Zeitschrift: Bericht der Eidgenössischen Kommission zur Überwachung der Radioaktivität

Herausgeber: Eidgenössische Kommission zur Überwachung der Radioaktivität

Band: 10 (1966)

Rubrik: 10. Bericht der Eidg. Kommission zur Überwachung der Radioaktivität für das Jahr 1966 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: 10.10.2025

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

Per. N 366: 10

Sonderdruck aus der Beilage B, Nr. 6/1967
zum «*Bulletin des Eidg. Gesundheitsamtes*»
vom 2. Dezember 1967

Tiré à part du supplément B, nº 6/1967
du «*Bulletin du Service fédéral de l'hygiène publique*» du 2 décembre 1967

10. Bericht der Eidg. Kommission zur Überwachung der Radioaktivität für das Jahr 1966* zuhanden des Bundesrates

von Prof. Dr. P. Huber, Präsident der Kommission

Im Berichtsjahr explodierten drei chinesische[1] und fünf französische[2] Atombomben. Von den letzteren Explosionen waren in unserer Breitenlage keine radioaktiven Rückstände feststellbar, da sie auf der südlichen Halbkugel detoniert wurden.

Die Kontamination von Luft und Regen ist weiterhin zurückgegangen und erreicht im Jahresmittel die tiefsten seit Beginn der Überwachungstätigkeit der Kommission im Jahre 1956 festgestellten Werte.

Die Kommission hat in drei Sitzungen ihre Aufgaben bearbeitet. Nachdem die allgemeine Kontaminationslage sich wieder ziemlich der natürlichen nähert, wurden spezielle Probleme studiert, die die Kommission als wichtig erachtet. Hierzu gehören Überwachungsverordnungen für Atomkraftwerke und die seit einiger Zeit laufenden Arbeiten über den Kontaminationsgrad der Kette Luft-Regen-Boden-Gras-Milch.

Die Alarmorganisation, die zum Schutze der Bevölkerung bei gefährlich erhöhter Radioaktivität geschaffen wurde, konnte wesentlich gefördert werden. Eine vom Bundesrat am 9. 9. 1966 erlassene Verordnung regelt die Aufgaben und Pflichten der Alarmorganisation (s. 8. Bericht). Wichtige Teile der Alarmorganisation sind festgelegt worden. Bereits funktioniert die aerologische Station

[1] 9. 5., 27. 10. und 28. 12. 1966.
[2] 2. 7., 19. 7., 10. 9., 24. 9. und 4. 10. 1966.
* Texte français, voir pages 95–108.

in Payerne als Überwachungszentrale, wo jederzeit Meldungen aus dem schweizerischen und dem europäischen Überwachungsnetz über radioaktive Kontamination entgegengenommen werden.

Im Berichtsjahr ist Oberst F. Kessler, Chef der ABC-Sektion der Abt. f. San. des EMD, als Mitglied des Alarmausschusses und Experte unserer Kommission zurückgetreten. Seine Initiative und sein Wissen waren uns in der vielgestaltigen Arbeit eine grosse Hilfe, wofür wir sehr danken.

Der Alarmausschuss bearbeitete die gestellten Probleme in drei Sitzungen. Ausführliche Berichte über die in Diskussion stehenden Fragen, erstattet durch Mitglieder und zugezogene Experten, lieferten die unerlässlichen Grundlagen für die Arbeit.

I. Änderungen am Messnetz[1]

Am Messnetz erfolgten keine Änderungen. Von Mai bis Oktober 1966 wurden auf dem Jungfraujoch Umbauarbeiten vorgenommen, so dass in dieser Zeit die Luftüberwachungssapparatur eingestellt werden musste. Die Apparatur in Payerne musste gegen Ende des Jahres revidiert werden, weil sie zu hohe Messwerte zeigte. Im November konnte die Sammlung von Luft in grosser Höhe mit einem neuen Sammelaggregat (hergestellt im Eidg. Flugzeugwerk Emmen) wieder aufgenommen werden.

II. Neu aufgenommene Arbeiten

1. Tritiummessungen in Regenproben

Wasserstoffbomben-Explosionen erzeugen Tritium, das schwerste Wasserstoffisotop, dessen Halbwertszeit 12,3 Jahre beträgt. Tritiumuntersuchungen im Niederschlag liefern daher spezifische Informationen über H-Bombenexplosionen. Die Kommission hat daher monatliche Untersuchungen von Regenproben auf Tritium in das Programm aufgenommen. Diese Arbeiten werden an der Universität Bern (Prof. H. Oeschger) durchgeführt. Bis September erfolgten Tritiumbestimmungen für die Regensammelstellen von je einer Wochenprobe, nachher für gemittelte monatliche Proben.

2. Radioaktive Vergleichsmessungen von Proben der Wiener Atomagentur

Zur Kontrolle der Zuverlässigkeit von Kontaminationsbestimmungen stellt die Wiener Atomagentur verschiedenen Laboratorien radioaktiv kontaminierte Substanzen zur Verfügung. Eine erste Messreihe von 3 Proben eines Standardgemisches der menschlichen Nahrung in Trockenform (Milchpulver 40 g, Fett 110 g, Mehl 150 g, Fleisch 95 g, Zucker 60 g, Kartoffeln 60 g, Gemüse-Obst 15 g,

[1] Vergleiche 3. bis 9. Bericht.

Eier 7 g, Fisch 6 g) ergaben mit gammaspektrometrischer Bestimmung (Freiburg) 362 ± 15 pCi ^{137}Cs/kg, was sehr gut mit dem von der Agentur ermittelten Wert von 350 ± 36 pCi ^{137}Cs/kg übereinstimmt.

