

**Zeitschrift:** Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene = Travaux de chimie alimentaire et d'hygiène  
**Herausgeber:** Bundesamt für Gesundheit  
**Band:** 79 (1988)  
**Heft:** 1

**Rubrik:** Radioaktivität der Lebensmittel in den Jahren 1985 und 1986 = Radioactivité des denrées alimentaires en 1985 et 1986

### **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:** 27.01.2026

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

## **Radioaktivität der Lebensmittel in den Jahren 1985 und 1986**

### **Radioactivité des denrées alimentaires en 1985 et 1986**

*Arbeitsgemeinschaft zur Überwachung der Radioaktivität der Lebensmittel (ARL)*  
*Communauté de surveillance de la radioactivité des denrées alimentaires (CRDA)*

#### **Einleitung**

Die Radioaktivitätsüberwachung der Lebensmittel wurde in den Jahren 1985 und 1986 durch die Arbeitsgemeinschaft zur Überwachung der Radioaktivität der Lebensmittel (ARL/CRDA) unter Mitarbeit der Laboratorien Freiburg (LFR), Lausanne (EPFL) sowie EIR, LDU, der Eidg. Getreideverwaltung (EGV) und der Bundesämter für Veterinärwesen (BVET) bzw. Gesundheitswesen (BAG) vorgenommen.

Die 1986 durchgeführten Arbeiten waren durch den Reaktorunfall im Lenin-kernkraftwerk in Tschernobyl (26. 4. 1986) geprägt. Vom dadurch bewirkten radioaktiven Niederschlag, vor allem I-131, Cs-134 und Cs-137, waren besonders die Ostschweiz, das Tessin und die Südtäler des Kantons Graubünden betroffen. Glücklicherweise kam dabei dem Strontium-90 keine grosse radiologische Bedeutung zu. Es wurde geschätzt, dass die durch Sr-90 und Sr-89 verursachten Dosen nur einige Prozente der durch Cs-134 und -137 bewirkten Dosis ausmachten (Bericht des BAG vom September 1986: Verstrahlungslage in der Schweiz nach dem Unfall in Tschernobyl).

Im vorliegenden Bericht wurden Cs-134- und Cs-137-Messwerte in der Regel nur dann aufgeführt, wenn auch Sr-90-Messungen vorlagen. Im gleichen Sinne wurden vereinzelt auch Messergebnisse anderer Organisationen angegeben, sofern sie Lebensmittel betrafen. Die Ergebnisse der  $\gamma$ -Messungen der ARL-Laboratorien BS, GR und VD können in ihren Jahresberichten nachgeschlagen werden.

Da die durch Tschernobyl bedingten Spaltprodukte ebenfalls Ba-140 und La-140 u. a. enthielten, wurde bei der Sr-90-Analyse eine zusätzliche Fällung (Chromat, gemäss Arbeitsvorschrift) gemacht (siehe Anhang 1). Da diese bisher nicht geübt worden war, wurde ein Ringversuch mit Milchpulver durchgeführt; es zeigte sich aber auch, dass mittels der zweiten Y-Fällung gute Ergebnisse erzielt werden können.

Im Hinblick auf künftige Ereignisse müssen jedoch Methoden ausgearbeitet werden, welche eine rasche Information über die vorliegende Sr-90-Aktivität er-

lauben, u. a. solche, in welchen die chromatographischen Verfahren ausgenützt werden können und solche, wo die Sr-89-Aktivität eruiert werden kann.

Die Erfahrungen mit «Tschernobyl» haben gezeigt, dass im Ereignisfall die im ARL zusammengeschlossenen kantonalen Laboratorien auch sehr gut in der Lage sind, Sr-90-Bestimmungen durchzuführen, dass es aber von Vorteil wäre, wenn jeder Kanton auch Gamma-Messungen vornehmen könnte.

## Resultate und Diskussion

### *Milch*

1985

Für die Total-Beta-Aktivität von 29 Milchproben hat man einen Mittelwert von 44,51 Bq/l berechnet, mit Extremwerten von 37,15 (Würenlingen) und 50,73 Bq/l (Saignelégier), vergleichbar mit 1984 Mittelwert von 45,32 Bq/l, Extremwerte von 37,18 (Würenlingen) und 54,35 Bq/l (Saignelégier) (Tabelle 1).

1985

Die Sr-90-Aktivität von 38 Proben ergab einen Mittelwert von 0,24 Bq/l mit Extremwerten von 0,07 und 1,25 Bq/l. 1984 lagen die entsprechenden Werte bei 0,25 Bq/l sowie 0,04 und 1,01 Bq/l (Mürren). Die Sr-90-Aktivität der Milch von Mürren liegt rund 4mal höher als der Mittelwert der Schweiz.

Die in 36 Proben gemessene Cs-137-Aktivität lag zwischen  $< 0,05$  und 1,0 Bq/l (Mürren) – Median  $< 0,1$  Bq/l – und entspricht somit derjenigen von 1984 (62 Proben) mit Werten zwischen  $< 0,04$  und 1,11 Bq/l (Davos-Stillberg) – Median  $< 0,07$  Bq/l – (Tabelle 2).

1986

Aus der Vielzahl der untersuchten Milchproben haben wir für den Bericht 1986 hauptsächlich diejenigen berücksichtigt, die schon im ARL-Probenahmeplan 1986 erwähnt waren oder deren Sr-90-Aktivität untersucht wurde, was die Probenanzahl stark einschränkte.

Aus 91 Milchproben erhielt man eine Sr-90-Mittelaktivität von 0,51 Bq/l mit Extremwerten von 0,01 und 5,96 Bq/l. Im Vergleich zu 1985 und 1984 sind die ermittelten Sr-90-Werte von 1986 im Mittel etwa 2mal höher.

Für 35 Milchproben wurde eine mittlere Cs-134-Aktivität von 31,60 Bq/l mit Extremwerten von  $< 0,15$  Bq/l und 102,24 Bq/l für eine Kuhmilch und sogar von 200,54 Bq/l für eine Schafmilch ermittelt. In 65 Milchproben wurde eine mittlere Cs-137-Aktivität von 66,73 Bq/l mit Extremwerten von  $< 0,11$  und 370 Bq/l für eine Schafmilch und 488,4 Bq/l für eine Kuhmilch gefunden.

Im Vergleich zu den Cs-137-Werten von 1984/85 zeigen diejenigen von 1986 eine um mindestens 400mal höhere Aktivität.

Die vom Tschernobylereignis am meisten betroffenen Kantone Tessin, Aargau und St. Gallen weisen die höchsten Cs-137-Aktivitäten auf sowie die höch-

sten Extremwerte: in 7 Milchproben aus dem Tessin wurde eine mittlere Aktivität von rund 256 Bq/l und ein Extremwert von 488 Bq/l und in 5 Milchproben aus dem Kanton Aargau ein Mittelwert von rund 122 Bq/l mit einem Extremwert von 185 Bq/l ermittelt (Tabelle 3).

### *Milchverarbeitungsprodukte*

1986

Aufgrund der erhöhten Cs-Aktivität in Milch wurden verschiedene Milch und teilweise deren Verarbeitungsprodukte (Quark, Butter, Käse) auf ihre Sr-90-, bzw. Cs-134- und Cs-137-Aktivität untersucht.

Die Sr-90-Werte zwischen 0,01 und 2,36 Bq/l bzw. kg (Mittelwert: 0,75 Bq/l bzw. kg) sind sowohl für die verschiedene Milch als ihre Verarbeitungsprodukte fast vergleichbar mit den untersuchten Milchproben vom 1983 (0,07–1,63 Bq/l), 1984 (0,04–1,0 Bq/l) und 1985 (0,07–1,25 Bq/l).

Es findet eine Abnahme der Cs-134- und Cs-137-Aktivitäten sowohl von Schaf- als von Kuhmilch zu Käse von 60–80% statt und eine Zunahme dieser Aktivitäten von Milch zu Molke um ca. 240% (Tabelle 4). Für detaillierte Angaben zu Transferfaktoren siehe Literaturhinweise (Seite 56).

### *Gemüse*

1985

Die Sr-90-Werte für 4 Gemüseproben lagen zwischen 0,15 und 0,27 Bq/kg (Mittelwert: 0,22 Bq/kg); 1984 wurde ein Mittelwert von 0,46 und Extremwerte von 0,18 und 1,30 Bq/kg ermittelt.

Die Cs-137-Aktivität für 6 Proben (2 Äpfel, 4 Salate) lag unterhalb 0,74 Bq/kg (Tabelle 5).

1986

Wegen ihrer grossen Oberflächen wurden hauptsächlich Blattgemüse untersucht (22 von 23 berücksichtigten Proben).

Der ermittelte Mittelwert für Sr-90 ergab für 23 Proben 1,80 Bq/kg und Extremwerte zwischen 0,12 und 8,10 Bq/kg (Spinat aus Riehen). Die mittlere Sr-90-Aktivität lag schätzungsweise 8mal höher als diejenige von 1984/85.

Der Mittelwert der Cs-137-Aktivität lag bei 147,6 Bq/kg und die Extremwerte zwischen < 3,7 und 592,0 Bq/kg (Nüsslisalat aus Riehen). Obwohl für 1984/85 im Vergleich zu 1986 nur wenige Messungen vorliegen, ist ersichtlich, dass die Proben von 1986 eine stark erhöhte Cs-Aktivität zu 1984/85 aufweisen (Tabelle 6).

### *Getreide*

1985

Wiederum wurden 5 Weizenproben aus der Umgebung (5 km Radius) der Kernkraftwerke erhoben. Die mittlere Sr-90-Aktivität lag bei 0,67 Bq/kg und ent-



spricht derjenigen von 1984. Die Sr-90-Werte für den Weizen aus den Zonen I–IV mit 0,53 Bq/kg zeigen eine ähnliche Aktivität wie 1983/84 (0,77/0,44 Bq/kg), Einzelproben aus dem Tessin hingegen ergeben etwas höhere Werte.

Die Cs-137-Werte lagen alle unter  $< 0,3$  Bq/kg und entsprechen denjenigen von 1984 und 1983  $< 0,2$  Bq/kg (Tabelle 7).

1986

Die Sr-90-Aktivität der Weizenproben um die Kernkraftwerke lag bei 0,63 Bq/kg und diejenige der Zonen I bis IV bei 0,57 Bq/kg. Die Sr-90-Aktivität war, ausser im Tessin (3,39), im Bereich der Aktivitäten von 1983–1985.

