Der Grund der Verseuchung wird in einer unterirdisch gezündeten Atomexplosion vom 28. 8. 72 in Nowaja Semlja vermutet.

4.1.5. *Produkte der chinesischen Atombomben vom 7. 1. und 18. 3. 72*

Der Spaltproduktschwaden der Atombombe vom 7. Januar wurde auf dem Jungfraujoch am 16./18. Januar (8,3 pCi/m³) und am 24./25. Januar (2,7 pCi/m³), derjenige der Bombe vom 18. März am 30. 3./1. 4. (2,5 pCi/m³) registriert. Auf dem Weissfluhjoch trat nur am 25./26. Januar eine Spitze von 2,3 pCi/m³ Luft auf. Diese unerwarteten Messergebnisse lassen sich nach einer Mitteilung der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt* durch die Rekonstruktion der Bahn des Spaltproduktschwadens mit Beginn am 7. Januar in Sinkiang erklären. Darnach erreichten die Luftmassen auf West-Ost-Kurs im 300-mb-Niveau am 16. Januar die westlichen Alpen, blieben dort unter der Einwirkung eines kräftigen Hochs über Osteuropa kurze Zeit stationär (16./18. Januar Jungfraujoch) und wurden nachher unter dem Einfluss eines Wirbels über dem Mittelmeer via Spanien–Nordafrika–Jugoslawien nach Norditalien und erneut zu den Westalpen verfrachtet (Jungfraujoch 24./25. Januar). Eine neue Westwindphase trieb die kontaminierten Luftmassen nach Osten (25./27. Januar Weissfluhjoch), von wo sie durch einen Einbruch maritimer Luft unter dem Einfluss eines Nordseetiefs endgültig nach Osten gesteuert wurden.

Gammaspektrometrische Untersuchungen der Spaltprodukte der Bombe vom 7. 1. 72 wurden an einem Höhenflugfilter, gesammelt am 17. 1. in 10 700 m Höhe (Tropopause 11 000 m), an zwei Filterabschnitten der Station Jungfraujoch vom 15.–19. 1. und vom 23.–27. 1. und an einer Sammelprobe der Luftfilter der sechs Bodenstationen durchgeführt.

Das mit der Ge-Li-Diode aufgenommene Spektrum eines Höhenflugfilters vom 17. Januar (HF-7202) ist in Fig. 5 dargestellt. Tab. 3 fasst die Resultate der Auswertung dieses Höhenflugfilters und der Filterabschnitte der Überwachungsanlage Jungfraujoch vom 15.–19. 1. und vom 23.–27. 1. zusammen.

---

* Wir danken Herrn Dr. M. Schüepp für die Abklärung.

Wie in früheren Jahresberichten (1969, 70, 71) wurde die Aktivität dargestellt als die Anzahl Spaltungen, welche zur gemessenen Aktivität führten.

Das Gemisch der Spaltisotope war wenig fraktioniert; die maximalen Abweichungen der nachgewiesenen Isotopenverhältnisse von einem normalen Spaltfragmentgemisch von Pu-239 betrug ~40%. Auffallend ist nur die Diskriminierung von Zr-95; diejenige des Edelgases Xe-133 ist evident. Die zu hohen Werte von Ce-144 rühren von Überresten früherer Explosionen her. U-237 konnte nicht nachgewiesen werden, was zeigt, dass weder U-235 noch U-238 gespalten wurden; letzteres war jedoch in der Bombe vorhanden; aus den im Höhenflugfilter HF-7202 nachgewiesenen 0,13 ± 0,02-Np-239-Kernen pro Spaltung kann das Mengenverhältnis von U-238/Pu-239 in der Bombe zu ~1 abgeschätzt werden. In den Filterabschnitten vom Jungfraujoch war Np-239 (2,35 d HWZ) zur Zeit der Messung nicht mehr vorhanden.

Zum Vergleich der Luftaktivitätskonzentrationen in den verschiedenen Höhen zur Zeit des ersten Durchgangs der Spaltprodukte am 17. 1. wurde Ba-140 herangezogen. Die Ba-140-Aktivität betrug im Höhenflugfilter (10 700 m) 0,21 pCi/kg Luft, auf dem Jungfraujoch (3400 m) 0,53 pCi/kg und in der bodennahen Luft im Mittel der sechs Stationen 0,12 pCi/kg Luft, unter der Annahme, dass der Durchgang der Spaltprodukte am Boden 48 h dauerte (Schätzung aus dem Registrierstreifen Jungfraujoch).

Die Aktivität der Spaltprodukte der Bombe vom 18. 3. 72 wurde anhand der Gamma-Spektren von sechs Höhenflugfiltern analysiert (Tab. 4). Aus dem Verhältnis Kerne U-237/Anzahl Spaltungen = 0,15 (vgl. Jahresbericht 1969) geht hervor, dass das Spaltmaterial U-238 war und vorwiegend durch schnelle Neutronen gespalten wurde. Das Verhältnis Kerne Np-239/Anzahl Spaltungen = ~1 weist auf eine niedrige Spaltrate des U-238-Mantels gegenüber dem Neutroneneinfang hin.

Neben den Höhenflugfiltern wurden auch die Luftfilter und Niederschlagsproben der einzelnen Überwachungsstationen systematisch untersucht. Die Aktivitäten dieser Proben waren jedoch viel kleiner als diejenigen der Höhenflugfilter.

Das hervorstechendste Merkmal aller Proben war die grosse Anzahl «heisser Teilchen» (Fig. 6). Diese erlaubten γ-Analysen von Gruppen und sogar von einzelnen heissen Teilchen.

Aus dem Filter HF 7204 wurden auf Grund der Autoradiographie zwei Proben zu je acht Teilchen zur γ-spektroskopischen Analyse zusammengefasst. Die Probe A enthält Teilchen mit Schwärzungsflecken scharfer Umrandung, die Probe B solche mit unscharfen Rändern. Da die Proben A und B ungefähr die gleiche Fraktionierung aufweisen (siehe Tab. 5), ist der scharfe bzw. unscharfe Rand durch die verschieden tiefe Lage in der Filterprobe erklärbar. Ausserdem wurde ein Teilchen, das gemäss der Schwärzung zur Probe A gehören würde, als Einzelprobe C analysiert. Aus einem weiteren Flugfilter (Sammlung 6./7. 4. 72) wurden acht Teilchen zu einer Probe D zusammengefasst. Probe E enthält den Rückstand einer Vaselineplatte, welche vom 23. 3.–7. 4. 72 im EIR exponiert wurde, und Probe F ein einzelnes heisses Teilchen des Luftfilters der Station Freiburg der Woche vom 30. 3. bis 7. 4. 72 (Fig. 7).