3. Anthropo-Spektrometer

Das unter Leitung von Prof. G. Joyet, Zürich, Universitätsklinik und Poliklinik für Radiotherapie und Nuklearmedizin, durchgeführte und uns interessierende Programm umfasst Gammabestimmungen im menschlichen Körper. Der Ganzkörperzähler befindet sich in einer dickwandigen Stahlkammer mit inwendig 3 bis 5 mm Bleiüberzug. Die Stahldicke beträgt 18–22 cm, was eine Herabsetzung der gesamten Gamma-Aktivität der Umgebung zwischen 0,1 und 2,0 MeV um einen Faktor 100 hervorruft. Eine mit besonderem Filter versehene schnelle Ventilation bewirkt eine Ausscheidung des aktiven Niederschlages des Radiums. Die Gamma-Aktivität wird durch einen Szintillationszähler (NaI (Tl)-Kristall, 8" Durchmesser, 4" Höhe, 3 Dumont Photomultiplier 6363) gemessen. Die zu untersuchende Person liegt in der Stahlkammer bequem unter dem Messkristall in einer ganz bestimmten «Geometrie», d. h. in einem Liegestuhl mit quasi-elliptischem Profil[1].

4. Arbeiten im Zusammenhang mit der Alarmorganisation

Ein Computer-Rechenprogramm für die Analyse von Gammaspektren ist in Bearbeitung (Freiburg). Neben der rascheren Auswertung bietet diese Methode den Vorteil einer genaueren Bestimmung der Aktivitätsanteile der einzelnen Isotope.

III. Messergebnisse

1. Luftüberwachung

Die spezifische Gesamt-Beta-Aktivität der Luft, herrührend von Spaltprodukten aus Atomexplosionen, ist im Berichtsjahr wesentlich zurückgegangen. Die in Tabellen 1 und 2 (2a–e) angegebenen spezifischen Gesamt-Beta-Aktivitäten für die fünf Messstellen zeigen gegenüber dem Vorjahr kaum eine Änderung. Die von den Luftüberwachungsanlagen (Landis-&-Gyr-Apparatur) registrierten Aktivitäten, 48 Stunden nach der Sammlung der Luft gemessen, rühren hauptsächlich von Nachfolgeprodukten der natürlichen Thoriumemanation her. Von einer Kontamination stammt einzig das bei allen Stationen im Juni festgestellte Maximum (vgl. Fig. 1 u. 2), welches von der am 9. 5. 1966 in Sinkiang explodierten chinesischen Atombombe herrührt. Noch prägnanter ist der Luftaktivitätsanstieg im Juni im Freiburger Filter (nach Abklingen der Thoriumemanation)

---

[1] G. Joyet u. A. Hauptmann, «Journal of Applied Mathematics and Physics», Vol. 16, 548 u. 849, 1965.

feststellbar (s. Tab. 3 und Fig. 3). Ein Vergleich mit den Werten des Vorjahres zeigt, dass die Auswirkung der chinesischen Atombombe vom 9. 5. 1966 schwächer war als jene vom 14. 5. 1965. Die chinesische Bombe vom 27. 10. 1966 erhöhte die mittlere Luftaktivität im November nur in geringem Masse, diejenige vom 28. 12. 1966 wird sich erst im Jahre 1967 bemerkbar machen. Die spezifische Gesamt-Beta-Aktivität der Luft, herrührend von Spaltprodukten, erreichte den geringen Wert von 0,04 pCi/m³ gegenüber 0,10 pCi/m³ im Jahre 1965. Diese Aktivität ist derjenigen von natürlichen Strahlern (z. B. Radon mit 100–1000 pCi/m³) überlagert. In der Woche vom 10.–17. Juni erreichte die Gesamt-Beta-Aktivität der Luft ihren maximalen Wert von 0,28 pCi/m³, wovon 0,06 pCi/m³ auf Zirkon-Niob-95 und 0,05 pCi/m³ auf Barium-Lanthan-140 entfielen (Fig. 4a).

Am 2. 7. und 19. 7. 1966 fanden französische Atombombenexplosionen in der Südsee statt. Zwischen der Süd- und Nordhemisphäre ist der troposphärische Luftaustausch schwach, so dass sich bei uns keine Spaltprodukte nachweisen liessen. Nach der ersten Bombe (2. 7. 1966) wurde in Proben aus Südamerika ein typisches Gemisch junger Spaltprodukte festgestellt. Eine Autoradiographie zeigte, dass neben diffus verteiltem Untergrund viele heisse Teilchen der Grössenordnung 1–10 pCi vorhanden waren. Auf der am 23. 7. 1966 gesammelten Probe, also nach Explosion der zweiten französischen Bombe, zeigte die Radiographie fast ausschliesslich heisse Teilchen (Fig. 5). Darunter waren rund 10 mit mehr als 100 pCi, wovon zwei mit einer Aktivität von 820 pCi. Das Spektrum einer Probe vom 9. 7. 1966 ist in Fig. 6a dargestellt. Darin sind starke Beimengungen der kurzlebigen Isotope Molybdän-Technetium-99 (Halbwertszeit 66 h), Tellur-Iod-132 (78 h) und Neptunium-239 (56 h) festzustellen. Es muss eine Fraktionierung stattgefunden haben, denn Molybdän-Technetium-99 und Tellur-Iod-132 sind gegenüber den andern Spaltprodukten um einen Faktor 2–4 zu stark vertreten. Fig. 6b zeigt das am 22. 8. 1966 gemessene Spektrum des stärksten heissen Teilchens (820 pCi) der Probe vom 23. 7. 1966. Es enthielt noch Cer-141, Cer-144, Zirkon-Niob-95 und Barium-Lanthan-140. Das Spektrum der Gesamtprobe, gemessen am 26. 7. 1966, vor der Isolierung der heissen Teilchen, ist in Fig. 6c dargestellt. Die Analyse zeigt deutlich 4 Gruppen von Isotopen bezüglich ihrer Fraktionierung: Sie ergab, verglichen mit einem Normalspaltgemisch von Uran-238: Molybdän-Technetium-99 (66 h), Cer-141 (33 d), Cer-144 (285 d) und Zirkon-Niob-95 (65 d; 35 d) um einen Faktor 3 bis 4 angereichert. Iod-131 (8,1 d) und Ruthenium-103 (40 d) um einen Faktor 3 bis 4 diskriminiert gegenüber Tellur-Iod-132 (78 h) und Barium-Lanthan-140 (12,8 d; 40 h). Ausserdem enthält die Probe Neptunium-239 (2,35 d), das vermutlich aus der Reaktion U-238 (n, γ) U-239 $\xrightarrow{24\ m}$ Neptunium-239 $\xrightarrow{2{,}35\ d}$ Pu-239 herrührt. Kontrollmessungen zu verschiedenen Zeiten zeigten keinen messbaren Unterschied der Spektren der heissen Teilchen und der Restprobe des Filters. Die Summe der Aktivitäten der einzelnen gammaspektroskopisch untersuchten heissen Teilchen betrug ca. 70% der Totalaktivität der Probe. Auch die Restprobe besteht noch hauptsächlich aus heissen Teilchen. Die Spektren der heissen Teilchen unter sich sind identisch. Auf Grund dieser Überlegungen dürfen wir annehmen, dass die gemessenen heissen Teilchen ausser Cer-141, Cer-144, Zirkon-Niob-95 und Barium-Lanthan-140 auch noch Molybdän-