Die Cs-134-Werte lagen für alle Proben unter 3 Bq/kg und diejenigen des Cs-137 zeigten eine mittlere Aktivität von 2,26 Bq/kg (Extremwerte von 0,93 und 4,07 Bq/kg). Im Vergleich zu den früheren Jahren sind die Cs-137-Werte von 1986 erhöht. Wie für Sr-90 ist im Tessin die Cs-134- und -137-Aktivität mit 77,45 bzw. 159,68 Bq/kg deutlich höher als in der übrigen Schweiz (Tabelle 8).

### *Mahlversuche von Weizen*

1986

Weizenkörner der Sorte Valle d'Oro aus 2 verschiedenen Parzellen (Cella 4 und Cella 16) aus dem Mendrisiotto wurden in den Laboratorien der Eidg. Getreideverwaltung gereinigt und einem modellmässigen Mahlprozess (die Mahlfractionen enthalten Keimlinge im Gegensatz zu den Handelsmehlen) unterworfen. Ziel dieses Versuches war, herauszufinden, ob eine lineare Korrelation zwischen dem Mahlgrad (Aschegehalt) und der Sr-90- bzw. Cs-134- und Cs-137-Aktivität besteht, welche zur Umrechnung auf die Aschegehalte handelsüblicher Mehle – Weissmehl um 0,45% (auf die Trockensubstanz bezogen), Halbweissmehl 0,6 bis 0,7% und Ruchmehl 0,8 bis 1,1% – dienen könnte (Tabelle 9).

Aus den auf ihren Wassergehalt umgerechneten gemessenen Aktivitäten wurden die Regressionsgeraden für Sr-90, Cs-134, Cs-137 und Summe von Cs-134 und -137 sowie die daraus resultierenden Regressionskoeffizienten berechnet. Es zeigte sich, wie zu erwarten war, dass der Aschegehalt der verschiedenen Mahlproben – grösstenteils als Calciumphosphat – den stärksten Einfluss auf das Sr-90 hat, wie dies aus den verschiedenen Korrelationskoeffizienten hervorgeht.

Weizen aus Cella 4		Sr-90	Cs-134	Cs-137	Summe Cs
Ohne Kleie	<i>r</i>	0,9900	0,9997	0,9977	0,9992
Ohne Ausmahleten	<i>r</i>	0,9997	0,9983	0,9997	0,9995
Mit Kleie und Ausmahleten	<i>r</i>	0,9619	0,9956	0,9925	0,9939
Weizen aus Cella 16		Sr-90	Cs-134	Cs-137	Summe Cs
Ohne Kleie	<i>r</i>	0,9887	0,9994	0,9989	0,9991
Ohne Ausmahleten	<i>r</i>	0,9998	0,9991	0,9993	0,9993
Mit Kleie und Ausmahleten	<i>r</i>	0,9564	0,9979	0,9991	0,9988

## *Fleisch*

1986

Das Fleisch (Ragout) von 7 Schafen, 2 Kühen, 1 Pferd und 2 Rehen wurde auf die Radionuklide Sr-90, Cs-134, Cs-137 und K-40 untersucht.

Die Sr-90-Aktivität lag für 3 Schaf-, 2 Reh- und 1 Kuhproben zwischen 0,01 und 0,1 Bq/kg. Für ein Schaffleisch (Ragout mit Knochen) wurden allerdings 27,77 Bq/kg gemessen.

Die grösste Cs-134-Aktivität wurde im Rehfleisch mit 48,47 und 101,38 Bq/kg gemessen. Ein Mittelwert von 26,85 Bq/kg und eine Standardabweichung von 27,56 Bq/kg sowie Extremwerte von 1,1 und 101,4 Bq/kg wurden ermittelt.

Eine Cs-137-Aktivität von 100,27 und 190,18 Bq/kg wurden für das Rehfleisch gemessen sowie einen Mittelwert von 54,11 Bq/kg und eine Standardabweichung von 52,22 Bq/kg. Die Aktivität der verschiedenen Proben lag zwischen 1,2 und 190,2 Bq/kg.

Die ermittelten K-40-Werte lagen zwischen 70,67 und 161,39 Bq/kg mit einem Mittelwert von 101,12 Bq/kg und einer Standardabweichung von 22,44 Bq/kg (Tabelle 10).

## *Verschiedenes: Gras (getrocknet)*

1985

Die untersuchten Heuproben haben für Sr-90 eine mittlere Aktivität von 8,07 Bq/kg bei einer Standardabweichung von 14,96 Bq/kg; diese Werte sind ähnlich wie diejenigen von 1984 mit  $9,95 \text{ Bq/kg} \pm 12,6 \text{ Bq/kg}$ .

Die K-40- bzw. Gesamtaktivität bewegte sich zwischen 305 und 1106 Bq/kg.

Die Cs-137-Werte sind alle  $< 3 \text{ Bq/kg}$  und somit ähnlich wie diejenigen von 1983 (Mittelwert: 2,8 Bq/kg) und 1984 (Mittelwert: 1,6 Bq/kg) (Tabelle 11).

1986

Die Probenerhebung verteilte sich zwischen Anfang Mai und Ende Oktober.

Die mittlere Sr-90-Aktivität von 7 Proben lag bei 7,44 Bq/kg bei einer Standardabweichung von 2,83 Bq/kg und die ermittelten Extremwerte bei 3,7 und 33,30 Bq/kg. Diese Werte sind somit ähnlich wie diejenigen von 1983–1985.

Mit Cs-137-Aktivitäten zwischen 16,30 und 159,10 Bq/kg sind diese Werte deutlich höher als diejenigen von 1984/85 (Tabelle 12).

## *Ringversuch 1986: Sr-90*

Durch den Unfall von Tschernobyl erhielt die Trennung von Sr-90 ganz andere Dimensionen: Chemisch ähnliche Radioisotopen wie La-140, Ce-141 und Ce-144 wurden bei der ersten Y-Fällung mitgeschleppt und somit wurde eine erhöhte Sr-90-Aktivität simuliert.

Durch einen Ringversuch mit einer lyophilisierten und homogenisierten Mischmilch wurde den Laboratorien die Möglichkeit gegeben, ihre Analytik auf Sr-90 zu überprüfen. 7 Laboratorien haben sich an diesem Ringversuch beteiligt.

Für die erste Fällung (6 Resultate) wurden Aktivitäten zwischen 0,60 und 1,06 Bq/l gemessen sowie ein Mittelwert von 0,77 Bq/l bei einer Standardabweichung von 0,21 Bq/l und einem Variationskoeffizienten von 27% ermittelt. Der Median lag bei 0,65 Bq/l.

Für die zweite Fällung (6 Resultate) wurden Aktivitäten zwischen nn (nicht nachweisbar) und 0,68 Bq/l gemessen. Der ermittelte Mittelwert (ohne nn berechnet) ergab 0,54 Bq/l bei einer Standardabweichung von 0,09 Bq/l und einem Variationskoeffizienten von 17%. Der Median lag bei 0,51 Bq/l.

Der rund 25% tiefere Mittelwert der zweiten Fällung lässt darauf schliessen, dass in der Mutterlösung noch «fremde» Radionuklide wie Ba-140, La-140 sowie Ce-141 und -144 vorhanden waren.

Ein 1984 mit 13 Laboratorien durchgeführter Ringversuch zur Bestimmung von Sr-90 in einem Milchpulver allerdings ohne Fallout brachte folgende Resultate:

1. Fällung 5,38 Bq/kg  $\pm$  0,63 Bq/kg, Variationskoeffizient 12%
2. Fällung 4,60 Bq/kg  $\pm$  0,65 Bq/kg, Variationskoeffizient 14%.

Vergleicht man die Resultate des Ringversuches von 1984 mit denjenigen 1986, was nicht ganz zulässig ist (andere Mitarbeiter, verschiedene Arbeitsbedingungen), so sieht man, dass u. a. die Variationskoeffizienten von 1986 sowohl für die 1. Fällung als für die 2. Fällung schlechter ausfallen als diejenigen von 1984: dies ist wahrscheinlich auf die bedingte Erfahrung einiger Versuchsteilnehmer sowie auf die Falloutproblematik zurückzuführen.

### Schlussfolgerungen und Ausblick

Unter Berücksichtigung der Schwankungsbreite haben sich gegenüber den vorhergehenden Jahren die 1985 gemessenen Cs-137- und Sr-90-Aktivitäten in den Lebensmitteln nicht verändert. Dies trifft auch für die aus der Umgebung von Kernkraftwerken stammenden Lebensmittel zu.

Durch das Ereignis im Leninkraftwerk in Tschernobyl sind in den vom radioaktiven Ausfall am stärksten betroffenen Gebieten die Cs-137-Aktivitäten der Lebensmittel zeitweise massiv angestiegen. Für die langjährigen Messserien an Milch aus wenig betroffenen Gebieten ergibt sich im Jahresmittel gegenüber 1984/85 ein Anstieg von schätzungsweise einem Faktor 30 für Bern bzw. 3 für Mürren (Tabelle 13). Dagegen zeigen die entsprechenden Sr-90-Aktivitäten keinen Anstieg. Nur in Einzelproben aus den Monaten Mai/Juni ist ein solcher erkennbar. Die 1986 für Sr-90 in Milch aus Bern bzw. Mürren gefundenen Aktivitätsjahresmittelwerte sind im Mittel etwa 8- bzw. 4mal kleiner als die in den Jahren 1963/64 ermittelten (Tabelle 13). Ebenfalls keinen Anstieg der mittleren Sr-90-Aktivitäten zeigen Weizenproben aus dem Mittelland. Einzig in Weizen aus der Südschweiz sind die Sr-90-Aktivitäten gegenüber 1984/85 signifikant ange-



stiegen. Gegenüber 1963 sind die heutigen Sr-90-Aktivitäten in Weizen etwa 5- bis 10mal geringer.

Die Erfahrungen mit Tschernobyl haben gezeigt, dass die Laboratorien der ARL grundsätzlich in der Lage sind, zuverlässige Sr-90-Bestimmungen in Lebensmitteln durchzuführen; falls nötig, auch in grösserem Umfange.

Damit künftig in der Sr-90-Analytik auch wenig erfahrenes Personal effektiv eingesetzt werden kann, wurde die entsprechende Arbeitsvorschrift dem Schweizerischen Lebensmittelbuch angepasst (Anhang 1). Trotzdem sollte intensiv nach rascheren und einfacheren Bestimmungsverfahren für Sr-90, auch in «jungen Spaltgemischen», gesucht werden. Für entsprechende Forschungsanstrengungen wären beispielsweise folgende Aspekte zu berücksichtigen: Ist eine Veraschung in jedem Fall nötig? Lassen sich die Fortschritte der modernen chromatographischen Techniken und/oder die Eigenschaften der Kronenether (Kryptate) allenfalls in geeigneter Weise anwenden?