In Tab. 5 sind die zum Teil hohen Fraktionierungen der Spaltnuklide dieser Proben A–F bezüglich Ce-141 (U-238-Spaltung) und zum Vergleich ausserdem diejenige des Gesamtfilters HF-7204 aufgetragen, dessen Fraktionierung wenig ausgeprägt ist; sie liegt mit Ausnahme des Edelgases Xe-133 und des langlebigen Ce-144 innerhalb eines Faktors 2.

Die Proben A, B und C zeigen im wesentlichen unter sich die gleiche, gegenüber HF-7204 verstärkte, Fraktionierung. Angereichert gegenüber dem Normierungsisotop Ce-141 treten Mo-99, Nd-147, Zr-95 und Ce-144 auf, diskriminiert Te-132, Xe-133, Ba-140 und besonders Ru-103.

Bei der Vaselinprobe E sind die flüchtigen Isotope, wahrscheinlich bei der Herstellung des Präparates, verdampft.

Bei der Fraktionierung der Probe F fällt auf, dass alle messbaren Isotope bezogen auf Ce-141 ca. zweimal häufiger auftreten als in der Probe D (bei Ce-144 Faktor 1,3). Daraus lässt sich schliessen, dass in Probe F das als Normierungsisotop verwendete Ce-141 um einen Faktor 2 gegenüber Probe D diskriminiert ist.

Interessant ist das Verhältnis von Zr-95 zu Ru-103, welches bei rund 2 im gesamten Filter, zwischen 8 in der Probe B und 50 in den Proben D und F liegt.

Mit der Gitterionisationskammer wurden α-Spektren der Höhenflugfilter HF-7202 (17. 1. 72, Fig. 2) und HF-7209 (2. 5. 72) aufgenommen, welche die folgenden Erwartungen bestätigen:

Der grösste Teil der α-Aktivität auch in der oberen Troposphäre stammt vom natürlichen Po-210. Ursprünglich emaniert Rn-222 aus der Erdkruste und zerfällt rasch in das langlebige Pb-210 (22 Jahre). Dieses diffundiert bis in grosse Höhen und deshalb ist sein Nachfolgeprodukt Po-210 auch dort vorhanden. Die nachgewiesenen α-Strahler Pu-239, Pu-240, Am-241 (aus Pu-241 $\xrightarrow{\beta^-}$) und Np-237 (aus U-237 $\xrightarrow{\beta^-}$) entstehen bei nuklearen Explosionen. U-238 und U-234 stammen aus nicht gespaltenem Bombenmaterial, während Pu-238 beim Verglühen der Nuklearbatterie eines Satelliten im Jahre 1964 in die Atmosphäre gelangte.

4.2. *Niederschläge*

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

Im Mittel der Stationen hat die spezifische Gesamt-Beta-Aktivität der Niederschläge gegenüber 1971 abgenommen; dies wirkte sich auch auf die total dem Erdboden durch Niederschlag zugeführte Aktivität aus, wie aus der folgenden Tabelle hervorgeht.

Vergleich der Niederschlagsaktivitäten 1971/72, Mittel aus fünf Messstationen

Jahr	*Niederschlag* *mm*	*Mittlere spez. Aktivität* *pCi/l*	*Mittlere dem Erdboden zugeführte Aktivität* *mCi/km²*
1971	1038,8	23	24,1
1972	1085,5	17	18,0

Die monatlichen Durchschnittswerte der einzelnen Stationen sind in Tab. 6 aufgeführt; Fig. 8 zeigt die Ergebnisse der Station La Valsainte.

Die durch trockene Staubablagerung in Locarno dem Erdboden zugeführten Aktivitäten (Tab. 7) waren auch 1972 viel kleiner als die mit dem Niederschlag abgesetzten (1,0 mCi/km² gegenüber 27,0 mCi/km²).

In Freiburg wurde am 26. 1. 72 wiederum eine Schneeprobe genommen und γ-spektrometrisch analysiert. Wie im Vorjahr (vgl. Jahresbericht 1971) zeigten sich ausser einer schwachen Aktivität von Cs-137 keine weiteren Gammastrahler.

4.2.2. *Tritium*

Die Resultate der am Physikalischen Institut der Universität Bern (Prof. H. Oeschger. U. Schotterer, Dr. U. Siegenthaler) ausgeführten Tritiummessungen an Regenwasserproben sind in Tab. 8 und Fig. 9 aufgezeichnet. Seit September 1972 werden auch in Locarno Niederschlagsproben zur Tritiumbestimmung erhoben, so dass nun auch südlich der Alpen eine Station besteht.

Besonders auffallend ist die bei allen Stationen kurzfristig stark erhöhte Tritiumkonzentration zwischen dem 8. und 10. Juni (Tab. 8). Es scheint sich um eine relativ lokale Tritiumimmission zu handeln. Für diese zusätzliche Tritiumdeposition lassen sich folgende Werte berechnen, wenn man für den natürlichen Pegel im Regenwasser im Juni 1000 pCi/l einsetzt:

Bern 0,9 μCi/m², Guttannen 0,8 μCi/m², Grimsel 0,3 μCi/m². Eine Abschätzung (Annahme 0,5 μCi/m² auf das betroffene Gebiet von etwa 10^4 km²) ergibt, dass zusätzlich zur natürlichen Deposition etwa 5 kCi T ausgeregnet wurden, was rund 2% der jährlich in die Schweiz eingeführten T-Menge entspricht. Verglichen mit der höchstzulässigen Tritiumkonzentration im Trinkwasser für Personen der Allgemeinbevölkerung (1 μCi/l bei ständiger Einnahme während 30 Jahren) war die spezifische T-Aktivität des Regenwassers allerdings noch gering.

Es liegt der interessante Fall vor, dass Tritium ausserhalb des Kontrollbereiches der Schweiz in die Luft gelangte und über den angegebenen Messstellen ausgeregnet wurde.