Technetium-99, Neptunium-239 und höchstwahrscheinlich Tellur-Iod-132 enthielten.

Produkte der chinesischen Atombombe vom 27. 10. 1966 treten in der Luft vom 9. November an auf, mit einem Maximum zwischen dem 11. und 14. November. Am besten konnte das Spektrum der Spaltprodukte anhand der Höhenflugfilter verfolgt werden. Fig. 7a zeigt das Gammaspektrum eines Filters vom 7. 11. 66, vor Eintreffen der Bombenprodukte vom 27. Oktober. Neben dem von der kosmischen Strahlung erzeugten, also aus einer natürlichen Quelle stammenden Beryllium-7, treten nur schwache Photospitzen der langlebigen Isotope Cer-144 und Caesium-137 sowie ein Rest von Zirkon-Niob-95 (65 d, 35 d) aus der Bombe vom 9. 5. 1966 auf. In Fig. 7b ist das Spektrum eines Höhenflugfilters vom 18. November aufgetragen, in welchem junge Spaltprodukte aus der Bombe vom 27. 10. dominieren. Heisse Teilchen traten praktisch nicht auf.

Die Ergebnisse der Alpha-Aktivitäts-Messungen (Basel) der Luftfilter der Frühwarnstation Stein (AG) sind in Tabelle 4 aufgetragen.

2. Niederschläge

Die Monatsmittelwerte der spezifischen Gesamt-Beta-Aktivitäten der Niederschlagsproben und die monatlich an den verschiedenen Sammelstellen auf dem Erdboden deponierten Aktivitäten zeigt Tab. 5. Fig. 8. zeigt den Zusammenhang zwischen Regenmenge und dem Boden durch den Niederschlag zugeführten Beta-Aktivität für die Station Valsainte. Bei allen Sammelstellen beträgt die spezifische Regenaktivität rund die Hälfte derjenigen des Vorjahres, was den Luftaktivitätsmessungen Freiburg entspricht (vgl. Abschnitt III, 1). Die meisten Regenproben zeigen ein Maximum der spezifischen Aktivität in den Monaten Mai–Juni, was neben dem bekannten Frühlingsanstieg durch die Produkte der chinesischen Atombombe vom 9. 5. 1966 hervorgerufen wurde.

Durch Trockenablagerung (Messstelle Locarno, Tab. 6) erfuhr der Erdboden eine um mehr als einen Faktor 10 kleinere Aktivitätszunahme als durch den Niederschlag.

Die erstmals bestimmte Tritiumkonzentration im Regen ist in Tab. 7 zusammengestellt. Fig. 9a–9f zeigen die entsprechenden Verläufe, angegeben in Tritium-Einheiten (1 TE = 10^{-18} Tritium-Atom/Wasserstoffatom, was 3,2 pCi/l Wasser entspricht). Alle Proben der verschiedenen Messstellen weisen in den Monaten Mai–Juni ein Maximum auf, das von der chinesischen Atombombe vom 9. 5. 1966 stammt. Den täglichen Gang der Tritiumkonzentration von Regenproben aus Aetzrütti (BE) vom 18.–28. 5. zeigt Fig. 9g. Seit 1953 wurden durch thermonukleare Bombentests grosse Mengen an Tritium erzeugt, so dass die Tritiumkonzentration in den Niederschlägen über das Tausendfache der natürlichen erreichte (Fig. 9h).

Nach den chinesischen Bombenexplosionen erfolgte eine gammaspektrometrische Messung der aktiven Regenproben. Dabei wurden die Filterrückstände der Niederschläge der Woche vom 21.–28. 5. aller sechs Regensammelstellen und der totale Niederschlag von Freiburg (enthält die im Niederschlag gelöste

und ungelöste Aktivität) analysiert. In beiden Fällen entsprach das Spektrum nicht der Normalverteilung von Spaltprodukten. Zirkon-Niob-95 und Cer-141 waren ca. 5–10mal stärker angereichert als in der Normalspaltproduktverteilung (U-235-Atombombe), während Iod-131 und Ruthenium-103 dieser ungefähr entsprechen. Die Verteilung wurde auf Barium-Lanthan-140 bezogen. Auch für die chinesische Bombe vom 27. 10. ergaben sich ähnliche Verhältnisse.