Die ARL, als bisher vorwiegend analytisch orientierte (Sr-90), lose Vereinigung von an der Radioaktivität der Lebensmittel interessierter kantonalen Laboratorien, stellt kein geeignetes Instrument zur Bewältigung von Radioaktivitätsereignissen dar, auch wenn dabei den Lebensmitteln eine grosse Bedeutung zukommen sollte. Es hat sich auch gezeigt, dass es bei solchen Ereignissen unerlässlich ist, dass möglichst alle kantonalen Laboratorien in der Lage sind, Gammamessungen vorzunehmen und dass es sinnvoll wäre, wenn die Kantone, anhand von Weisungen und unter Koordination des Bundes, auch die im Lebensmittelsektor allfällig nötigen Massnahmen einleiten könnten. Die auf dem Lebensmittelgesetz von 1905 beruhenden, bewährten Organisationsstrukturen der Lebensmittelkontrolle könnten dabei für die neue Aufgabe genutzt werden.

Unter der Berücksichtigung, dass inzwischen die meisten kantonalen Laboratorien über Gammamessplätze verfügen und im Hinblick auf die neu erlassenen Verordnungen über die «Konzentrationen von Radionukliden in Lebensmitteln» (SR 817.025) und die «Einsatzorganisation bei erhöhter Radioaktivität» (SR 732.32) müssen Art der Aufgaben und Tätigkeiten der kantonalen Laboratorien insgesamt sowie deren Beziehungen zum zuständigen Bundesamt und die Zusammenarbeit mit der KUER auf eine neue Grundlage gestellt werden.

### *Dank*

Für die Probenerhebungen, die Probenausarbeitung sowie die Durchführung zahlreicher Bestimmungen möchten wir den kantonalen Laboratorien, die mitgeholfen haben, insbesondere dem Laboratorium des «Institut d'électrochimie et de radiochimie de l'école polytechnique fédérale de Lausanne» (EPFL), demjenigen von Freiburg (FLR), dem Institut für Reaktorforschung in Würenlingen (EIR) und demjenigen von Dübendorf (LDU, EA-WAG) sowie dem AC-Laboratorium Spiez (ACLS) und der Eidg. Getreideverwaltung (EGV) für die Beschaffung der Getreideproben danken. Wir möchten noch Herrn N. Trenkner der Eidg. Getreideverwaltung für die Zustellung der Weizenmahlprodukte sowie für die Durchführung deren Wasser- und Aschebestimmungen unseren Dank aussprechen.

Tabelle 1. Milch: Total-Beta-Aktivität — 1985

Probe und Herkunft	Erhebungs- datum	Mess- platz	Total-Beta- Aktivität Bq/l
Bern Verbandsmolkerei <sup>1</sup>	1. Quartal 85	EPFL	42,96
Bern Verbandsmolkerei	2. Quartal 85	EPFL	44,36
Bern Verbandsmolkerei	3. Quartal 85	EPFL	43,77
Bern Verbandsmolkerei	4. Quartal 85	EPFL	42,96
Beurnevésin MIBA <sup>2</sup>	12. 2. 85	BS	45,77
Beurnevésin MIBA	7. 5. 85	BS	43,81
Beurnevésin MIBA	5. 8. 85	BS	49,47
Beurnevésin MIBA	16. 10. 85	BS	41,44
Faido	14. 3. 85	BS	48,47
Grangeneuve	22. 10. 84	EPFL	37,52
Grangeneuve	27. 6. 85	EPFL	42,33
Kaiseraugst MIBA <sup>3</sup>	12. 2. 85	BS	46,25
Kaiseraugst MIBA	7. 5. 85	BS	44,84
Leibstadt KKL <sup>4</sup>	4. 7. 85	BS	44,07
Mürren <sup>1</sup>	1. Quartal 85	EPFL	43,55
Mürren	2. Quartal 85	EPFL	47,03
Mürren	3. Quartal 85	EPFL	43,25
Mürren	4. Quartal 85	EPFL	41,51
Rotberg MKBD <sup>3, 5</sup>	13. 2. 85	BS	45,66
Rotberg MKBD	7. 5. 85	BS	44,47
Rotberg MKBD	5. 8. 85	BS	48,88
Rotberg MKBD	15. 10. 85	BS	47,36
Saignelégier MIBA	12. 2. 85	BS	46,21
Saignelégier MIBA	21. 5. 85	BS	49,28
Saignelégier MIBA	6. 8. 85	BS	50,73
Saignelégier MIBA	16. 10. 85	BS	47,66
Sessa	12. 3. 85	BS	47,14
Würenlingen KKB/EIR <sup>6</sup>	4. 2. 85	EPFL	39,26
Würenlingen KKB/EIR	7. 6. 85	EPFL	37,15

<sup>1</sup> Mischprobe aus 13 Milchproben.

<sup>2</sup> MIBA = Milchverband der Nordwestschweiz.

<sup>3</sup> Einzelmilch.

<sup>4</sup> Mischprobe von Milchproben aus Schwaderloch, Leibstadt (2), Full-Reuenthal (3) und Leuggern.

<sup>5</sup> MKBD = Milchwirtschaftlicher Kontroll- und Beratungsdienst, Basel.

<sup>6</sup> Mischprobe der Proben aus Villingen, Würenlingen, Döttingen, Klingnau, Klein-Döttingen und Gippingen/Leuggern.



Tabelle 2. Milch: Strontium-90, Kalium-40 und Caesium-137 — 1985

Probe und Herkunft	Erhebungs- datum	Mess- platz	Sr-90 Bq/l	Mess- platz	K-40 Bq/l	Cs-137 Bq/l
Arenenberg	17. 5. 85	LDU	0,07	LFR	46,25	< 0,1
Bern Verbandsmolkerei	1. Quartal 85	EPFL	0,13	LFR	45,51	< 0,2
Bern Verbandsmolkerei	2. Quartal 85	EPFL	0,13	LFR	45,14	< 0,2
Bern Verbandsmolkerei	3. Quartal 85	EPFL	0,15	LFR	44,40	< 0,2
Bern Verbandsmolkerei	4. Quartal 85	EPFL	0,13	LFR	45,14	< 0,2
Beznau	4. 2. 85	EPFL	0,09	LFR	46,62	< 0,1
Beznau	7. 6. 85	EPFL	0,09	LFR	51,06	< 0,1
Beurnevésin MIBA	12. 2. 85	BS	0,13	BS	52,10	< 0,05
Beurnevésin MIBA	7. 5. 85	BS	0,13	BS	51,17	< 0,05
Beurnevésin MIBA	5. 8. 85	BS	0,11	BS	50,47	< 0,05
Beurnevésin MIBA	16. 10. 85	BS	0,09	BS	42,29	< 0,05
Chur	30. 1. 85	LFR	0,19	LFR	49,95	< 0,1
Chur	2. 5. 85	LFR	0,11	LFR	46,62	< 0,1
Davos-Stillberg	21. 2. 85	LDU	0,23	—	—	—
Davos-Stillberg	18. 8. 85	LDU	1,0	—	—	—
Faido	14. 3. 85	BS	0,16	BS	47,17	< 0,05
Faido	24. 9. 85	BS	0,20	BS	50,80	< 0,1
Grangeneuve	15. 10. 85	EPFL	0,11	LFR	48,47	< 0,1
Kaiseraugst MIBA	12. 2. 85	BS	0,1	BS	50,06	< 0,05
Kaiseraugst MIBA	7. 5. 85	BS	0,11	BS	86,43	< 0,05
Leibstadt KKL	4. 7. 85	BS	0,13	BS	48,10	< 0,1
Lucens	23. 4. 85	VD	0,07	LFR	49,58	< 0,1
Lucens	3. 10. 85	VD	0,11	LFR	51,80	< 0,1
Mürren	1. Quart. 85	EPFL	0,65	LFR	48,47	0,44
Mürren	2. Quart. 85	EPFL	1,25	LFR	45,88	1,0
Mürren	3. Quart. 85	EPFL	0,78	LFR	45,88	0,63
Mürren	4. Quart. 85	EPFL	0,84	LFR	44,40	0,59
Le-Mont-sur-Laus. (Orlait) <sup>1</sup>	1. Sem. 85	VD	0,11	LFR	43,66	< 0,1
Le-Mont-sur-Laus. (Orlait) <sup>1</sup>	2. Sem. 85	VD	0,07	LFR	44,40	< 0,1
Pontresina	20. 5. 85	LFR	0,18	LFR	46,62	< 0,1
Rotberg	13. 2. 85	BS	0,09	BS	50,76	< 0,05
Rotberg	7. 5. 85	BS	0,09	BS	49,06	< 0,05
Rotberg	5. 8. 85	BS	0,09	BS	52,95	< 0,05
Rotberg	15. 10. 85	BS	0,07	BS	51,54	< 0,05
Saignelégier MIBA	6. 8. 85	BS	0,17	BS	50,06	< 0,05
Saignelégier MIBA	16. 10. 85	BS	0,17	BS	53,65	< 0,05
Sessa	12. 3. 85	BS	0,32	BS	50,28	< 0,05
Sessa	25. 9. 85	BS	0,39	BS	51,00	< 0,1

— = nicht durchgeführt.

<sup>1</sup> Orlait: Fédération laitière vaudoise fribourgeoise.