Das mit den Niederschlagsmengen gewogene Jahresmittel für Bern betrug 1540 pCi T/l Regenwasser, d.h. das 1,75fache von 1971, ohne die erhöhten Juni-Werte das 0,64fache.

4.3. *Oberflächen-, Grund- und Abwasser*

4.3.1. *Wasser und Schlamm aus der Zisterne Saulcy/BE*

Die Gesamt-Beta-Aktivität (Betastrahler mit Energie >0,16 MeV) im Zisternenwasser zeigte immer weniger als 10 pCi/l, wie die Messungen an der EAWAG, Dübendorf (Prof. W. Stumm, Frau Dr. M.M. Bezzegh) zeigten. Damit war sie bedeutend kleiner als 30 pCi/l, die zulässige Konzentration (nicht analysiertes Gemisch ohne Ra-226 und Ra-228), welche die Gesamtbevölkerung ständig im Trinkwasser haben dürfte. Für den Schlamm derselben Zisterne ergaben sich wie in früheren Jahren Gesamt-Beta-Aktivitätswerte von 200 bis 400 pCi/g getrocknetes Material (Tab. 9).

4.3.2. *Oberflächen- und Grundwasser*

Die vom EIR betriebenen kontinuierlichen Probensammler zeigten im Jahresmittel folgende Aktivitäten des Aarewassers (β-Energie $>0{,}16$ MeV):

Aare	*oberhalb EIR*	*oberhalb KKW Beznau*	*Kraftwerk Klingnau*
pCi/l	$4{,}6 \pm 0{,}6$	$4{,}1 \pm 0{,}6$	$3{,}6 \pm 0{,}6$

Daraus geht hervor, dass in der Aare keine messbare Erhöhung der Aktivität des Flusswassers durch die Reaktoranlagen festzustellen war.

Auch in den vom EIR und der EAWAG in andern Oberflächengewässern erhobenen Proben war keine erhöhte Beta-Totalaktivität (β-Energie $>0{,}16$ MeV) festzustellen. Ebensowenig zeigten die im Rahmen der Arbeitsgemeinschaft zur Überwachung der Radioaktivität von Lebensmitteln (ARL) erhobenen und untersuchten Proben von Oberflächen- und Grundwasser (monatliche Proben aus dem Rheintaler-Binnenkanal bei Oberriet, dem Rhein bei Fussach und der Bregenzer Aach, gemessen am kantonalen Laboratorium St. Gallen; 14 Proben von Zürichseewasser und Grundwasser aus der Umgebung von Zürich, gemessen am städtischen Laboratorium Zürich; Wasser aus dem Vierwaldstättersee, gemessen am Eidg. Gesundheitsamt) eine Erhöhung der spez. Beta-Aktivität.

Die vom EIR erhobenen vierteljährlichen Grundwasserproben von sechs Stellen in der Umgebung von Würenlingen-Beznau ergaben ausnahmslos totale spezifische β-Aktivitäten ≤ 3 pCi/l (β-Energie $>0{,}16$ MeV). Die von der EAWAG entnommenen Grundwasserproben in der Umgebung von Mühleberg und von Lucens waren ebenfalls inaktiv.

Die Alpha-Aktivität des Rheinwassers von Stein a. Rhein und Kembs wurde in monatlich ein- bis zweimal erhobenen Proben an der EAWAG mit einem Grossflächenzähler gemessen.

Diese Messungen ergaben im Jahresmittel für die Stationen

	1970	1971	1972
Stein a. Rhein	$0{,}79 \pm 0{,}08$ pCi/l	$0{,}80 \pm 0{,}03$ pCi/l	$0{,}8 \pm 0{,}1$ pCi/l
Kembs	$0{,}96 \pm 0{,}09$ pCi/l	$0{,}72 \pm 0{,}03$ pCi/l	$1{,}0 \pm 0{,}1$ pCi/l

Gegenüber den früheren Jahren, in welchen die Alpha-Aktivität mit der «Dicke–Schicht»-Methode in Basel gemessen worden ist, zeigten die 1972 mit der «Grossflächen–Zähler»-Methode bestimmten Resultate keine signifikante Abweichung. Ebenso ergab eine Einzelprobe, welche gemäss neuem Messplan (s. vorn) am 5. 1. 72 in Stein a. Rhein entnommen und zu Vergleichszwecken an der EAWAG und mit der «Dicke–Schicht»-Methode in Freiburg gemessen wurde, gute Übereinstimmung, nämlich $0{,}7 \pm 0{,}1$ pCi/l an der EAWAG und $0{,}75 \pm 0{,}10$ pCi/l in Freiburg.

Die Proben von Stein a. Rhein und Kembs wurden an der EAWAG jeweils auch auf Tritium untersucht. Alle Messwerte lagen zwischen 600 und 1000 pCi T/l Rheinwasser. Die T-Aktivität im Rhein ist also gleich hoch wie diejenige im Regenwasser (vgl. S. 146).

4.3.3. *Abwasser*

4.3.3.1. *Industrien, welche Radionuklide verarbeiten*

Seit Beginn des Jahres 1972 werden die Abwässer der Leuchtfarbenfabrik Teufen/AR, der Cerberus AG Männedorf/ZH und von La Chaux-de-Fonds an der EAWAG ausser auf totale spezifische Beta-Aktivität (>0,16 MeV) auch auf Tritium, dasjenige der Cerberus AG (Verarbeitung von Am-241) in Freiburg zusätzlich noch auf α-Strahler untersucht.

Die Messergebnisse für totale Beta- und Tritium-Aktivität sind in Tab. 10 zusammengestellt. Die höchstzulässigen Konzentrationen im Abwasser gemäss Art. 107 der Strahlenschutzverordnung vom 19. 4. 1963 (1000 pCi/l nichtanalysiertes Gemisch von β-Strahlern, 3.10^7 pCi Tritium/l) wurden bei keiner der Proben erreicht.