3. Wasser und Schlamm aus Zisternen

Die Gesamt-Beta-Aktivität der Zisternenwasserproben ist gegenüber dem Vorjahr weiterhin gesunken (Tab. 8). In keiner der Proben liess sich eine Erhöhung, verursacht durch die chinesischen A-Bomben, feststellen. Die Schlammproben aus der Zisterne von Saulcy zeigen Aktivitäten (Tab. 9), die mit Ausnahme der Probe vom 26. Oktober etwas kleiner sind als diejenigen von 1965. Wegen der stark verringerten Gesamt-Beta-Aktivität des Zisternenwassers konnte auf die Strontium-90-Bestimmung verzichtet werden.

4. Oberflächen-, Grund- und Abwässer

Die spezifische Gesamt-Beta-Aktivität der Oberflächengewässer (Tab. 10) blieb weiterhin sehr gering.

Die Abwässer der Leuchtfarbenfabrik Teufen (Tab. 10), der Cerberus AG, Männedorf (Tab. 10) und des Eidg. Institutes für Reaktorforschung (Tab. 11) wurden weiterhin überwacht. In allen drei Fällen war die Aktivität des Abwassers, mit einer Ausnahme, weit unterhalb der zulässigen Kontamination. Eine am 24. 3. 1966 erhobene Probe des Abwassers der Cerberus AG zeigte mit gammaspektrometrischer Bestimmung 5000 pCi/l Americium-241 (zulässige Kontamination im Abwasser 40 000 pCi/l). Eine Alpha-Aktivität konnte nicht festgestellt werden.

5. Plankton, Schwebestoffe, Sediment, Wasserpflanzen und Fische

Die Gesamt-Beta-Aktivität der Sedimentproben sowie der Fische verringerte sich gegenüber 1965 (Tab. 10). Die Gesamt-Beta-Aktivität der Schwebestoff- und Planktonproben aus der Aare, der Broye und dem Murtensee erhöhte sich in der zweiten Jahreshälfte (Tab. 10). Auch die im August erhobenen Proben von Wasserpflanzen (Tab. 10) zeigte das 2–3fache der Aktivität der entsprechenden Vorjahresproben. Der Aktivitätsanstieg wurde vorwiegend durch kurzlebige Isotope erzeugt, die aus den chinesischen A-Testversuchen stammten.

Aschegehalt und Kaliumaktivität der Proben sind in den Tab. 12 und 13 angegeben.

In Zusammenarbeit mit der Limnologischen Abteilung der EAWAG (Prof. Jaag) wurden einige Untersuchungen über das Verhalten der Radioisotope gegenüber Plankton und inerten suspendierten Stoffen aus dem Vierwaldstättersee

durchgeführt[1]. Die wichtigsten Resultate lassen sich wie folgt zusammenfassen: Auf Grund der monatlichen Messungen der Gesamt-Beta-Aktivität des Planktons aus dem Vierwaldstättersee konnte eine beträchtliche Anreicherung der Fallout-Produkte im Plankton gegenüber dem Wasser festgestellt werden. Der Anreicherungsfaktor erreichte Werte in der Grössenordnung von 10^3 bis 10^4. Die spezifische Beta-Aktivität des Phytoplanktons (berechnet pro kg Trockensubstanz) erreichte im allgemeinen höhere Werte als jene des Zooplanktons; nur in den Wintermonaten wiesen das pflanzliche und das tierische Plankton etwa dieselbe spezifische Aktivität auf. Die vom Kalium-40 herrührende Aktivität machte einen kleinen Teil der Gesamt-Beta-Aktivität aus. Der prozentuale Anteil des Kalium-40 stieg jedoch mit Abnahme der Gesamt-Beta-Aktivität an.

Versuche mit Schöpfproben aus dem Vierwaldstättersee haben gezeigt, dass von den den Proben zugesetzten Strontium-90-Yttrium-90-Isotopen unter den Versuchsbedingungen praktisch nur das ^{90}Y durch die suspendierten inerten Stoffe und die Organismen aufgenommen wird. Ein relativ grosser Teil des innerhalb 30 Stunden fixierten ^{90}Y wird bereits in den ersten 5 Stunden nach der Zugabe aufgenommen. Das Licht spielte unter den gegebenen Bedingungen praktisch keine Rolle. Eine mit ^{90}Sr–^{90}Y versetzte und im Keller für längere Zeit aufbewahrte Probe zeigte nach 89 Tagen eine Erhöhung des ^{90}Y-Gehaltes im Vergleich zu dem nach etwa 30 Stunden gemessenen Wert. Das vom suspendierten Material fixierte ^{90}Y konnte mit Wasser nur in geringer Menge wieder abgelöst werden. Dagegen ging nach Zugabe von Komplexon III das gebundene ^{90}Y restlos in die Lösung.

Versuche mit Kulturen von Oscillatoria rubescens (diese Alge stellt in den letzten Jahren eine der wichtigsten Blaualgen-Komponenten des Planktons im Vierwaldstättersee dar) zeigten, dass das Verhalten der Isotope gegenüber den Algen weitgehend von der Zusammensetzung der verwendeten Nährlösung abhängt. In Anwesenheit von Komplexon III, das eine wichtige Komponente der Nährlösung für Oscillatoria rubescens bildet, wird beispielsweise von einem Isotopengemisch ^{90}Sr–^{90}Y nur ^{90}Sr durch die Algen aufgenommen. Das ^{90}Y hingegen bleibt in Chelatbildung in der Nährlösung. Ein kleiner Überschuss von $FeCl_3$ vermindert den Komplex-Effekt.