*Tabelle 3. Kuhmilch und andere Milch: Strontium-90, Caesium-134 und Caesium-137 — 1986*

Probe und Herkunft	Erhebungs- datum	Mess- platz	Sr-90 Bq/l	Mess- platz	Cs-134 Bq/l	Cs-137 Bq/l
Basel MIBA	5. 5. 86	BS	0,20	BS	< 2	10,00
Basel MIBA	5. 5. 86	BS	0,20	BS	10,00	20,72
Basel MIBA	5. 5. 86	BS	0,20	BS	6,66	17,02
Basel MIBA	5. 5. 86	BS	0,20	BS	16,65	32,56
Basel MIBA	5. 5. 86	BS	0,20	BS	22,20	42,92
Basel MIBA	5. 5. 86	BS	0,20	BS	10,00	24,79
Basel MIBA	14. 5. 86	BS	0,50	BS	—	18,50
Basel Coop	5. 5. 86	BS	0,14	BS	14,80	20,35
Basel Coop	5. 5. 86	BS	0,14	BS	nn	7,40
Basel Coop	5. 5. 86	BS	0,14	BS	17,02	33,30
Bassa Leventina	8. 5. 86	EPFL	1,81	LFR	—	247,90
Bern Verbandsmolkerei	13. 5. 86	BAG	0,07	LFR	22,00	44,40
Bern Verbandsmolkerei	20. 5. 86	BAG	0,07	LFR	<18	29,60
Bern Verbandsmolkerei	Mai—Juni 86	EPFL	0,27	—	—	—
Bern Verbandsmolkerei	3. Quartal 86	EPFL	0,15	LFR	0,79	1,33
Bern Verbandsmolkerei	4. Quartal 86	EPFL	0,18	LFR	0,58	0,95
Beurnevésin	14. 5. 86	BS	0,61	BS	48,10	92,50
Bourrignon (Schafmilch)	22. 5. 86	BS	0,50	BS	55,50	118,40
Bubendorf (Schafmilch)	22. 5. 86	BS	0,30	BS	33,30	62,90
Bubendorf	22. 5. 86	BS	0,53	BS	45,14	154,10
Chur	10. 2. 86	BAG	0,06	—	—	—
Chur	12. 5. 86	BAG	0,11	—	—	—
Chur	1. 9. 86	BAG	0,01	—	—	—
Corneaux	7. 5. 86	EPFL	0,14	LFR	—	25,90
Dagmersellen	15. 7. 86	BAG	0,18	—	—	—
Davos	14. 5. 86	BAG	0,18	—	—	—
Davos	1. 9. 86	BAG	0,36	—	—	—
Faido	20. 3. 86	BS	0,24	BS	< 0,9	< 0,8
Faido	21. 5. 86	BS	0,37	BS	—	26,64
Faido	17. 9. 86	BS	0,46	—	—	—
Gösgen-Umgebung	19. 11. 86	EPFL	0,15	—	—	—

Probe und Herkunft	Erhebungs- datum	Mess- platz	Sr-90 Bq/l	Mess- platz	Cs-134 Bq/l	Cs-137 Bq/l
Hunzenschwil <sup>1</sup>	6. 5. 86	—	—	LFR	51,57	90,50
Hunzenschwil <sup>1</sup>	6. 5. 86	—	—	LFR	70,55	127,18
Hunzenschwil <sup>1</sup>	6. 5. 86	—	—	LFR	57,41	99,26
Hunzenschwil <sup>1</sup>	6. 5. 86	BAG	0,79	LFR	102,18	184,89
Hunzenschwil <sup>1</sup>	6. 5. 86	—	—	LFR	91,96	162,02
Kaiseraugst	14. 5. 86	BS	0,26	BS	37,00	66,60
Locarno	6. 6. 86	BS	0,66	BS	—	133,20
Lugano	8. 5. 86	EPFL	1,89	LFR	—	299,70
Mühleberg-Umgebung	6. 5. 86	BAG	0,36	LFR	9,00	19,00
Mürren	21. 5. 86	BAG	0,09	LFR	< 18	< 15
Mürren	28. 5. 86	BAG	0,21	—	—	—
Mürren	3. 6. 86	BAG	0,27	—	—	—
Mürren	10. 6. 86	BAG	1,03	—	—	—
Mürren	Mai–Juni 86	EPFL	0,64	LFR	1,90	3,85
Mürren	3. Quartal 86	EPFL	0,60	LFR	0,27	0,90
Mürren	4. Quartal 86	EPFL	0,93	LFR	0,32	1,43
Neuenkirch	27. 5. 86	BAG	0,30	—	—	—
Neuenkirch	3. 6. 86	BAG	0,29	—	—	—
Neuenkirch	10. 6. 86	BAG	0,22	—	—	—
Neuenkirch	17. 6. 86	BAG	0,20	—	—	—
Neuenkirch	24. 6. 86	BAG	0,18	—	—	—
Neuenkirch	1. 7. 86	BAG	0,16	—	—	—
Neuenkirch	8. 7. 86	BAG	0,16	—	—	—
Neuenkirch	22. 7. 86	BAG	0,10	—	—	—
Neuenkirch	5. 8. 86	BAG	0,16	—	—	—
Neuenkirch	19. 8. 86	BAG	0,19	—	—	—
Neuenkirch	27. 8. 86	BAG	0,67	—	—	—
Neuenkirch	2. 9. 86	BAG	0,13	—	—	—
Pommerats, Les	14. 5. 86	BS	0,24	BS	9,62	19,61
Pontresina	10. 2. 86	BAG	0,23	—	—	—
Pontresina	10. 2. 86	BAG	0,26	—	—	—
Pontresina	3. 6. 86	BAG	0,33	—	—	—
Pontresina	1. 9. 86	BAG	0,27	—	—	—
Röschenz (Schafmilch)	7. 5. 86	BS	2,26	BS	200,54	370,00

Probe und Herkunft	Erhebungs- datum	Mess- platz	Sr-90 Bq/l	Mess- platz	Cs-134 Bq/l	Cs-137 Bq/l
Rossberg <sup>2</sup>	6. 1. 86	EPFL	0,10	FLR	–	< 0,1
Rossberg	12. 2. 86	EPFL	0,10	FLR	–	< 0,1
Rossberg	11. 3. 86	EPFL	0,10	FLR	–	< 0,1
Rossberg	7. 4. 86	EPFL	0,10	FLR	–	< 0,1
Rossberg	30. 6. 86	EPFL	0,18	FLR	–	26,0
Rossberg	21. 7. 86	EPFL	0,09	FLR	–	4,4
Rossberg	11. 8. 86	EPFL	0,11	FLR	–	2,6
Rossberg	8. 9. 86	EPFL	0,11	FLR	–	–
Rossberg	6. 10. 86	EPFL	0,17	FLR	–	0,6
Rossberg	7. 11. 86	EPFL	0,13	FLR	–	1,6
Rossberg	16. 12. 86	EPFL	0,14	FLR	–	0,8
Rotberg	14. 5. 86	BS	0,74	BS	40,70	77,70
Sargans	3. 5. 86	EPFL	0,52	FLR	–	136,90
Schönenbuch	2. 5. 86	BS	0,36	BS	8,51	18,50
Sessa	25. 3. 86	BS	0,38	BS	< 0,15	< 0,11
Sessa	7. 5. 86	EPFL	4,55	FLR	–	488,40
Sessa	21. 5. 86	BS	5,96	BS	–	381,10
Sessa	4. 6. 86	BS	2,95	BS	–	214,60
Sessa	18. 9. 86	BS	0,63	–	–	–
Sissach	5. 5. 86	BS	0,50	BS	56,98	100,64
Sissach	20. 5. 86	BS	0,61	BS	–	46,25
Sissach	22. 5. 86	BS	0,37	BS	–	38,11
Sissach	27. 5. 86	BS	0,26	BS	–	33,30
Sissach	4. 6. 86	BS	0,26	BS	–	18,50
Sissach	10. 6. 86	BS	0,10	BS	–	8,51
Sissach	24. 6. 86	BS	0,09	BS	–	4,07
Sissach	1. 7. 86	BS	0,09	BS	–	4,81
Siviriez	4. 5. 86	EPFL	2,48	FLR	–	< 2
Soleri-Faido	21. 5. 86	BS	0,37	BS	–	26,64
Vendlincourt	2. 5. 86	BS	0,74	BS	–	–
Wil	15. 5. 86	–	–	LFR	45,25	83,69

– = nicht durchgeführt.

<sup>1</sup> Milch aus einzelnen Bauernhöfen.

<sup>2</sup> Milch aus der landwirtschaftlichen Forschungsanstalt der ETHZ.



**Tabelle 4.** Milch und -verarbeitungsprodukte: Strontium-90, Caesium-134 und Caesium-137 — 1986

Probe und Herkunft	Erhebungs- datum	Mess- platz	Sr-90 Bq/kg oder/l	Mess- platz	Cs-134 Bq/kg oder/l	Cs-137 Bq/kg oder/l
Basel (Butter)	5. 5. 86	BS	0,01	BS	nn	nn
Cœuve (Käse <sup>1</sup> )	22. 5. 86	BS	2,36	BS	11,10	23,31
Faido (Milchpulver)	17. 9. 86	BS	0,46	BS	1,85	4,44
Sessa (Milchpulver)	18. 9. 86	BS	0,63	BS	4,81	10,36
Wintersingen (Schafkäse <sup>2</sup> )	12. 5. 86	BS	1,79	BS	7,03	15,54
Transferversuche						
Basel (Milch für Quark)	14. 5. 86	BS	0,50	BS	27,75	48,10
Basel (Quark)	14. 5. 86	BS	0,40	BS	25,90	48,10
Basel (Milch für Butter)	14. 5. 86	BS	0,46	BS	33,30	70,30
Basel (Rahm für Butter)	14. 5. 86	BS	0,17	BS	18,50	37,00
Basel (Butter)	14. 5. 86	BS	0,01	BS	2,96	4,07
Basel (Milch für Käse)	15. 5. 86	BS	1,01	BS	37,00	70,30
Basel (Käse)	15. 5. 86	BS	1,10	BS	22,20	44,40
Bourrignon						
(Milch für Schafkäse)	22. 5. 86	BS	0,50	BS	55,50	118,40
Bourrignon (Schafkäse)	22. 5. 86	BS	2,05	BS	44,40	81,40
Bubendorf						
(Milch für Schafkäse)	22. 5. 86	BS	0,30	BS	33,30	62,90
Bubendorf (Schafkäse)	22. 5. 86	BS	0,44	BS	21,46	54,02
Bubendorf						
(Molke von Schafkäse)	22. 5. 86	BS	0,53	BS	45,14	154,10

<sup>1</sup> Tête de moine.

<sup>2</sup> Schafkäse, frisch.

nn = nicht nachweisbar.

