

**Verfahren zur Bestimmung
von Strontium-90 in Milch
(Chelite P/Kronenether-Methode)**

F-Sr-90-MILCH-03

Bearbeiter:

A. Wiechen
D. Tait

Leitstelle für Boden, Bewuchs, Futtermittel und
Nahrungsmittel pflanzlicher und tierischer Herkunft

10 Verfahren zur Bestimmung von Strontium-90 in Milch (Chelite P/Kronenether-Methode)

1 Anwendbarkeit

Das nachstehend beschriebene Analysenverfahren zur Bestimmung von Sr-90 in Milch ist ähnlich empfindlich, wie die Verfahren F-Sr-90-MILCH-01 und F-Sr-90-MILCH-02. Es ist ebenfalls für die Untersuchung aller Milchproben geeignet, die nach dem Strahlenschutzvorsorgegesetz und der Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen im Routinefall zu überwachen sind. Es hat gegenüber den vorgenannten Verfahren den Vorteil einer weiteren Arbeits- und Zeitersparnis. Die Trocknung und Veraschung der Milch entfallen. Ähnlich wie beim Verfahren F-Sr-90-MILCH-01 besteht gegenüber dem Verfahren F-Sr-90-MILCH-02 jedoch der Nachteil, daß eine Strontiumausbeutebestimmung mit Hilfe von Sr-85 durchgeführt und das Sr-90 über seine Tochter Y-90 gemessen werden muß. Das bedingt, daß nach der Strontiumabtrennung der Y-90-Aufbau abgewartet werden muß.

2 Probeentnahme

Die Probeentnahme ist bei Verfahren F- γ -SPEKT-MILCH-01 beschrieben.

3 Analytik

3.1 Prinzip der Methode

Die Erdalkalien einschließlich des Strontiums werden nach Zusatz von Sr-85 als Tracer für die Ausbeutebestimmung direkt aus der flüssigen Milch an ein chelatbildendes Harz sorbiert. Das Harz wird mit verdünnter Salpetersäure eluiert und das Strontium durch Extraktionen des Eluats mit Kronenetherlösungen (Dicyclohexyl-18-Krone-6 in Chloroform) isoliert. Anschließend wird Strontium in eine wäßrige Phase überführt und als Carbonat gefällt. Das Strontiumcarbonat wird so lange gelagert, bis das radioaktive Gleichgewicht mit dem Tochternuklid Y-90 eingestellt ist (mindestens 15 Tage). Danach wird das Carbonat gelöst und in einen Flüssigszintillator-Cocktail überführt. Das Beta-Mischspektrum des Sr-85, Sr-90 und des Y-90 wird mit einem Flüssigkeitsszintillations-Spektrometer aufgenommen und die Nettozählrate in einem Energiebereich, der frei von Beiträgen des Sr-85 ist, berechnet. Das Sr-85, das als Tracer zur Ausbeutebestimmung eingesetzt worden ist, wird durch Gamma-Spektrometrie des Szintillationscocktails gemessen.

3.2 Probenvorbereitung

Eine besondere Probenvorbereitung ist nicht erforderlich.

3.3 Radiochemische Trennung

3.3.1 1000 ml der Milchprobe werden in einen 2000 ml-Erlenmeyerkolben transferiert und 10 bis 15 Bq Sr-85 als Tracer zur Ausbeutebestimmung zugegeben. Dann wird die Temperatur in einem Wasserbad auf 65 bis 70 °C eingestellt. Nach Zugabe von 150 g Chelite P in der Na⁺-Form (Naßvolumen in der gelieferten Form ca. 220 ml) wird die Mischung 30 bis 40 Minuten bei 65 bis 70 °C mit einem Flügelrührer, der von oben in die Milch eintaucht, gerührt.