In den Komplexon-freien Nährlösungen (pH = 8) liegt das ^{90}Y in kolloidaler Form vor und wird durch die Algen zum grössten Teil adsorbiert. Suspendiertes inertes Material (unfiltrierte Nährlösung) verursacht eine Erhöhung der Isotopenaufnahme und eine Modifikation der Selektivität. Begleitbakterien in den Algenkulturen verursachen wohl eine Erhöhung der Isotopenaufnahme, jedoch keine Modifikation der Selektivität.

Die vorläufig durchgeführten Versuche mit ^{89}Sr haben gezeigt, dass etwa 1 bis 3% der total zugeführten Aktivität in den ersten Stunden nach der Zugabe von den Algen fixiert wird. Innerhalb der nächsten 74 Stunden erhöht sich der ^{89}Sr-Gehalt um weitere 1 bis 2%.

---

[1] Disposal of radioactive wastes into seas, oceans and surface waters. Int. Atomic Energy Agency, Vienna, SM-72/6 (1966).

6. Boden, Gras und Heu

Die auf Strontium-90 untersuchten Bodenproben in der Umgebung des Reaktors von Würenlingen und Lucens liefern etwa dieselben Aktivitäten wie im Vorjahr (Tab. 14). Dagegen zeigte die Tiefenverteilung des Strontium-90 im Boden eine starke Veränderung: Während im Vorjahr ca. $^3/_4$ bzw. $^2/_3$ (Lucens) der Strontium-Aktivität in 0–5 cm Bodentiefe sich vorfand, betrug dieser Anteil im Berichtsjahr nur noch etwas mehr als die Hälfte.

Für die gemessenen Gras- und Heuproben ergaben sich Aktivitätswerte wie im Vorjahr (Tab. 15). Ca. 70–100% der Gesamt-Beta-Aktivität stammt von Kalium-40 und ca. 2–10% von Strontium-90.

7. Aktivitätsbestimmungen der Kette Boden-Futter-Milch

a) Futter-Milch aus der Ostschweiz

Die spezifischen Aktivitäten von Futter und Milch aus der Ostschweiz für Strontium-90 und Caesium-137 in den Jahren 1965 und 1966 geben Tab. 16 und Fig. 10. Für die Jahre 1963–1965 betrug das Verhältnis Cs-137/Sr-90 in der Milch:

1963	1964	1965
4,9	4,2	3,1

Bemerkenswert ist die starke Abnahme des Caesium-137-Gehaltes in den drei Jahren seit dem Testbann für A-Bomben (vgl. Abschn. 8, S. 9). Die grösseren monatlichen Schwankungen der Aktivität des Futters gegenüber denjenigen der Milch stammen daher, dass im Körper der milchproduzierenden Kuh eine Mittelung des aufgenommenen Cs-137-Gehaltes stattfindet. Das Verhältnis Cs-137 in Milch/Cs-137 im Futter hat gegenüber dem Vorjahr etwas abgenommen.

b) Boden-Futter-Milch

Die spezifischen Aktivitäten der Nuklide Kalium-40, Caesium-137 und Strontium-90 von Erdboden, Gras und Milch der Probestellen Arenenberg (TG), Stillberg bei Davos, Gudo (TI) und Les Hauts Geneveys (NE) für Oktober 1965 und Mai–Oktober 1966 sind in den Tabellen 17a–d aufgeführt. Ein Vergleich mit den Messungen früherer Jahre ergibt innerhalb der normalen Schwankungen konstante Kalium-40-Aktivitäten (Ausnahme Arenenberg vom 10. 1966). Ebenso blieben die Caesium-137-Aktivitäten des Bodens praktisch ungeändert, ausser für Stillberg bei Davos, wo eine langsame Zunahme festzustellen ist. Im Gras hat Caesium-137 bei allen Probeentnahmestellen abgenommen. Dasselbe gilt für die Milchproben mit Ausnahme von Stillberg bei Davos. Hier sind in den Jahren 1964–1966 folgende Caesium-137-Aktivitäten pro Liter Milch gemessen worden:

August 1964	August 1965	August 1966
240 pCi/l	140 pCi/l	250 pCi/l

Für die übrigen Stationen betrug die spezifische Caesium-137-Aktivität pro Liter Milch weniger als 50 pCi/l. Tabelle 18 zeigt die Übergangskoeffizienten von Cs-137 und Sr-90 aus Gras in Milch für die Jahre 1964–1966.

c) Aktivitäten von Gras und Milch, herrührend von der chinesischen Atombombe vom 9. 5. 1966

Ausser Luft und Niederschlägen (s. Abschnitt III, 1 u. 2) wurden auch Gras und Milchproben sowie Schilddrüsen von Kühen gammaspektrometrisch ausgemessen. Ab 24. 5. erfolgten täglich Untersuchungen von Gras und Milchproben von Grangeneuve[1] (FR). Im Gras liessen sich infolge der starken Kalium-40, Caesium-137, Beryllium-7, Rhodium-106 und Antimon-125-Aktivitäten nur die stärksten, kurzlebigen Spaltprodukte quantitativ messen (Fig. 4c). Die Bestimmung des Überganges der Aktivität der Luft und des Regens in das Gras liess sich deshalb nur durch die Zirkon-Niob-95-Aktivität feststellen. Für die erste Probe vom 24. 5. entsprach die Zr-Nb-Aktivität im Gras derjenigen, wie sie von Courvoisier[2] in den Jahren 1963/64 ermittelt wurde. Sämtliche späteren Grasproben dagegen zeigten eine rund 5mal höhere Aktivität (zwischen 2930 und 6680 pCi/kg), obschon nur noch am 25. 5. 1966 eine schwächere Aktivitätszufuhr durch Regen erfolgte und die Luftaktivität/m³ für Zr-Nb-95 bis Ende Mai den Wert von $2{,}5 \cdot 10^{-2}$ pCi/m³ nicht überschritt. Nach den Ergebnissen von Courvoisier wäre eine max. Zr-Nb-95-Aktivität des Grases von ca. 800 pCi-/kg zu erwarten gewesen.