**Tabelle 5.** Früchte/Gemüse: Strontium-90, Kalium-40 und Caesium-137 — 1985

Probe und Herkunft	Erhebungs- datum	Mess- platz	Sr-90 Bq/kg	Mess- platz	K-40 Bq/kg	Cs-137 Bq/kg
<i>Früchte</i>						
Äpfel						
Dogern (BRD)	9. 10. 85	—	—	—	196,10	< 1,10
Leibstadt	9. 10. 85	—	—	LFR	392,20	4,07
<i>Gemüse</i>						
Salat						
Kappel a. A. (ZH)	13. 9. 85	EIR	0,19	EIR	144,30	0,15
Leibstadt	10. 7. 85	—	—	LFR	129,50	< 0,75
Nussbaumersee	6. 9. 85	EIR	0,26	EIR	181,30	nn
S. Antonino (TI)	20. 8. 85	BS	0,27	BS	92,50	< 0,02
Solothurn (SO)	. . 84	BS	0,15	—	—	—



Tabelle 6. Gemüse: Strontium-90, Caesium-134 und Caesium-137 — 1986

Probe und Herkunft	Erhebungs- datum	Mess- platz	Sr-90 Bq/kg	Mess- platz	Cs-134 Bq/kg	Cs-137 Bq/kg
<i>Blattgemüse</i>						
Eisbergsalat						
Ins	9. 5. 86	EPFL	0,90	FLR	—	74,00
Kopfsalat						
Magliaso	27. 5. 86	BS	1,62	BS	—	85,10
Müntschemier	10. 5. 86	EPFL	1,88	FLR	—	55,50
Russy	5. 5. 86	EPFL	3,36	FLR	—	203,50
Ruswil	23. 6. 86	BAG	0,15	—	—	—
Stallikon	26. 9. 86	BAG	1,19	—	—	—
Endivien	28. 8. 86	BAG	0,12	—	—	—
Lollo-Rosso-Salate						
Müntschemier	10. 5. 86	EPFL	3,04	FLR	—	88,80
Ried	9. 5. 86	EPFL	1,68	FLR	—	99,90
Nüsslisalat						
Riehen	2. 5. 86	BS	6,52	BS	307,10	592,00
Spinat						
Estavayer	7. 5. 86	EPFL	4,59	FLR	—	196,10
Luzern	27. 8. 86	BAG	0,15	—	—	—
Neudorf (Basel)	29. 5. 86	BS	0,59	BS	nn	< 3,7
Riehen	2. 5. 86	BS	8,10	BS	333,00	nn
Russy	5. 5. 86	EPFL	2,66	FLR	—	233,10
Treiten	11. 5. 86	EPFL	1,68	—	—	—
Bern	27. 8. 86	BAG	0,15	—	—	—
Rorschach <sup>1</sup>	2. 5. 86	BAG	0,34	FLR	79,18	148,19
Rorschach <sup>1</sup>	5. 5. 86	BAG	0,40	FLR	55,50	99,90
Rorschach	16. 7. 86	BAG	0,28	—	—	—
Rorschach	27. 8. 86	BAG	0,67	—	—	—
Zentralschweiz	2. 7. 86	BAG	0,32	—	—	—
<i>Zwiebelgewächse</i>						
Lauch						
Golaten	9. 5. 86	EPFL	1,00	FLR	—	40,70

<sup>1</sup> Frisch: Gemisch aus Morgen- und Abendschnitt.

Tabelle 7. Getreide: Strontium-90, Kalium-40 und Caesium-137 — 1985

Probe und Herkunft	Erhebungs- datum	Mess- platz	Sr-90 Bq/kg	Mess- platz	K-40 Bq/kg	Cs-137 Bq/kg
Beznau-Umgebung <sup>1</sup>	Herbst 85	EPFL	0,55	LFR	—	—
Dogern <sup>2</sup> BRD	9. 10. 85	EPFL	0,34	LFR	114,70	< 0,25
Gösgen-Umgebung <sup>3</sup>	12. 2. 86	EPFL	0,66	LFR	114,70	< 0,20
KKB-/KKL-Umgebung <sup>4</sup>	Herbst 85	EPFL	0,71	LFR	118,40	< 0,22
Leibstadt-Umgebung <sup>5</sup>	Herbst 85	EPFL	0,75	LFR	114,70	< 0,33
Mühleberg-Umgebung <sup>6</sup>	Herbst 85	EPFL	0,67	LFR	114,70	< 0,30
Tessin <sup>7</sup>	25. 2. 86	EPFL	1,17	—	—	—
Zone I–IV <sup>8</sup>	Herbst 85	EPFL	0,53	—	—	—

<sup>1</sup> Mischprobe aus Böttstein, Döttingen, Endingen, Klingnau, Remigen, Stilli, Tegerfelden, Unterendingen, Villingen, Würenlingen. <sup>2</sup> Einzelprobe. <sup>3</sup> Mischprobe aus Däniken, Dulliken, Eich, Lostorf, Niedergösgen, Obergösgen, Schönenwerd, Gretzenbach, Zofingen. <sup>4</sup> Mischprobe aus Etzwil, Fehrenthal, Felsenau, Gippingen, Hagenfirst, Hetten-schwil, Koblenz, Leuggern, Mandach. <sup>5</sup> Mischprobe aus Etzgen, Full-Reuenthal, Hottwil, Leibstadt, Mettau, Oberhofen, Oberholz, Schwaderloch, Wil. <sup>6</sup> Mischprobe aus Biberen, Frieswil, Golaten, Gümnenen, Gurbrü, Mühleberg, Ostermanigen, Rizenbach, Wallen-buch, Wileroltigen. <sup>7</sup> Mischprobe von Weizensorten (Callanda, Valle d'Oro, Partizanka, Walter). <sup>8</sup> Mischprobe aus Suisse romande, der Kantone Bern (deutschsprachiger Teil), Freiburg, Solothurn (Bezirke Lebern/Wasseramt), Jura, der Nordwest- und Zentralschweiz sowie Ostschweiz.

Tabelle 8. Getreide: Strontium-90, Caesium-134 und Caesium-137 — 1986

Probe und Herkunft	Erhebungs- datum	Mess- platz	Sr-90 Bq/kg	Mess- platz	Cs-134 Bq/kg	Cs-137 Bq/kg
Beznau-Umgebung	12. 9. 86	EPFL	0,65	LFR	< 3	3,15
Dogern <sup>1</sup> (BRD)	14. 10. 86	—	—	LFR	0,96	1,96
Gösgen-Umgebung	12. 9. 86	BAG	0,47	LFR	1,33	2,00
KKB-/KKL-Umgebung <sup>2</sup>	12. 9. 86	EPFL	0,92	LFR	< 1,5	2,59
Leibstadt-Umgebung	12. 9. 86	EPFL	0,67	LFR	< 3	4,07
Leibstadt-Umgebung <sup>1</sup>	13. 10. 86	—	—	LFR	1,52	2,41
Mühleberg-Umgebung	12. 9. 86	BAG	0,45	LFR	< 1,5	0,93
Zone I <sup>3</sup>	12. 9. 86	EPFL	0,52	LFR	< 1,1	1,11
Zone II <sup>4</sup>	12. 9. 86	EPFL	0,77	LFR	< 2,6	< 2,2
Zone III <sup>5</sup>	12. 9. 86	EPFL	0,60	LFR	1,11	2,59
Zone IV <sup>6</sup>	12. 9. 86	EPFL	0,38	LFR	< 3	2,92
Tessin <sup>7</sup>	1. 8. 86	EPFL	3,39	LFR	77,45	159,68

— = nicht durchgeführt. <sup>1</sup> Einzelprobe. <sup>2</sup> Gemeinsames Gebiet. <sup>3</sup> Suisse romande. <sup>4</sup> Kantone Bern (deutschsprachiger Teil)/Freiburg/Solothurn (Bezirke Lebern/Wasseramt). <sup>5</sup> Kanton Jura/Nordwest- und Zentralschweiz. <sup>6</sup> Ostschweiz. <sup>7</sup> Mischprobe aus: Ascona, Bioggio, Breganzona, Cadenazzo, Camorino, Genestrio, Giubiasco, Gordola, Gudo, Liger-netto, Liunino, Magadino, Mendrisio, Novazzano, Sessa, Sabio.

44 **Tabelle 9.** Mahlversuche der Weizensorte Valle d'Oro (1986) aus Cella 4 und Cella 16 des Medrisiotto<sup>1</sup>:  
% Vermahlungsausbeute<sup>2</sup>, Wassergehalt<sup>2</sup>, Aschegehalt<sup>2</sup>, Strontium-90, Caesium-134, Caesium-137 und Kalium-40 – 1986

Probe	Erhebungs- datum	% Mahl- ausbeute	H <sub>2</sub> O in %	Asche/TS in %	Mess- platz	Sr-90 Bq/kg	Mess- platz	Cs-134 Bq/kg	Cs-137 Bq/kg	K-40 Bq/kg
Cella 4 Reinigungsabfall <sup>3</sup>	3. 9. 86	–	–	–	–	–	LFR	114,7	229,4	136,9
Cella 16 Reinigungsabfall <sup>4</sup>	3. 9. 86	–	–	–	–	–	LFR	62,9	122,1	136,9
Cella 4 Weizenkörner <sup>5</sup>	3. 9. 86	100	12,30	1,95	EPFL	2,41	LFR	107,3	207,2	140,6
Cella 16 Weizenkörner <sup>5</sup>	3. 9. 86	100	12,00	1,95	EPFL	1,36	LFR	48,1	99,9	92,5
Cella 4 Weissmehl <sup>6</sup>	3. 9. 86	39,40	12,60	0,42	EPFL	0,96	LFR	31,8	62,9	18,9
Cella 16 Weissmehl <sup>6</sup>	3. 9. 86	37,02	11,80	0,44	EPFL	0,44	LFR	18,5	37,0	27,4
Cella 4 Backmehl	3. 9. 86	30,84	12,50	0,46	EPFL	0,91	LFR	40,7	77,7	25,9
Cella 16 Backmehl	3. 9. 86	31,56	11,60	0,68	EPFL	0,61	LFR	25,2	51,8	24,1
Cella 4 Kleie	3. 9. 86	19,44	10,90	6,37	EPFL	6,46	LFR	288,6	592,0	370,0
Cella 16 Kleie	3. 9. 86	21,30	11,20	6,06	EPFL	3,66	LFR	144,3	296,0	370,0
Cella 4 Ausmahleten	3. 9. 86	8,16	8,90	3,90	EPFL	6,01	LFR	207,6	444,0	255,3
Cella 16 Ausmahleten	3. 9. 86	6,52	8,80	3,72	EPFL	3,47	LFR	88,8	188,7	170,2

<sup>1</sup> Mahlversuche geführt durch das Laboratorium der Eidg. Getreideverwaltung.

<sup>2</sup> Bestimmungen geführt durch das Laboratorium der Eidg. Getreideverwaltung.

<sup>3</sup> Reinigungsabfall in %: 4,23.

<sup>4</sup> Reinigungsabfall in %: 4,24.

<sup>5</sup> Weizenkörner gereinigt.

<sup>6</sup> Nach den Mahlversuchen hat sich einen Mahlschwund ergeben für:

Cella 4 von 2,16%.

Cella 16 von 3,60%.