Die α-Messungen wurden mit der «Dicke–Schicht»-Methode ausgeführt; von der stärksten Probe wurde ausserdem mit der Gitterionisationskammer das α-Spektrum (Fig. 2) aufgenommen. Das Resultat der Messungen ist in der folgenden Tabelle aufgeführt:

Aktivität Abwasser Cerberus (pCi/l)

Entnahmedatum	α_{tot}	*α-Spektrum*
6. 3.	10,9 ± 1,1	9,8 ± 0,9 pCi Am-241/l
2. 5.	1,1 ± 0,3	—
8. 8.	3,3 ± 0,3	—
29. 11.	1,3 ± 0,3	—

Die beiden α-Bestimmungsmethoden zeigen eine gute Übereinstimmung. Die höchstzulässige Konzentration für die Abgabe von Am-241 (4000 pCi/l) wurde bei weitem nicht erreicht.

4.3.3.2. *Centrale Nucléaire Lucens* (CNL)

Die Reinigungsarbeiten in der früheren Centrale Nucléaire Lucens wurden am 30. 9. 72 abgeschlossen. Von den vorgeschriebenen vier Abwasserstichproben wurden zwei vor diesem Datum erhoben. Bei der Probenerhebung vom 19. 7. wurden einem Sammeltank im Abstand von einer Viertelstunde zwei Proben entnommen, zur Feststellung, mit wie grossen Streuungen bei Stichproben, welche als identisch gelten, gerechnet werden muss. Während die Cs-137-Konzentration in den beiden Proben praktisch gleich war, zeigte diejenige von Ce-144 in der zweiten Probe einen um 40% kleineren Wert als in der ersten. Solange die Konzentration weit unter den zulässigen Werten liegt, spielen solche Abwei-

chungen, die bei Stichprobenerhebungen immer auftreten, keine Rolle. Eine weitere Probe, entnommen am 31. 10., enthielt Wasser aus der Pumpstation (Sammeltank 3), in welcher seit Aufhören der Reinigungsarbeiten alle Abwässer der Anlage gesammelt werden, bevor sie kontrolliert an die Broye abgegeben werden. Die letzte Probe von 1972 (29. 12. 72) wurde dem Sammelbecken unterhalb der Reaktorkaverne entnommen, in welchem das Sickerwasser von der Innenwand der Kaverne aufgefangen wird. Dieses wird in den Sammeltank 3 übergeführt, wo es sich mit dem übrigen Abwasser vermischt. Zwei Proben von Sickerwasser (2. 10. und 21. 12.) wurden dem Labor Freiburg von der CNL zur Kontrolle übermittelt.

Die Resultate der Analyse dieser Wasserproben sind in Tab. 11a zusammengestellt. Es zeigt sich, dass alle untersuchten Abwässer gemäss Vorschriften mit der vorgesehenen Maximalrate von 1 Liter/s an die Broye abgegeben werden durften.

Nach den Angaben der CNL wurden von der Anlage die in Tab. 11b aufgeführten monatlichen Total-Beta-Aktivitäten an die Broye abgegeben. Aus der Tabelle geht hervor, dass in keinem Monat das Abwasser die nach den Vorschriften erlaubte höchstzulässige Konzentration für ein nichtanalysiertes Gemisch von Radionukliden (100 000 pCi/l oder 0,1 mCi/m^3) überschritt und dass auch die totale abgegebene Menge an Radionukliden unterhalb der erlaubten Aktivität (nach Beendigung der Reinigungsarbeiten ab Oktober 1972 250 mCi/a, vorher 500 mCi/a) blieb. Dazu ist zu bemerken, dass gemäss den Analysen (vgl. Tab. 11a) der grösste Teil der Aktivität im Abwasser von Isotopen stammt, deren zulässige Abgabekonzentration höher liegt als jene des begrenzenden Sr-90.

Von den gleichzeitig mit dem Abwasser der CNL erhobenen Proben von Wasser aus der Broye wies nur die am 23. 5. erhobene Probe eine Aktivität von mehr als 200 pCi/l auf. Sie musste gemäss Vorschrift analysiert werden, was zu folgenden Ergebnissen führte:

	Akt. (pCi/l)	*In Broye max. erlaubt (pCi/l)*
β-total	480 $\pm$ 50	50 bei nicht analysiertem β-Gemisch
Ce-144	42 $\pm$ 10	5 000
Cs-137	430 $\pm$ 50	100 000
Sr-90	5 $\pm$ 1	50

Die Analyse zeigt klar, dass das Broyewasser bei analysierter Zusammensetzung der Aktivität die höchstzulässigen Konzentrationen an Radionukliden bei weitem nicht erreichte.

4.3.3.3. *Eidg. Institut für Reaktorforschung Würenlingen* (EIR)

In Tab. 12 sind die Konzentrationen an Radioisotopen in den fünf am EIR erhobenen Abwasserproben zusammengestellt. Bei allen von uns erhobenen Stichproben lag die Aktivität des Abwassers weit unterhalb der zugelassenen Werte.

Gemäss den Vorschriften darf pro Sekunde höchstens 10^7 pCi eines nicht analysierten Gemisches im Abwasser an die Aare abgegeben werden. Von Abwasser, dessen Konzentration weder durch Abklingenlassen noch durch Verdünnen unter 10^5 pCi/l zu bringen ist, muss eine Probe zur Analyse an die KUER gesandt werden. Aufgrund dieser Vorschrift erhielten wir eine Probe vom 11. 1. 72 vom EIR. Der Vergleich der Analysenresultate dieses Wassers (Tab. 12, Kol. 2) mit der zulässigen Aktivitätsabgabe (Kol. 7) ergibt für das limitierende Isotop Sb-124 eine maximale Abgaberate von 2.10^9 pCi/s. Tatsächlich wurde dieses Isotop im Abwasser mit 1 l/s, entsprechend 10^8 pCi/s an die Aare abgegeben.

4.3.3.4. *Kernkraftwerk Beznau* (KKW Beznau)

Das KKW Beznau II arbeitete während des Jahres 1972 gemäss einer bis 31. 12. 72 befristeten Inbetriebnahmebewilligung. Die Abwässer der Anlagen I und II werden gemeinsam gesammelt und vor der Abgabe an die Aare auf ihre Aktivität geprüft.

Die Ergebnisse der Analysen von vier Wasserproben aus Sammeltanks des KKW Beznau, aus welchen die Abgabe an die Aare erfolgt, sind in Tab. 13 aufgeführt. Die Aktivitätskonzentrationen lagen immer weit unterhalb der zugelassenen Werte.