In der Milch liess sich am 27. 5. Iod-131 nachweisen (Fig. 4d). Auf Anregung von Prof. Schär wurden ab 7. 6. 66 Schilddrüsen von Kühen zur Bestimmung des Iod-131-Gehaltes benutzt. Die Aktivität der wöchentlich entnommenen Schilddrüsenproben war bis Ende Juni ziemlich konstant mit rund $2 \cdot 10^4$ pCi I-131 pro kg Frischgewicht. Im Juli sank die Aktivität rasch ab. Ein Gammaspektrum der Aktivität zeigt Fig. 4e.

Als Verhältnis der I-131-Aktivität der Schilddrüse zur maximal in der Milch gefundenen ergibt sich ein Wert von ca. 3000, was mit dem chemisch bestimmten Iodverhältnis von Schilddrüse und Milch[3] gut übereinstimmt. Über Messungen der Aktivität von Schilddrüsen von Kühen lässt sich die I-131-Kontamination der Milch bereits feststellen, auch wenn eine direkte Aktivitätsmessung der Milch nur knapp möglich wäre. Die Fig. 4a–e zeigen die qualitativen Veränderungen der Gammaspektren eines Spaltproduktgemisches für die Kette Luft-Regen-Gras (Schilddrüse)-Milch.

8. Lebensmittel

Das Eidg. Gesundheitsamt, Sektion Lebensmittelkontrolle (Dr. A. Miserez), in Verbindung[4] mit den kantonalen Laboratorien Basel, Chur, Lausanne, St. Gal-

[1] Für die Mitwirkung bei den Probeentnahmen danken wir der Leitung der Kantonalen Landwirtschaftlichen Schule Grangeneuve.

[2] P. Courvoisier, Techn. Mitteil. Eidg. Institut für Reaktorforschung, Würenlingen, TM-SU-50, 1963.

[3] Leipert, Biochem. Zeitschrift, 261, S. 436, 1933.

[4] Arbeitsgemeinschaft zur Überwachung der Radioaktivität der Lebensmittel.

len und der Stadt Zürich bearbeiteten wieder den Sektor Lebensmittel. Als weitere Untersuchungsmethode wurde die Gammaspektroskopie eingeführt, die in manchen Fällen chemischen Kontaminationsbestimmungen überlegen ist, da sie rascher und einfacher zum Ziele führt.

Gegenüber dem Vorjahr ist die Kontamination der Lebensmittel weiterhin gesunken. Die im Berichtsjahr erfolgten Testexplosionen haben sich in den Lebensmitteln kaum bemerkbar gemacht. Hauptuntersuchungsobjekte waren Milch und Milchprodukte, Zerealien und Brot neben verschiedenen Kindernährmitteln, Früchten, Gemüsen, Fischen und Mineralwassern. Tab. 19-A gibt die Messergebnisse über die spezifische Gesamt-Beta-Aktivität, die Oxalatniederschlags-[1] und die Strontium-90-Aktivität für Frisch- und Trockenmilch wieder. Das Verhältnis Strontium-90- zu Oxalat-Niederschlags-Aktivität hat sich gegenüber 1965 kaum geändert[2]. Es beträgt ca. 0,7. Für die Berner Molkerei (BM), Trockenmilch aus dem Kanton Waadt (VD) und Mürren (Mü) sind im Laufe der Jahre 1959–1966 folgende spezifischen Aktivitäten für Strontium-90 und Oxalat-Aktivität festgestellt worden (Fig. 11 und 12):

Strontium-90- und Oxalat-Aktivität

Jahr	Spez. Strontium-90-Aktivität pCi/l			Spez. Oxalat-Aktivität pCi/l			Strontium-90/ Oxalat-Aktivität		
	BM	VD	Mü	BM	VD	Mü	BM	VD	Mü
1959	15	14	29	55	50	90	0,27	0,28	0,32
1960	11	11	27	23	30	56	0,48	0,37	0,48
1961	10	10	22	64	54	62	0,16	0,19	0,35
1962	16	14	33	67	59	93	0,24	0,24	0,35
1963	36	35	70	117	114	187	0,31	0,31	0,37
1964	45	51	92	74	84	145	0,61	0,61	0,63
1965	33	34	63	50	53	101	0,66	0,64	0,62
1966	23	23	60	33	37	96	0,70	0,62	0,63

In der letzten Spalte der Zusammenstellung sind die Verhältnisse (Strontium-90/Oxalat)-Aktivität aufgeführt. Der mittlere Strontium-90-Gehalt der Milch von Mürren aus dem Jahre 1965 musste revidiert werden (von 74,5 pCi/l auf 63 pCi/l) infolge Unsicherheit einer der betreffenden Bestimmungen. Seit 1964 hat sich mit Ausnahme von Mürren die spezifische Strontium-90- Aktivität ca. auf die Hälfte vermindert. Wird mit dem früher festgestellten Faktor von 0,71 für das Verhältnis (Strontium-90/Oxalat)-Aktivität die Strontium-90-Aktivität berechnet, ergeben sich Werte, wie sie in Fig. 12 und 13a (● und ⊙) eingetragen sind.

[1] Siehe 5. Bericht, 1961, S. 7/8.
[2] Siehe 9. Bericht, 1965, S. 7.