Tabelle 10. Fleisch: Strontium-90, Caesium-134, Caesium-137 und Kalium-40 — 1986

Probe und Herkunft	Erhebungs- datum	Mess- platz	Sr-90 Bq/kg	Mess- platz	Cs-134 Bq/kg	Cs-137 Bq/kg	K-40 Bq/kg
Bischofszell (Schaf)	12. 8. 86	—	—	ACLS	1,07	1,18	107,30
Buckten (Kuh/6 Jahr)	5. 8. 86	BAG	0,01	ALCS	7,29	16,35	92,87
Diepoldsau (Pferd/8 Jahr)	1. 8. 86	—	—	ALCS	20,02	39,78	161,39
Diessenhofen (Schaf/1 Jahr)	29. 7. 86	—	—	ALCS	30,53	64,38	113,22
Eggersriet (Schaf/8—9 Jahr)	14. 8. 86	BAG	0,01	ALCS	13,65	28,86	91,02
Eggersriet (Schaf/>1 Jahr)	16. 8. 86	BAG	0,02	ALCS	18,24	38,48	105,08
Neukirch-Egnach (Schaf)	11. 8. 86	BAG	0,07	ALCS	26,53	52,17	82,88
Rafz (Rehbock/4 Jahr)	25. 7. 86	BAG	0,10	ALCS	101,38	190,18	110,63
Rafz (Rehgeiss/>5 Jahr)	26. 7. 86	BAG	0,08	ALCS	48,47	100,27	112,11
Rümlingen (Kuh/7 Jahr)	5. 6. 86	—	—	ALCS	9,51	16,61	106,93
Sulgen (Schaf/0,5 Jahr)	18. 8. 86	—	—	ALCS	4,81	15,17	119,33
Tuttwil (Schaf) <sup>1</sup>	1. 8. 86	BAG	24,77	ALCS	40,70	85,84	70,67

<sup>1</sup> Schafffleisch mit Knochen.



**Tabelle 11.** Verschiedenes (Gras): Strontium-90, Kalium-40 und Caesium-137  
— 1985

Probe und Herkunft	Erhebungs- datum	Mess- platz	Sr-90 Bq/kg	Mess- platz	K-40 Bq/kg	Cs-137 Bq/kg
<i>Gras (getrocknet)</i>						
Arenenberg	15. 5. 85	LDU	1,70	LFR	954,60	< 0,75
Arenenberg	3. 9. 85	—	2,52	LFR	753,32	< 0,75
Davos-Stillberg	16. 8. 85	—	47,73	LFR	636,40	< 2,95
EIR/KKB <sup>1</sup>	8. 5. 85	—	2,52	—	—	—
Gös gen <sup>2</sup>	28. 8. 85	EPFL	3,11	EPFL	575,72	—
Grangeneuve	21. 6. 85	EPFL	6,66	EPFL	1106,30	—
					1068,19	1,85
Leibstadt <sup>2</sup>	19. 12. 84	EPFL	4,11	LFR	562,03	—
Leibstadt <sup>2</sup>	8. 5. 85	EPFL	1,07	EPFL	304,88	—
Mühleberg <sup>3</sup>	29. 5. 85	EPFL	3,22	EPFL	727,79	—

<sup>1</sup> Mischprobe aus Villingen, Rufenach, Würenlingen, EIR-Areal, Döttingen, Leuggern.

<sup>2</sup> Mischprobe aus Starrkirch, Obergösgen, Niedergösgen, Aarau.

<sup>3</sup> Mischprobe aus Salvisberg, Ufem Horn, Niederruntigen.

**Tabelle 12.** Verschiedenes (Gras): Strontium-90, Caesium-134 und Caesium-137  
— 1986

Probe und Herkunft	Erhebungs- datum	Mess- platz	Sr-90 Bq/kg	Mess- platz	Cs-134 Bq/kg	Cs-137 Bq/kg
<i>Gras (getrocknet)</i>						
Davos-Stillberg	14. 8. 86	—	—	LFR	28,00	60,00
Gös gen <sup>1</sup>	18. 9. 86	EPFL	9,48	—	—	—
Guschelmuth	3. 5. 86	EPFL	3,70	LFR	—	159,10
Leibstadt <sup>2</sup>	6. 5. 86	EPFL	6,94	—	—	—
Leibstadt <sup>2</sup>	31. 10. 86	EPFL	6,72	—	—	—
Mühleberg <sup>3</sup>	18. 9. 86	EPFL	8,30	—	—	—
Mühleberg <sup>4</sup>	18. 9. 86	EPFL	12,10	—	—	—
Mühleberg <sup>5</sup>	18. 9. 86	EPFL	4,84	—	—	—
Mürren	16. 6. 86	EPFL	33,30	LFR	9,00	20,00
Mürren	15. 10. 86	—	—	LFR	2,66	16,30

<sup>1-5</sup> Getrocknetes Grasgemisch aus der Umgebung von:

<sup>1</sup> Gös gen mit den Ortschaften: Starrkirch/Obergösgen/Niedergösgen/Aarau-Schachen.

<sup>2</sup> Leibstadt mit den Ortschaften: Bernau/Schwaderloch/Reuenthal/Full.

<sup>3</sup> Mühleberg: aus Ufem Horn.

<sup>4</sup> Mühleberg: aus Niederruntigen.

<sup>5</sup> Mühleberg: aus Salvisberg.



**Tabelle 13.** Mittelwerte der Aktivitäten von Sr-90 und Cs-137 in Milch und Weizen 1963–1986<sup>1</sup>

Jahr	Weizenkörner				Milch			
	Mittelland		Südschweiz		Bern		Mürren	
	Sr-90 (Bq/kg)	Cs-137 (Bq/kg)	Sr-90 (Bq/kg)	Cs-137 (Bq/kg)	Sr-90 (Bq/l)	Cs-137 (Bq/l)	Sr-90 (Bq/l)	Cs-137 (Bq/l)
1963	12,56	–	28,48	–	1,33	–	2,59	–
1964	3,42	–	9,93	–	1,66	–	3,41	–
1970	3,40	–	4,15	–	0,44	–	1,56	–
1982	0,73	< 0,2	–	–	0,15	< 0,2	0,93	0,67
1983	0,49	< 0,2	0,76	< 0,2	0,15	< 0,1	0,63	0,48
1984	0,47	< 0,2	0,44	< 0,2	0,13	0,14	0,87	0,62
1985	0,60	< 0,2	1,17	< 0,2	0,14	< 0,2	0,88	0,67
1986	0,60	2,38	3,39	159,7 <sup>2</sup>	0,18 <sup>3</sup>	3,88 <sup>3</sup>	0,73 <sup>3</sup>	1,86 <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Anhand der ARL-Jahresberichte.

<sup>2</sup> Cs-134: 77,42 Bq/kg.

<sup>3</sup> Gewichtet mit Anzahl Proben pro Monat.

– = nicht gemessen.

## Bestimmung von Strontium-90 in Milch\* (vereinfachte Methode der ARL)

### *Prinzip*

Strontium-90 und Yttrium-90, die sich im radioaktiven Gleichgewicht befinden müssen, werden mit dem Calcium aus der Lösung der Milchasche als Oxalate gefällt. In Abwesenheit von Phosphaten wird das Yttrium-90 hierauf vom Strontium-90 und vom Calcium durch Fällung als Hydroxid abgetrennt in Gegenwart von inaktivem Yttrium als Träger. Um ein Präparat zu erhalten, welches zur Zählung geeignet ist, wird das Yttrium-Hydroxid mit Salzsäure wieder in Lösung gebracht, hierauf als Oxalat gefällt. Aus der Aktivität des Yttrium-90 berechnet man diejenige des Strontium-90.

### *Bemerkungen*

1. Diese vereinfachte Methode führt nur dann zu genügend genauen Ergebnissen, wenn die Milch kein Barium-140 und Lanthan-140 enthält. Das Lanthan-140 wird zusammen mit dem Yttrium-90 als Hydroxid gefällt und verfälscht die Messergebnisse. Das Barium-140 bleibt im Filtrat und bildet frisches Lanthan-140. Wenn also Barium-140 (aus frischen Spaltprodukten) anwesend ist, wird eine zusätzliche Reinigung mit Chromat oder Ionenaustauschern unumgänglich. Diese Reinigung ist ca. 4 Monate nach Ende des Ereignisses nicht mehr nötig und wurde daher gesondert kurz beschrieben (siehe unter Ausführung: Text nach Punkt 16).
2. Gegenwärtig ist der Gehalt der Milch an Cer-144 (und Cer-141) nicht unberücksichtigt zu lassen. Beide Nuklide werden ebenfalls mit dem Yttrium-90 als Hydroxide gefällt, was bei der Berechnung des Strontium-90 aus der ersten Yttriumfällung (siehe unter Ausführung, Punkt 10, Bemerkung) zu berücksichtigen ist.  
Prinzipiell ist aber erst die 2. Yttrium-90-Melkung vertrauenswürdig.

\* Diese Methode, welche die Erfahrungen der ARL-Ringversuche 1983, 1984 und 1986 berücksichtigt, basiert grösstenteils auf den Arbeiten von A. Miserez (Bundesamt für Gesundheitswesen).

## Reagenzien

Salzsäure, 20% (1 + 1)

Salzsäure, 10% (1 + 3)

Ammoniumhydroxidlösung ( $\text{NH}_3$ , 10%) (3 + 4), auf Abwesenheit von Karbonat prüfen.

Wasser, demineralisiert,  $\text{CO}_2$ -frei (Mischbettkolonne), schwach ammoniakalisch gemacht (pH 8 bis 9).

Oxalsäure, krist. reinst.

Oxalsäure, 2%

Ammoniumacetatlösung, 10 g zu 100 ml Wasser lösen.

Ammoniumoxalatlösung, 100 mg zu 100 ml Wasser lösen.

Methylorangellösung, 100 mg in 100 ml Wasser lösen.

Celluloselack (Kollodium): 0,4 g Cellulosenitrat in 100 ml Ethanol oder Ethylacetat bzw. besser in Aceton (rasche Verdunstung) lösen.

Komplexon-III-Lösung, 0,02 mol/l: 7,445 g Ethylendinitrilo-Tetraessigsäure Dinatriumsalz in Wasser lösen und auf 1 Liter verdünnen.

Neothorinlösung, 0,5 g des Stoffes (z. B. Fluka 72160) in 100 ml Wasser lösen.

Strontiumträgerlösung: Wässrige Lösung von inaktivem Strontiumchlorid oder Strontiumnitrat (5 g zu 100 ml Wasser lösen).

Strontium-90-Bezugslösung

Yttriumträger Standardlösung: 9,1 g Yttriumchlorid ( $\text{YCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) in Wasser lösen und nach Zusatz von 30 ml HCl (20%) mit Wasser auf einen Liter verdünnen.