Von der KUER wurden mit Zustimmung des KKW Beznau an verschiedenen Stellen des Kreislaufsystems Wasserproben erhoben und γ-spektrometrisch analysiert. Der Vergleich zeigte für die festgestellten Radioisotopenkonzentrationen eine gute Übereinstimmung zwischen den Messungen am KKW Beznau und in Freiburg (für H-3 im EIR).

4.3.3.5. *Kernkraftwerk Mühleberg* (KKW Mühleberg)

Die Stichproben von Aarewasser, Plankton, Schwebestoffen und Wasserpflanzen ober- und unterhalb der Anlage sowie von Fischen aus dem Stausee Niederried zeigten keine signifikant erhöhte Aktivität.

4.3.4. *Plankton, Schwebestoffe, Wasserpflanzen und Fische*

Zwischen der Gesamt-Beta-Aktivität ($>$0,16 MeV) der diesjährigen Proben von Plankton/Schwebestoffen, Wasserpflanzen und Fischen (Tab. 14, Fig. 10–12) und derjenigen von früheren Jahren zeigte sich im allgemeinen kein systematischer Unterschied. Nur an der Stelle «Broye unterhalb des Abwassereinlaufs der Centrale Nucléaire Lucens» wurde Ende Mai in Plankton/Schwebestoffen eine rund zehnfache Aktivitätserhöhung festgestellt (Tab. 14b, Fig. 11). Man weiss, dass solche Proben wegen der Anreicherung von Aktivität aus dem Wasser einen empfindlichen Nachweis gestatten. Die β-total-Messung (auf K-40 bezogen) ergab eine Aktivität von 384 ± 25 pCi/g TS. Gemäss Analyse war die vorherrschende Aktivität 500 ± 50 pCi Cs-137 und 60 ± 6 pCi Sr-90 pro g Trokkensubstanz. Die Beta-Aktivitätsmessung einer Probe, welche eine Woche später erhoben wurde, zeigte einen starken Rückgang der Aktivität; im August lagen wieder normale Aktivitätsverhältnisse vor. Da die Proben oberhalb des Abwassereinlaufs diese Anomalie nicht zeigten, ist zu schliessen, dass das radio-

aktive Material aus der Anlage Lucens in die Broye gelangte. Es ist festzustellen, dass das gleichzeitig erhobene Wasser aus der Broye keine Erhöhung der Aktivität aufwies und dass im Plankton in den Jahren 1962/63 ebenfalls Beta-Aktivitäten der Grössenordnung 300 pCi/g Trockensubstanz durch den weltweiten Ausfall hervorgerufen worden waren, die keine Gefährdung verursachten.

4.4. *Erdboden, Futter, Milch*

4.4.1. *Umgebung von Reaktoranlagen*

Nach dem neuen Probenahmeplan wird Erdboden und Heu in der Umgebung der Reaktoranlagen jährlich einmal entnommen; die Erde wird gammaspektroskopisch untersucht, das Heu zusätzlich auf Sr-90 analysiert. In Milch aus der Umgebung von EIR–KKW Beznau werden in Freiburg die Gammastrahler, am kantonalen Laboratorium Basel die Oxalate und das Sr-90 bestimmt. Die Messresultate sind in Tab. 15 zusammengestellt. Sie liegen im gleichen Bereich wie diejenigen der Stationen Arenenberg, Grangeneuve und «Ostschweiz».

4.4.2. *Arenenberg, Davos-Stillberg, Grangeneuve*

Die Tabellen 16–18 enthalten die Messresultate der Proben von Arenenberg, Davos-Stillberg und Grangeneuve; die entsprechenden Werte seit Beginn der Messungen sind in den Fig. 13–18 aufgetragen. Gegenüber 1971 ist in allen Stationen ein erheblicher Rückgang der Cs-137-Aktivität des Grases festzustellen. In der Milch wirkte sich diese Abnahme schwächer aus. Für Sr-90 kann kein solcher Effekt festgestellt werden.

In den letzten Jahren waren der Sr-90- und der Cs-137-Gehalt im Futter und der Milch in Davos um eine Grössenordnung höher als im Mittelland. Verglichen mit den Richtwerten für ständige Einnahme, 340 pCi Sr-90/l Milch und 30 000 pCi Cs-137/l Milch, ist der Gehalt an diesen Radionukliden auch in der Milch von Davos-Stillberg klein.

4.4.3. *Futter–Milch Ostschweiz*

Auch in den monatlichen Proben von Futter und Milch aus der Ostschweiz (Tab. 19, Fig. 19 und 20) zeigt sich eine Abnahme der Aktivität mit dem Einsetzen der Grünfütterungsperiode. Ein Vergleich der mittleren Aktivitäten (Mai bis Oktober) der Jahre 1971 und 72 zeigt deutlich die beträchtliche Abnahme des Cs-137 und die geringere des Sr-90 in Futter und Milch:

Mittlere Aktivität in pCi/kg von Futter und Milch während der Grünfütterungsperiode

	Cs-137		*Sr-90*	
	Futter	*Milch*	*Futter*	*Milch*
1971	470 ± 30	19,2 ± 1,5	520 ± 40	9,8 ± 0,4
1972	230 ± 20	9,3 ± 1,2	450 ± 40	7,5 ± 0,4

Das verschiedene Verhalten der beiden Isotope beruht auf der bekannten Tatsache, dass Cs-137 im Boden stark gebunden ist und deshalb praktisch nur aus Luft und Niederschlag in die Pflanzen gelangt, während Sr-90 von den Pflanzen auch aus dem Boden aufgenommen wird. Die Abnahme der Aktivität der Luft wirkt sich deshalb in der Cs-Aufnahme stärker aus als in derjenigen des Sr.

Ein Vergleich der Fig. 19 und 20 zeigt diesen Sachverhalt noch deutlicher. So hat sich die Cs-137-Aktivität der Milch von der Zeit des stärksten Ausfalls 1963 bis 1972 auf 3–4% verringert, diejenige des Sr-90 auf ca. 15%. Während 1963 die Cs-137-Aktivität fünfmal grösser war als diejenige des Sr-90, zeigen 1972 die beiden Isotope ungefähr die gleiche Aktivität.