Figur 11 stellt den Verlauf der spez. Strontium-90-Aktivität von Frischmilch aus dem Flachland (Bern, 540 m) und aus einer Höhenlage (Mürren, 1650 m) seit 1958 dar. Fig. 12 gibt die entsprechende Angabe für Trockenmilch aus dem Flachlande. Die folgende Zusammenstellung zeigt für 14 Probestellen die spezifische Strontium-90-Aktivität der Milch für die Jahre 1962–1966 und die Verhältnisse dieser Aktivitäten für je zwei aufeinanderfolgende Jahre (vgl. Fig. 13a und b):

Herkunft	Strontium-90 pCi/l[1]					Verhältnis				Anzahl der Messungen pro Jahr	
	1962	1963	1964	1965	1966	1963/1962	1964/1963	1965/1964	1966/1965		
1 Berner Molkerei	16	36	45	33	23	2,25	1,25	0,73	0,70	4	(52)*
2 Canton de Vaud (lait en poudre)	14	35	51	34	23	2,50	1,45	0,67	0,68	9	
3 Mürren	33	70	92	63**	60	2,12	1,31	0,68	0,95	4	(53)*
4 Genève	—	—	47	37	22	—	—	0,80	0,59	6	
5 Meyrin	—	—	57	43	22	—	—	0,76	0,50	6	
6 Lausanne	—	—	55	39	29	—	—	0,72	0,72	6	
7 Moudon	—	—	57	43	28	—	—	0,75	0,65	6	
8 Neuchâtel	—	—	59	40	25	—	—	0,69	0,61	6	
9 Chaux-de-Fonds	—	—	89	56	38	—	—	0,63	0,68	6	
10 Sion	—	—	23	22	—	—	—	0,79	—	–	
11 Champéry	—	—	112	75	59	—	—	0,67	0,79	4	
12 Luzern	—	—	70	50	30	—	—	0,71	0,61	6	
13 Frauenfeld	—	—	37	34	22	—	—	0,92	0,65	6	
14 Tessin (S. Antonio)	—	—	132	84	49	—	—	0,64	0,58	6	

[1] Die Strontium-90-Bestimmung erfolgte in den Proben aus den Stellen 1, 2 und 3 nach Veraschung, in den Proben aus 4–14 nach Behandlung mit einem Ionenaustauscher.

* In Klammern: Anzahl Proben pro Jahr.

** Mittelwert unsicher.

Tab. 19-B enthält die spezifische Strontium-90-Aktivität und für einen Fall die spezifische Gesamt-Beta-Aktivität der untersuchten Käseproben. Auch hier zeigt sich ein beträchtlicher Rückgang der Aktivität gegenüber dem Vorjahr. Im Mittel ergibt sich für Hartkäse eine spez. Strontium-90-Aktivität von 257 pCi/kg (d. h. 26 pCi/g-Kalzium = 26 S.E.) und für den Halbhart- und Weichkäse 108 pCi/kg (d. h. 18 S.E.). Die Milch weist eine Aktivität von 27 S.E. auf.

Tab. 19-C–G enthalten die spezifischen Gesamt-Beta- und Strontium-90-Aktivitäten der untersuchten Zerealien (vgl. Fig. 14, 15 und 16), Brot, Kindernährmittel, Früchte, Gemüse, Fische, der weiteren Lebensmittel und verschiedener Wasserproben. Die einheimischen Weizenproben[1] stammen aus sieben

[1] Der Eidg. Getreideverwaltung danken wir für die Überlassung der Proben.

Einzugsgebieten der Lagerhäuser: Wil (SG), Düdingen (FR), Huttwil (BE), Brunnen (SZ), Renens (VD), Bellinzona (TI) und Brig (VS).

Für die Ernten 1964 bzw. 1965 sind die festgestellten Mittelwerte der Strontium-90-Aktivität:

Produkte	1964	1965
	pCi ^{90}Sr/kg	
Weizen	122	103
Weissmehl	45	30
Backmehl	95	55
Kleie	384	254

Das Verhältnis (Strontium-90/Oxalat)-Aktivität beträgt im Weizenmehl 0,6 für 1965 gegenüber 0,4 im Jahre 1963. Der Hauptanteil der Oxalat-Aktivität stammt nun von Strontium-90, da die kurzlebigen Aktivitäten praktisch abgeklungen sind.

Blattgemüse zeigen (vgl. Tab. 19-E), wie üblich, höhere spezifische Aktivitäten als die übrigen Gemüse.

Aus verschiedenen Seen wurde dieselbe Fischart (Schwalen) auf Strontium-90-Aktivität untersucht. Die spezifischen Aktivitäten zeigen keine merklichen Unterschiede (Tab. 20).

Nach der chinesischen Atomtestexplosion vom 27. 10. 1966 wurde die Iod-131-Aktivität von Milch und Gras bestimmt (Tab. 21). Es war möglich, in beiden Proben Iod-131-Aktivitäten, wenn auch kleine, festzustellen.

Milch, Zerealien und Früchte wurden ausser auf die Gesamt-Beta- und Strontium-90-Aktivität in Freiburg auch auf Caesium-137 gammaspektrometrisch untersucht. Diese Messungen dienen dem Ziele, das Verhältnis der Aktivitäten von Caesium-137 und Strontium-90 festzustellen um hieraus, sofern sich ein charakteristisches Verhältnis herausstellt, aus einer gammaspektrometrischen Caesium-137-Messung den Strontiumgehalt zu berechnen. Tab. 22 enthält die Messergebnisse. Das Aktivitätsverhältnis ^{137}Cs/^{90}Sr variiert für die untersuchten Proben nicht stark. Für die Milch hat es sich seit Juni 1965 ca. um die Hälfte vermindert, was einer Verminderung der direkten Kontamination des Grases durch ^{137}Cs aus der Luft zuzuschreiben ist, wogegen die Strontiumaufnahme des Grases aus dem Boden ungefähr konstant blieb.