Standardisierung der Yttriumträgerlösung komplexometrisch (im Doppel auszuführen):

- 10,0 ml der Standardlösung in einen 200-ml-Weithals-Erlenmeyerkolben pipettieren, dann mit 90 ml Wasser (Messzylinder) verdünnen. Der pH-Wert beträgt ca. 3,5–4,0.
- 4 bis 5 Tropfen Pyridin zusetzen: Der pH-Wert steigt auf 5,0. Mit 5 bis 7 Tropfen  $\text{NH}_4\text{OH}$  auf den erforderlichen pH von 5,5–6,5 einstellen.
- Als Indikator 3 Tropfen der Neothorinlösung zusetzen und gleich anschließend gegen Komplexon-III-Lösung titrieren (dabei laufend pH kontrollieren, wenn nötig mit Ammoniumhydroxidlösung einstellen).

Verbrauch an Komplexon-III-Lösung: zwischen 14,5 und 15,0 ml.

Der Endpunkt der Titration wird durch den eindeutigen Umschlag von violett nach orange-rot angezeigt. Der Verbrauch an Komplexon-III-Lösung in ml mal 3,0201 entspricht dem Gehalt an mg Yttriumoxalat in 5 ml Standardlösung ( $P_t$ ).

### Prüfung der Eigenaktivität des Yttriumträgers

- 5 ml Yttriumträger in einen 200-ml-Weithals-Erlenmeyerkolben pipettieren.
- Mit dest. Wasser auf 50 ml verdünnen, 2–3 Tropfen Methylorangellösung zugeben und durch tropfenweisen Zusatz von Salzsäure 10% auf einen pH-Wert von 1,5 (pH-box, Merck) bringen.

- Zum Sieden erhitzen, von der Flamme nehmen und 8 ml Oxalsäure (2%) zufügen.
- 10 bis 15 Minuten auf dem siedenden Wasserbad lassen, in fließendem Wasser abkühlen und auf Millipore-Filter filtrieren.
- Mit Wasser, Ethanol und Ether waschen, 15 Minuten bei 105 °C trocknen, mit Celluloselack fixieren und zählen.

### *Bemerkung*

Wenn die Impulszahl um mehr als 0,1 bis 0,2 Impulse/Minute höher ist als der Nulleffekt mit dem leeren Filter, so ist diese Aktivität bei der Berechnung zu berücksichtigen, oder der Yttriumträger muss gereinigt werden.

### *Dauerpräparat*

Dieses besteht aus Strontium-90- und Yttrium-90-Oxalaten (im Gleichgewicht) mit einer Gesamtaktivität von 20 bis 80 Bq, je nach Zählzählrohr der Messanordnung. Die gemessene Aktivität sollte bei 500 Impulsen/Minute liegen, um innert kurzer Messzeit eine gute statistische Sicherheit (ca. 1%) zu erreichen. Die Aktivität dieses Präparates muss nicht genau bekannt sein, da die gewonnene Aktivität nur als Bezugspunkt verwendet wird.

- In einem 500-ml-Erlenmeyerkolben 200 ml Wasser vorlegen, 5 ml Yttriumträgerlösung, 0,5 ml Strontiumträgerlösung (5%) und soviel ml Strontium-90-Bezugslösung addieren, um 20 bis 80 Bq Gesamtaktivität zu gewährleisten.
- Zum Sieden erhitzen und ca. ½ g krist. Oxalsäure zugeben. Methylorangefärbung zufügen und langsam Ammoniumacetatlösung bis zum Umschlag des Indikators nach gelb zugeben. Darauf wird noch ein kleiner Überschuss (10%) von Ammoniumacetatlösung zugefügt. Erkalten lassen.
- Den Niederschlag durch ein Millipore-Filter gleichmässig filtrieren. Mit Wasser, Ethanol und Ether waschen. Während ca. 15 Minuten bei 105 °C trocknen.
- Filter in die Messschale einlegen und mit höchstens 1 ml (für Filter  $\varnothing$  4,7 cm) bzw. 0,3 ml (für Filter  $\varnothing$  2,5 cm) Celluloselack fixieren.

### *Geräte*

#### *Zähler mit Antikoinzidenzabschirmung*

*Filterapparat* vom Type «Millipore» oder selbst hergestelltes Gerät

*Millipore-Filter* LCWP 04700 oder LCWP 02500

### *Ausführung*

1. 131,5 g *Milchpulver* (= 1 Liter rekonstituierte Milch) bei 600 °C in einer Schale aus Platin oder Quarz (Porzellan nicht geeignet) veraschen (evtl. in mehrere Schalen verteilen).



Bei Frischmilch (Konservierung für Transport: 2,5 ml Formalin (38%) pro Liter oder tiefgefrieren) zunächst vorteilhaft 1 Liter in einem Quarzbecher unter Zufügen einiger Tropfen Silikonöl zur Vermeidung des Schäumens verdampfen. Hierauf bei 600 °C im Muffelofen veraschen (Hinweis: Ab 400 °C treten Cs-Verluste auf).

2. Die Asche in 40–50 ml Salzsäure (10%) warm auflösen, von allenfalls Ungelöstem (Kohle) in ein 1,5-Liter-Becherglas aus Pyrex filtrieren, Filter waschen und Filtrat mit dest. Wasser auf ca. 700 ml verdünnen.
3. In die Aschelösung 5 ml Yttriumträger pipettieren, 25–30 ml Salzsäure (10%) und einige Tropfen Methylorangelösung zufügen, zum Sieden erhitzen.
4. Zur siedenden Lösung 6 g krist. Oxalsäure und hierauf langsam unter ständigem Rühren 150 ml Ammoniumacetatlösung zufügen bis zum Umschlag des Methylorange nach Gelb, worauf noch ein Überschuss von 10–15 ml Ammoniumacetatlösung zugegeben wird. Erkalten lassen.
5. Die Lösung durch eine Glasnutsche (G 20) mit Filter (SS 589/2,  $\varnothing$  7 cm) dekantieren. Den Niederschlag im Becher und auf dem Filter durch Dekantieren mit Ammoniumoxalatlösung gründlich waschen. (Prüfung auf Abwesenheit von Chlorid oder Phosphat im Waschwasser; bei genügender Spülung kommt  $\text{Cl}^-$  nicht vor; bei richtigem pH kommt  $\text{PO}_4^{3-}$  ebenfalls nicht vor.)
6. Den Niederschlag samt dem Filter in einer tarierten Platinschale unter einer Infrarotlampe zuerst trocknen, dann im Muffelofen veraschen und bei 850–900 °C während einer halben Stunde glühen. Im Exsikkator erkalten lassen, anschliessend mit ein wenig Wasser befeuchten (Vorsicht Spritzer!).
7. Den gelöschten Kalk in der Schale mit 15 ml Salzsäure (20%) auflösen (Vorsicht Erwärmung), in einen 250-ml-Erlenmeyerkolben aus Pyrex- oder Duranglas überführen, mit dest. Wasser spülen und auf ca. 60–70 ml verdünnen.
8. 5 ml Strontiumträgerlösung zufügen, einen Siedestab ins Glas stellen und während 1–2 Minuten zum Sieden erhitzen.

### *Erstes Yttrium-Melken*

9. Zur siedenden Lösung 3–4 Tropfen Methylorangelösung und Ammoniumhydroxidlösung bis zum Umschlag des Methylorange nach Gelb zufügen, gegen Schluss tropfenweise (bei Abwesenheit von Phosphat soll sich beim Umschlag nach Gelb kein Niederschlag bilden, sondern erst, wenn Lösung alkalisch geworden ist; pH = 7), dann noch 2–3 ml (die Lösung soll alkalisch sein). Mit einem Uhrglas decken und während 10 Minuten auf dem siedenden Wasserbade belassen. Tag und Stunde der Fällung notieren ( $T_1$ ).

### *Bemerkung*

In Gegenwart von Oxidantien wie z. B.  $\text{MnO}_4^-$  (bei Schwarzteeeproben) oder  $\text{NO}_3^-$  (bei Verwendung von  $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$  als Träger) usw. wird häufig der Indikator zerstört. In diesem Fall muss der pH-Wert zunächst bis ca. 3 angehoben werden. Anschliessend fügt man nochmals 3–4 Tropfen Methylorange zu.



## Schema des Analysenganges

Probe veraschen  
(Die Asche sollte ca. 1200 mg  
Ca enthalten – evtl. Zugabe  
von  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ -Lösung)  
Bei 600 °C glühen

Asche in HCl (50 ml) lösen

filtrieren

5 ml Yttriumlösung  
25 ml HCl – 10%  
Methylorange

sieden

6 g Oxalsäure  
80–200 ml Ammonium-  
acetatlösung

erkalten lassen

durch Glasnutsche filtrieren  
mit 0,1% Ammonium-  
oxalat waschen

trocknen (IR-Lampe)

30 min bei 900 °C  
veraschen, wägen

in 15 ml 20%iger HCl  
auflösen  
auf 60–70 ml verdünnen

5 ml Strontiumlsg. zugeben –  
1–2 min sieden

1. Yttrium-Melken:  
Methylorange  
10% Ammoniak –  
Farbumschlag + 2–3 ml  
Tag und Stunde  
notieren ( $T_1$ )  
10 min sieden (Wasserbad)

durch Glasfildertiegel filtrieren

Niederschlag

Filtrat

bei Abwesenheit von Barium-140

①

10 ml O, 0,1 n  $\text{BaCl}_2$ -Lösung

②

pH mit Essigsäure 5–6

③

5 ml Yttriumträgerlösung

④

erhitzen, bei  
Siedebeginn 15 ml  
0,1 n Kaliumchromatlösung  
zugeben

⑤

5–10 min auf siedendem Wasserbad

⑥

filtrieren

⑦

Niederschlag

⑧

verwerfen

⑨

10 ml O, 0,1 n  $\text{BaCl}_2$ -Lösung  
5–10 min auf siedendem  
Wasserbad

⑩

filtrieren

Niederschlag

verwerfen

Filtrat

10 ml O, 0,1 n  $\text{BaCl}_2$ -Lösung

5–10 min auf siedendem  
Wasserbad

filtrieren

Niederschlag

verwerfen

ansäuern

(5 ml Yttriumträgerlösung) – nur wenn zusätzl.  
Reinigung durch  
Ba-Fällung wegfällt

⑪

sieden (Volumen 70–100 ml)

14 Tage einwachsen lassen

sieden

2. Yttrium-Melken: Methylorange  
10% Ammoniak –  
Farbumschlag + 2–3 ml  
Tag und Stunde  
notieren ( $T_2$ )  
10 min sieden (Wasserbad)

⑫

filtrieren

Niederschlag Filtrat (verwerfen)

Niederschlag in 9 ml HCl 20% auflösen, waschen  
(Volumen ca. 40 ml)

⑬

10 ml Ammoniak bis pH 1–2 (Automatenelektrode)

⑭

sieden

8 ml Oxalsäure 2% – 10–15 min Wasserbad

⑮

abkühlen (fliessend Wasser)

durch Glasfaser-Membranfilter filtrieren

mit Wasser/Alkohol/Ether waschen

10 min bei 105 °C trocknen

wägen

fixieren

sofort versenden

⑯

10. Den Niederschlag von Yttriumhydroxid auf einem Glasfildertiegel mit Ablaufrohr (11 G4, evtl. 11 G3) sammeln, das Filtrat in einem 300-ml-Erlenmeyerkolben aus Pyrexglas, der sich in einem Witt'schen Topf befindet, auffangen. Den Niederschlag auf dem Glasfildertiegel mit schwach ammoniakalisch gemachten, demineralisiertem Wasser waschen.