4.4.4. *Milchmessungen der ARL*

Die Messergebnisse der Aktivität der Oxalate und des Sr-90 in der Milch aus den Berner Molkereien des Flachlandes und von Mürren und von Trockenmilch aus dem Kanton Waadt für das Jahr 1972 sind in Tab. 20a die entsprechenden Sr-90-Resultate seit Beginn der Messungen in den Fig. 21 und 22 aufgetragen.

Die Aktivität der Oxalatfraktion der Milch stammt hauptsächlich von Sr-90 und seinem Nachfolgeprodukt Y-90. Dagegen sind K-40 und Cs-137 nicht darin enthalten. Ce-144, das ebenfalls in die Oxalatfraktion übergehen würde, gelangt nicht in die Milch.

Das Verhältnis Sr-90-Aktivität zu Aktivität der Oxalate (Sr-90 + Y-90 im Gleichgewicht) beträgt in der Milch 0,50. Als Eichisotop für den Oxalatniederschlag (Probendicke ungefähr 50 mg/cm²) wird K-40 verwendet; da die weiche Betastrahlung von Sr-90 in den Präparaten viel stärker absorbiert wird als die energiereichere von K-40, ergibt sich ein zu kleiner Aktivitätswert des Oxalates. Zur Sr-90-Bestimmung wird das Tochterprodukt Y-90 (5 mg/cm²) abgetrennt, gemessen und auf Y-90-Eichung bezogen. Die so bestimmte Aktivität des Sr-90 ist höher als diejenige, welche sich aus der Oxalatmessung ergibt. Als Folge davon erreicht das gemessene Verhältnis Sr-90-Aktivität zu Oxalataktivität 0,70 anstelle des oben angegebenen Wertes von 0,50.

Gegenüber 1971 hat in den Proben der drei Stellen die Sr-90-Aktivität um 10–30% abgenommen. Die Sr-90-Messungen sind in Übereinstimmung mit den von der KUER ausgeführten. Sie zeigen ebenfalls, dass der Sr-90-Gehalt der Milch im Berggebiet bedeutend höher ist als im Flachland.

Futtermessungen (Gras und Heu) ergaben die folgenden Resultate

Bezeichnung der Proben	*Herkunft*	*Datum*	*Spez. Beta-Aktivität*		*Strontium-90*	
			Total	*Oxalat-Niederschlag*		
			pCi/kg	*pCi/kg*	*pCi/kg*	*SU*
Gras getrocknet	Mürren	6. 6.	23 000	3100	1200	117
Heu	Mürren	24. 10.	17 000	8300	1600	143
Gras getrocknet	Liebefeld	28. 9.	15 000	1200	300	26

Die Messungen an den kantonalen Laboratorien Basel und Chur (Tab. 20b und c) bestätigen die obigen Ergebnisse. In Chur wurden die Messungen ab Juli eingestellt.

Die Tabelle zeigt wieder, dass sowohl im Heu als auch im Gras von Mürren der Sr-90-Gehalt bedeutend höher ist als im Flachland.

4.4.5. *Milchmessungen des Service Cantonal de Contrôle des Irradiations, Genf (SCCI)*

Die Messungen der Milch von Genf beim Service Cantonal de Contrôle des Irradiations (Dr. M. Cosandey) ergaben Cs-137-Aktivitäten an der Empfindlichkeitsgrenze der Apparatur. Eine Übersicht über die seit 1963 in Genf durchgeführten Cs-Bestimmungen in der Milch ist in Fig. 25 gegeben.

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

4.5.1. *Trinkwasser*

Die Proben von Trinkwasser, welche in Basel (fünf Proben), St. Gallen (53 Proben der Wasserversorgung der Städte St. Gallen, Rorschach, Lindau und Bregenz) und Zürich-Stadt (10 Proben) untersucht wurden, zeigten ausnahmslos Gesamt-β-Aktivitäten ($E\beta > 0{,}16$ MeV) an der Grenze der Messbarkeit, also weit unterhalb der höchstzulässigen Konzentration.

4.5.2. *Weizen, Mahlprodukte, Brot*

Die Aktivität von Weizen und seinen Mahlprodukten der Ernte 1971 wurde wie alljährlich am Eidg. Gesundheitsamt gemessen; die Resultate sind in Tab. 21 aufgeführt. Fig. 23 zeigt die Mittelwerte aus sechs Stationen seit Beginn der Messungen. Die Werte in pCi Sr-90/g Ca (1 Strontiumeinheit = 1 pCi Sr-90/g Ca) haben sich seit 1967 nicht systematisch geändert; die Unterschiede der Aktivitäten im Getreide der fünf Stationen nördlich der Alpen sind so geringfügig, dass für die Mahlprodukte eine Mischprobe genügend repräsentativ ist. Wie üblich zeigen die Proben von Bellinzona höhere Aktivitätswerte als diejenigen der andern Stationen.

Am städtischen Laboratorium Zürich wurden am gleichen Tage (11. 9.) zehn Proben von Ruchbrot erhoben und auf totale Beta-Aktivität und Aktivität der Oxalate untersucht. Die Proben zeigten Oxalataktivitäten zwischen 30 und 60 pCi/kg mit Ausnahme eines Wertes von 103 pCi/kg. Auch dieser Wert liegt innerhalb der Toleranzen.

4.5.3. *Verschiedene Lebensmittel*

Proben von Früchten, Gemüse, Fischen und Pilzen wurden am EGA und am kantonalen Laboratorium Basel gemessen. Die festgestellten Aktivitäten (Tab. 22) geben zu keinen Bemerkungen Anlass.