9. Kontamination des menschlichen Körpers

Die Untersuchungen der spezifischen Strontium-90-Aktivität von Knochen und Zähnen erfolgte am Institut de radiophysique appliquée der Universität Lausanne (Prof. Dr. P. Lerch). Geprüft wurden Knochen Erwachsener aus der Region Lausanne und Genf und Milchzähne von Kindern aus Basel, Bern, Lausanne und Zürich. Es wurden total 12 Knochenuntersuchungen von Proben, gesammelt

1965, ausgeführt. Mit den im letzten Bericht angegebenen Werten ergibt sich eine Kontamination, wie sie Tab. 23 aufführt. Tab. 24 zeigt die Zusammenstellung bisheriger Messungen seit 1960. Die Aktivitätsangaben erfolgen in Strontiumeinheiten (S.E.). 1 S.E. entspricht 1 Picocurie Strontium-90 pro Gramm Kalzium der Knochen.

Tab. 25 enthält die Ergebnisse der Strontium-90-Analyse von Milchzähnen, die in den Jahren 1963 und 1964 gesammelt wurden. Sie stammen von Kindern verschiedener Altersstufen (5–12 Jahren). Fig. 17 vermittelt eine Übersicht dieser Messungen, zusammen mit Bestimmungen von im Jahre 1961 gesammelten Zähnen und Messungen aus Italien von Sammelproben aus dem Jahre 1962. Es ist klar ersichtlich, dass die Zähne der jüngsten Kinder die grösste Aktivität des betr. Sammeljahres aufweisen und Sammelproben von aufeinanderfolgenden Jahren in der Aktivität ansteigen. In der Entwicklungsperiode der Milchzähne erfolgt die hauptsächlichste Einlagerung des Strontiums, so dass die heute feststellbare Aktivität ein Spiegelbild der durchschnittlichen Strontium-90-Kontamination der Nahrung während der Entwicklungsperiode darstellt.

Mit dem Anthropo-Spektrometer der Universitätsklinik und Poliklinik für Radiotherapie und Nuklearmedizin des Kantonsspitals Zürich (Prof. G. Joyet) wurden vier Gruppen von gesunden 20jährigen weiblichen und männlichen Personen betreffend Kontamination untersucht. Die Messungen haben für die Caesium-137-Aktivität und die Kaliumkonzentration folgende Mittelwerte ergeben:

Beobachtungstermin	Total der untersuchten Personen	Cs-137 nCi (= 10^3pCi)	K-40 gK/kg-Masse
Frühling 1966 . . .	48 weibliche Personen	9,7±0,4	1,57±0,02
	47 männliche Personen	19,0±0,7	2,14±0,02
Herbst 1966	50 weibliche Personen	6,9±0,3	1,53±0,02
	50 männliche Personen	14,2±0,5	2,11±0,02

Vom Frühling bis zum Herbst ist die Caesium-137-Aktivität in beiden Versuchsgruppen um ca. 25% gesunken. Die Kaliumkonzentration erwies sich als unabhängig vom Gewicht, von der Grösse und vom durchschnittlichen Umfange der Versuchsperson. Ausser Caesium-137 und Spuren von Antimon-125/Tellur-125 konnten keine weiteren gammaaktiven Spaltprodukte gefunden werden. Auch bei Personen, die auf granitenem Boden leben, ist die Radium-Aktivität <1 nCi Ra-226. Fig. 18 zeigt das gemessene Spektrum einer 20jährigen, gesunden, männlichen Versuchsperson mit den von Caesium-137 und Kalium-40 erzeugten Impulsgruppen.

Vom Service cantonal de contrôle des irradiations, Genf (Dr. P. Wenger), erfolgten mit dem Anthropo-Spektrometer Bestimmungen der Caesium-137-Aktivität und des Kaliumgehaltes von 10 Personen (Tabellen 26 a, b u. c und 27) und Caesium-137- und Kaliumgehalt von Milchproben (Tabellen 28 und 29).

IV. Bemerkungen

Da auch im Berichtsjahr keine oberirdischen Testexplosionen von Atombomben im Megatonnenbereich erfolgten (total explodierten 8 kleinere Atombomben; 3 chinesische und 5 französische), ist die Kontamination des Lebensmilieus des Menschen weiterhin zurückgegangen. Im Berichtsjahr betrug die spezifische Strontium-90-Aktivität der Milch 33 pCi/l, gegenüber 48 pCi/l im Vorjahr. Damit wird im Mittel durch die gesamte Nahrung vom Einzelindividuum pro Tag eine Strontium-90-Aktivität von ca. 49 pCi aufgenommen[1], was ca. 70% der letztjährigen täglichen Inkorporation ausmacht.

Knochenuntersuchungen auf Strontium-90 wurden im Berichtsjahr nur wenige durchgeführt, so dass hierüber keine Angaben gemacht werden können, die über die letztjährigen hinausgehen.

Die im menschlichen Körper festgestellten Caesium-137-Mengen sind weiterhin wesentlich kleiner als die zulässige Aktivität für die Allgemeinbevölkerung.

Die Abwässer aus Betrieben, die radioaktive Nuklide benützen oder produzieren, erreichte nirgends die zulässige Aktivitätskonzentration.

Zusammenfassend kann die Kontaminationslage als sehr günstig und gefahrlos für die Menschen bezeichnet werden.

Mitglieder der Kommission

Prof. Dr. P. Huber, Basel, Präsident
Prof. Dr. J. Rossel, Neuchâtel, Vizepräsident
P. Ackermann, Aerologische Station, Payerne
Prof. Dr. O. Huber, Fribourg
Prof. Dr. O. Jaag, ETH, Zürich
Prof. Dr. M. Schär, Universität Zürich

Basel, den 19. Mai 1967.

[1] Siehe 7. Bericht, S. 11, 1963.