### *Bemerkung*

Dieser erste Niederschlag dient nur zur Grobbestimmung des Strontium-90-Gehaltes, da allfällige La- und Ce-Isotope miterfasst werden. Er wird unmittelbar nach den Punkten 13 bis 15 weiterbehandelt. Man muss in diesem Falle die Restaktivität des im Schritt 15 erhaltenen Yttriumoxalates berücksichtigen. Die durch Zählung am 17. Tag nach der Yttriumfällung bestimmte Restaktivität muss in der Rechnung von der Yttriumaktivität am Tage der Fällung abgezogen werden.

11. Das Filtrat von Punkt 10, welches das  $^{90}\text{Sr}$  enthält, mit Salzsäure (20%) ansäuern und 5 ml Yttriumträgerlösung hineinpipettieren. Das Volumen durch gelindes Einkochen auf 70–100 ml reduzieren (Siedestab). In die Lösung während mindestens 3 Tagen, vorzugsweise während 16–17 Tagen, das  $^{90}\text{Y}$  einwachsen lassen. (Nach 64 Stunden hat das Yttrium-90 50% der Gleichgewichtsaktivität erreicht, nach 17 Tagen über 99%, siehe Formel unter «Berechnung und Angabe der Resultate».)

### *Zweites Yttrium-Melken*

12. Das Yttrium als Hydroxid gemäss Punkt 9 fällen und gemäss Punkt 10 filtrieren und waschen. Tag und Stunde der Fällung notieren ( $T_2$ ).
13. Der Niederschlag von Yttriumhydroxid unmittelbar auf dem Fildertiegel durch 3malige Zugabe von 3 ml Salzsäure (20%) auflösen, die Lösung in einem 200-ml-Erlenmeyerkolben im Witt'schen Topf auffangen. Den Fildertiegel mit dest. Wasser waschen, bis das Volumen der Yttriumlösung ca. 40 ml beträgt.
14. Zur stark sauren Yttriumlösung Methylorange-Indikatorlösung und dann Ammoniumhydroxidlösung zufügen bis auf Umschlag orange-gelb; Salzsäure (20%) tropfenweise zusetzen bis zum vollständigen Umschlag nach rot, dann noch 3–5 Tropfen, bis der pH-Wert zwischen 1 und 2 liegt (pH-box Merck).
15. Zum Sieden erhitzen, von der Flamme nehmen und 8 ml Oxalsäure (2%) zufügen. Während 10 bis 15 Minuten auf dem Wasserbad stehen lassen, hierauf in fliessendem Wasser abkühlen. Den Yttriumoxalat-Niederschlag auf einem tarierten Millipore-Filter (Grösse dem Zählrohr angepasst) gleichmässig filtrieren. Mit Wasser, Ethanol und Ether waschen. Während 10 bis 15 Minuten bei 105 °C trocknen, wägen. Das Gewicht des erhaltenen Yttriumoxalats ( $P_{ox}$ ) dient zur Berechnung der chemischen Ausbeute, bezogen auf den bei der Standardisierung erhaltenen Wert (Grössenordnung: 45,3 mg, siehe Standardisierung der Yttriumträgerlösung).

16. Filter in die Schale bringen und mit höchstens 1 ml (für Filter  $\varnothing$  4,7 cm) bzw. 0,3 ml (für Filter  $\varnothing$  2,5 cm) Celluloselack fixieren.

#### *Zusätzliche Reinigung bei Anwesenheit von Barium-140*

Für den Fall, dass die Gegenwart von jungen Spaltprodukten (jünger als 2–3 Monate) nicht ausgeschlossen werden kann, muss das Barium-140 nach der ersten Yttriumfällung entfernt werden. Zu diesem Zweck wie folgt vorgehen:

- Zum Filtrat gemäss Punkt 10; 10 ml einer 0,1 n Bariumchloridlösung geben, den pH-Wert mit etwas Essigsäure auf 5–6 bringen.
- 5 ml Yttriumträgerlösung dazu pipettieren, bis zum Siedebeginn erhitzen und 15 ml einer 0,1 n Kaliumchromatlösung zufügen.
- 5 bis 10 Minuten auf einem siedenden Wasserbad stehen lassen und nach Erkalten durch einen Filtertiegel filtrieren.
- Zum Filtrat nochmals 10 ml 0,1 n Bariumchloridlösung zur Entfernung des Chromatüberschusses geben, wieder 5 bis 10 Minuten auf einem siedenden Wasserbad stehen lassen und durch einen Filtertiegel filtrieren.
- Hierauf weiter nach Punkten 11 bis 16 behandeln, jedoch ohne Zugabe von 5 ml Yttriumträgerlösung bei Punkt 11.

#### *Bemerkung*

Die Reinigung des Yttrium-90 kann auch unmittelbar mit Ionenaustauschern oder durch Extraktion mit organischen Lösungsmitteln erfolgen.

#### *Kalibrierung*

Die Kalibrierung der Messanordnung wird mit einer Standardlösung von  $^{90}\text{Sr}$  und  $^{90}\text{Y}$  bekannter Aktivität vorgenommen. Man verwendet hierzu eine bestimmte Menge der Standardlösung entsprechend einer Strontium-90-Aktivität von ca. 40 Bq, welcher man 5 ml Yttriumträgerlösung und 5 ml Strontiumträgerlösung zufügt. Man verdünnt hierauf mit Wasser auf ca. 50 ml und säuert leicht an, worauf man nach den Punkten 8, 9, 10, 13, 14, 15, 16 vorgeht. Aus der bekannten theoretischen Aktivität (b) und der gemessenen Aktivität (a) kann man die Zählausbeute des Zählrohrs bestimmen. Nach Zählung des Yttriumoxalat-Kalibrierpräparates wird das Oxalat-Dauerpräparat von  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$  gezählt, was in der Folge gestattet, jederzeit und leicht festzustellen, ob die Ausbeute des Zählrohrs konstant bleibt, ohne jedesmal die Operationen der doppelten Fällung des Yttriums als Hydroxid und anschliessend als Oxalat vornehmen zu müssen.

#### *Berechnung und Angabe der Resultate*

Der Gehalt der Milch an Strontium-90 kann mit Hilfe der nachstehenden Formel berechnet werden:

$$\text{Strontium-90 in Bq/l} = \frac{A \cdot F}{B \cdot C \cdot D \cdot E}$$

wobei

$A$  = gemessene Impulsfrequenz des Yttriumoxalates der Milchprobe<sup>1</sup> (Präparat), in Becquerel (Nulleffekt abgezogen)

$$B = \text{Zählausbeute des Zählrohrs: } = \frac{a}{b} \cdot f \cdot \frac{1}{d}$$

$a$  = Impulsfrequenz des <sup>90</sup>Y-Kalibrierpräparates, in Becquerel

$b$  = theoretische Aktivität des Kalibrierpräparates, in Becquerel

$f$  = Zerfallsfaktor für das Kalibrierpräparat (siehe  $F$ )

$$d = \text{chemische Ausbeute} = \frac{\text{mg Yttriumoxalat des Kalibrierpräparates}}{\text{mg Yttriumoxalat (theoretisch)}}$$

$$C = \text{Wachstumsfaktor} = 1 - e^{-\lambda t}$$

$$\lambda = \frac{0,693}{64}$$

$t$  = Zeitintervall zwischen der ersten und der zweiten Yttriumfällung in Stunden ( $T_2 - T_1$ )

$e$  = Basis der natürlichen Logarithmen

$D$  = chemische Ausbeute (bei dem zweiten Melken werden die den Punkten 4 bis 11 evtl. entstandenen Verluste vernachlässigt)

$$= \frac{\text{mg Yttriumoxalat des Präparates}}{\text{mg Yttriumoxalat (theoretisch)}}$$

$$= \frac{P_{ox}}{P_t} \text{ (siehe S. 49 und 53)}$$

$E$  = Volumen der Milchproben, in Liter

$F$  = Zerfallsfaktor für das Probenpräparat

$$F \text{ bzw. } f = e^{+\lambda t}$$

$t$  = Zeitintervall zwischen der Fällung und der Mitte der Zählzeit

Angabe in Bq/l.

<sup>1</sup> Für die erste Yttriumfällung ist  $A = A_1 - A_r$ , wo  $A_1$  = Impulsfrequenz am Tage der Yttriumfällung und  $A_r$  = Restimpulsfrequenz am 17. Tag nach der Yttriumfällung.



### *Literaturhinweise*

Ausführlichere Daten über Radioaktivitätsmessungen in Zusammenhang mit Tschernobyl können u. a. in folgenden Veröffentlichungen nachgeschlagen werden:

1. Tagesbericht über «Radioaktivitätsmessungen in der Schweiz nach Tschernobyl und ihre wissenschaftliche Interpretation», Bern, 20.–22. Oktober 1986, Universität Bern, Inselspital.
2. «Verstrahlungslage in der Schweiz nach dem Unfall in Tschernobyl», Bundesamt für Gesundheitswesen, Bern, September 1986.
3. «Rapport der Eidg. Kommission zur Überwachung der Radioaktivität 1985–1986» (KUeR).

### Mitgliederliste der ARL-Laboratorien:

Aargau (AG), Bern (BE), Basel-Land (BL), Basel-Stadt (BS), Genf (GE), Graubünden (GR), Luzern (LU), Solothurn (SO), Tessin (TI), Waadt (VD), Zürich (ZH).

Dr. M. Erard  
Dr. B. Zimmerli  
Bundesamt für Gesundheitswesen  
Abteilung Lebensmittelkontrolle  
Sektion Lebensmittel- und Radiochemie  
Postfach  
CH-3000 Bern 14