4.6. *Kontamination des menschlichen Körpers*

4.6.1. *Sr-90 in Knochen*

Seit 1960 werden am Institut für Elektrochemie und Radiochemie der ETH Lausanne Knochen Erwachsener auf Sr-90 untersucht. Die in den Jahren 1971 und 1972 ausgeführten Messungen ergaben die in Tab. 23a zusammengestellten Resultate in Strontium-Einheiten (SU). Den Unterschieden zwischen den einzelnen Knochenarten wird durch Anbringen sogenannter Normalisationsfaktoren Rechnung getragen, welche auf den mittleren Sr-90-Gehalt im ganzen Skelett zu schliessen gestatten. Tab. 23b zeigt eine Zusammenstellung seit Beginn der Messungen. Daraus ist zu ersehen, dass das Maximum in den Knochen in der Schweiz im Jahre 1967 gemessen wurde. Die erlaubte Konzentration im menschlichen Körper (70 SU, entsprechend einer Jahresdosis von 170 mrem in den blutbildenden Organen) wurde auch zur Zeit der stärksten Kontamination bei weitem nicht erreicht. Die maximalen Werte in der Schweiz wurden im Tessin gemessen (1967 ~3 SU); im Berichtsjahr lagen die Mittelwerte der verschiedenen Regionen zwischen 1,1 und 1,8 SU. Tab. 23 liefert ein allgemeines Bild über die Mittelwerte der Knochenbelastung in verschiedenen Regionen der Schweiz. Der zeitliche Verlauf der Sr-90-Belastung der Knochen kann am besten anhand von Proben homogenen Materials einer Region illustriert werden, wie dies in Fig. 24 für die Wirbel von Personen aus der Gegend von Lausanne geschieht. Betrachtet man nämlich Tab. 23, so stellt man fest, dass im allgemeinen im Tessin die Werte am höchsten, in Basel am tiefsten liegen.

4.6.2. *Cs-137 im menschlichen Körper*

Mit dem Ganzkörperzähler der Universitätsklinik für Radiotherapie und Nuklearmedizin am Kantonsspital Zürich (Direktion Prof. W. Horst) wurden von Frl. Riehle, dipl. phys., Messungen des Gehaltes an Gammastrahlern von 50 Frauen und 18 Männern ausgeführt. 44 Frauen und 6 Männer gehörten der Altersklasse 19–22 Jahre an, 4 Frauen und 9 Männer waren 23–27 Jahre alt und 2 Frauen und 3 Männer älter. Die statistischen Fehler sind zu gross, als dass systematische Unterschiede zwischen den Altersklassen festzustellen wären; immerhin ist der Unterschied zwischen Männern und Frauen im Gesamtkörpergehalt an Cs-137 noch signifikant:

Mittelwerte (1972)	*50 Frauen*	*18 Männer*
Cs-137 im Gesamtkörper (pCi)	2400 ±600	4100 ±800
Körpergewicht kg	57	69
gK/kg Körpergewicht	1,58 ±0,16	1,87 ±0,20
pCi Cs-137/gK	26,5 ±6,8	31,7 ±5,5

Die am Service cantonal de contrôle des irradiations, Genève (SCCI, Dr. M. Cosandey), über mehrere Jahre gemessenen K-40- und Cs-137-Aktivitäten von vier Männern und fünf Frauen sind in Tab. 24 zusammengestellt und die

monatlichen Mittelwerte der Aktivitäten seit Beginn der Ganzkörperzähler-Messungen in Fig. 25 aufgetragen. Seit einigen Jahren sind die Cs-137-Aktivitäten praktisch konstant auf einem tiefen Niveau. Auch im Maximum (1964) erreichten sie nur Werte von rund 10% der zulässigen body-burden (2000 pCi Cs-137/gK). Der Wert von 1964 entspricht einer jährlichen Ganzkörperdosis von 5 mrem/Jahr. Heute ist diese jährliche Belastung ungefähr zehnmal kleiner.

Gestützt auf die langjährigen Messungen von Genf haben wir untersucht, ob sich eine einfache Korrelation zwischen Cs-137 in Milch und im menschlichen Körper aufstellen lässt. Die Kenntnis dieses Zusammenhanges wäre bei einer Kontamination infolge eines Unfalles von grossem Nutzen.

Das mit der Nahrung aufgenommene Cs-137 stammt hauptsächlich von Milchprodukten, Fleisch und Brot. In der Schweiz liegen nur systematische Cs-137-Messwerte der Milch vor. Unter der Annahme, dass der zeitliche Verlauf der Kontamination der unmittelbar verstrahlten Nahrungs- und Futtermittel derselbe ist und dass der Übergang des Cs-137 von diesen in das essfertige Lebensmittel von der Stärke der Kontamination unabhängig ist, kann die Cs-137-Aktivität der Nahrung aus der Aktivität der Milch des laufenden und der beiden vorhergehenden Jahre berechnet werden (z.B. Brot aus den beiden vorangehenden Getreideernten proportional zur Milch der entsprechenden Jahre kontaminiert).

Die biologische Halbwertszeit von Cs im menschlichen Körper beträgt je nach Alter und Organ 40–140 Tage. Der Cs-137-Gehalt im Körper ist deshalb bestimmt durch die Cs-Aufnahme mit der Milch der drei letzten Jahre. Zur Anwendung des Modells wurden statt der Kalenderjahre die besser geeigneten Jahre nach Vegetationsperioden (Mai–April) gewählt.

In Tab. 25 sind die berechneten und die gemessenen Cs-137-Aktivitäten im Körper (body burden), für Männer und Frauen getrennt, aufgeführt. Die Tabelle enthält ausserdem die entsprechenden Werte derjenigen Einzelpersonen, deren Cs-137-Gehalt über längere Zeit gemessen wurde. Die Übereinstimmung zwischen gemessenen und berechneten body burden ist gut. Die Abweichungen der Mittelwerte der Frauen ab 1967 ist darin zu suchen, dass ein relativ starker Wechsel der Einzelindividuen mit stark unterschiedlichem Cs-Gehalt stattfand.

Die gute Übereinstimmung der gemessenen mit den berechneten Werten zeigt die Anwendbarkeit der Methode, aus der Cs-137-Aktivität der Milch allein auf die mittlere body-burden zu schliessen.

V. Zusammenfassung

Jede zusätzliche Strahlenbelastung aus künstlichen Quellen muss im Lichte der natürlichen externen und internen Strahlendosis und ihrer Variationsbreite betrachtet werden. Unter der natürlichen Strahlenbelastung hat sich auch die Entwicklung des Menschen vollzogen. Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht der verschiedenen externen und internen jährlichen Strahlendosen in der Schweiz.

Natürliche Strahlenbelastung in der Schweiz in mrem/Jahr

	Gonaden	*Knochen*	*Lunge*
Extern:			
Kosmische Strahlung Meereshöhe bis 2000 m	30–80	30–80	30–80
Terrestrische Strahlung* je nach geologischer Formation	20–250	20–250	20–250
Intern:			
K-40	20	15	20
C-14	1,5	1,5	1,5
Ra-226	0,2	10	0,2
Th-228	0,3	10	0,3
Pb-210; Po-210	3	40	3
Rn-220; Rn-222 und Folgeprodukte	1	1	~ 100 Alveolen ~1000 Bronchien
Total	ca. 80–350	ca. 130–400	

Die kosmische Strahlung hängt hauptsächlich von der Höhe über Meer ab, während für den terrestrischen Anteil die geologischen Formationen der Umgebung des Wohnortes massgebend sind. Zur natürlichen relativ hohen Lungenbelastung ist die Bemerkung anzubringen, dass es sich dabei um eine Oberflächenbestrahlung eines einzelnen Organes handelt.

In der Schweiz variiert die natürliche totale Gonadendosis gemäss obiger Tabelle zwischen 80 und 350 mrem/Jahr. Der ökologisch gewogene Mittelwert beträgt 150 mrem/Jahr.

Die Messungen der KUER haben den Zweck, die zusätzliche Strahlenbelastung durch den Ausfall radioaktiver Spaltprodukte von Atombomben und die Abgabe von Radionukliden aus «Nuklearindustrien» an die Umwelt festzustellen. Durch ihr gezieltes Messprogramm ist sie auch in der Lage, den Erfolg innerbetrieblicher Massnahmen, wie sie den der Strahlenschutzverordnung vom 19. 4. 1963 unterstehenden Betrieben vorgeschrieben sind, zu überprüfen. Ebenso kontrolliert sie die strengen Abgabevorschriften für Kernkraftwerke.

Im Jahr 1972 hat die Zufuhr von weltweitem Ausfall in der Schweiz dank dem Ausbleiben von Atombombenexplosionen im Megatonnenbereich auf der nördlichen Erdhalbkugel in den Jahren 1971 und 1972 einen neuen Tiefstand erreicht.

* E. Halm, W. Herbst und A. Mastrocola, Beilage B Nr, 6/1962 zum Bulletin des EGA vom 22. Dezember 1962.

Die Abnahme der langlebigen, in den Körper eingebauten Radionuklide (Sr-90, Cs-137) geht nur langsam vor sich, da weiterhin etwas Aktivität mit der Nahrung in den Körper gelangt und die Ausscheidung eingebauter Nuklide – speziell Sr-90 im Knochen – sich über mehrere Jahre erstreckt. So haben 1972 die gemessenen Sr-90-Aktivitäten im Gesamtkörper gegenüber den in den Vorjahren schon niederen Werten nicht signifikant abgenommen. Sie lagen in der Grössenordnung von 3 mrem/Jahr durch Sr-90 in den Knochen und bei weniger als 1 mrem für Cs-137 im Gesamtkörper. Gegenüber der Variationsbreite der natürlichen Strahlenbelastung in der Schweiz sind diese Werte vernachlässigbar.

Die gezielten Messungen über die Abgabe von Radionukliden durch «Nuklearindustrien» lassen die erfreuliche Feststellung zu, dass nirgends eine unzulässige Abgabe festgestellt wurde. Die durch diese Abgaben bedingte Strahlenbelastung ist verschwindend klein.

Untersuchungen in der Umgebung der Kernkraftwerke ergaben, dass sich die gemessene Konzentration von Radionukliden in Pflanzen nicht unterscheidet von derjenigen an andern Orten des Mittellandes. Es ist also kein Einfluss auf die Aktivität der Nahrung und damit mittelbar auf die interne Bestrahlung des Menschen festzustellen.

Auch die Abgabe an die Vorfluter der Kernanlagen war derart, dass dadurch keine Strahlenbelastung für die Bevölkerung entstehen konnte. Die Abgabe von Radioaktivität aus Kernkraftwerken mit der Abluft, welche zum grössten Teil aus Edelgasen besteht und deshalb nicht im Körper eingebaut wird, führt für die Bevölkerung in der Umgebung der Anlagen zu maximalen Dosen von weniger als 10 mrem/Jahr, einem Wert an der Grenze der Nachweismöglichkeit. Sogar für Einzelpersonen in der Umgebung von Kernkraftwerken sind die zusätzlichen Strahlenbelastungen klein gegenüber der natürlichen.

Eine merklich erhöhte Aktivität wurde nur zwischen dem 8. bis 10. Juni 1972 in der Region Bern–Meiringen–Grimsel festgestellt. Dabei handelte es sich um Tritium in Regenwasserproben mit Spitzenwerten von 17 000 pCi H-3/l Regenwasser bei einem normalen Wert von ~1000 pCi/l. Die Aktivität ist ausserhalb des Kontrollbereiches der Schweiz in die Luft gelangt und wurde über der angegebenen Region ausgeregnet.

Von allen künstlichen Strahlenquellen tragen röntgendiagnostische Untersuchungen am meisten zur Strahlenbelastung der Bevölkerung bei. Eine im Jahr 1957 durchgeführte Erhebung ergab für die Schweiz eine mittlere genetisch signifikante Strahlendosis durch Röntgendiagnose von 22 mrem pro Jahr und Kopf der Bevölkerung. 1971 wurde eine 2. Erhebung durchgeführt, deren Ergebnisse aber noch nicht bekannt sind. Wir möchten hier den Wunsch ausdrücken, dass die Ärzte das Problem der Strahlenbelastung durch medizinische Anwendungen eingehend weiter verfolgen.

Zusammenfassend darf festgestellt werden, dass auch im Jahr 1972 die Radioaktivität im Lebensmilieu der Schweiz klein war. Weder die zunehmende Verwendung radioaktiver Nuklide in Industrie und Technik und der Betrieb von Kernkraftwerken noch Atombombentests brachten eine gegenüber dem natürlichen Untergrund nennenswerte Strahlenbelastung. Es ist zu hoffen, dass

auch in Zukunft die Messungen der KUER zu gleich erfreulichen Folgerungen Anlass geben.

Anhang

In diesem Bericht sind die Jahresberichte der Mitglieder der KUER und folgender Stellen, denen wir ihre Mitwirkung 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)

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

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

Universitätsklinik für Radiotherapie und Nuklearmedizin, Zürich (Prof. Dr. W. Horst, Frl. I. Riehle)

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

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, 14. Juni 1973