3.3.2 Nach dem Rühren wird die Milch dekantiert und verworfen. Das Harz wird dreimal kurz mit 300 ml-Portionen heißem dest. Wasser von etwa 70 °C gewaschen, dann in eine Glassäule (Innendurchmesser: ca. 3 cm, Länge: ca. 60 cm) überführt, die mit einer Glasfritte (Porositätsgrad 2) ausgestattet ist. Um letzte Spuren von Milchinhaltstoffen aus dem Harz zu entfernen, wird die Säule mit etwa 95 °C heißem dest. Wasser (ca. 1 bis 1,5 Liter) gewaschen. Das ablaufende Wasser darf keine Trübung mehr aufweisen.

3.3.3 Durch Waschen mit kaltem dest. Wasser wird die Säule wieder abgekühlt. Das Wasser läßt man vollständig aus der Säule ablaufen.

3.3.4 Die Oberkante des Harzes wird mit etwas Glaswolle abgedeckt, um das Aufwirbeln des Harzes bei der anschließenden Säureelution zu verhindern.

3.3.5 Die Erdalkalitionen werden mit 270 ml Salpetersäure (5 mol · l⁻¹) eluiert. Dabei wird die Säure in 4 bis 5 Portionen auf die Säule gegeben. Jede Portion soll die Säule mit einer Durchflußrate von 10 bis 20 ml pro Minute bis zur Oberkante der Harzsäule passieren. Die ersten 30 ml (entsprechend ca. dem einfachen Volumen der Säule) des Eluats werden verworfen, die restlichen ca. 240 ml gesammelt. Die letzte Säureportion läßt man vollständig aus der Säule ablaufen.

3.3.6 Das gesammelte Eluat wird durch eine Glasfritte (Porositätsgrad 4) filtriert, dann in einen 500 ml-Scheidetrichter (Scheidetrichter 1) überführt.

3.3.7 Zum Eluat in Scheidetrichter 1 werden 100 ml Lösung von Dicyclohexyl-18-Krone-6 in Chloroform (0,025 mol · l⁻¹) gegeben und die Mischung 2 Minuten lang geschüttelt. Nach der Phasentrennung wird die Chloroformphase in einen zweiten Scheidetrichter (Scheidetrichter 2) abgelassen. Die wäßrige Salpetersäurephase im Scheidetrichter 1 wird weitere zweimal mit frischen 100 ml-Portionen Dicyclohexyl-18-Krone-6 in Chloroform (0,025 mol · l⁻¹) je 2 Minuten geschüttelt. Die Chloroformphasen dieser Extraktionen werden ebenfalls in den Scheidetrichter 2 überführt. Die wäßrige Salpetersäurephase wird danach verworfen.

3.3.8 75 ml einer wäßrigen Lösung, die Natriumacetat und Essigsäure (beide 0,1 mol · l⁻¹) sowie Strontiumchlorid (0,133 mg · ml⁻¹ Sr-Träger) enthält, werden zur Chloroform-Phase gegeben und die Mischung 2 Minuten geschüttelt. Nach der Phasentrennung wird das Chloroform (die untere Phase) in einen dritten Scheidetrichter (Scheidetrichter 3) überführt. Die wäßrige Phase wird in Scheidetrichter 2 aufgehoben, während die Chloroformphase in Scheidetrichter 3 mit weiteren 75 ml der wäßrigen Lösung von Natriumacetat, Essigsäure und Strontiumchlorid ausgeschüttelt wird (Schüttelzeit 2 Minuten). Die Chloroform-Phase wird jetzt verworfen.

3.3.9 Die wäßrigen Phasen werden in einem 200 ml-Zentrifugenglas vereinigt, und durch tropfenweise Zugabe von Natronlauge (10 mol · l⁻¹) auf einen pH-Wert von ca. 12 gebracht. Man fügt 1 bis 2 g Ammoniumcarbammat hinzu, dann wird mindestens 40 Minuten im siedenden Wasserbad erhitzt. Man läßt abkühlen, zentrifugiert und filtriert

durch ein Blaubandfilter von 3 cm Durchmesser (Hahnsche Nutsche). Der Niederschlag auf dem Filter wird zunächst mit etwas dest. Wasser, dann mit Methanol gewaschen. Anschließend wird das Filter im Trockenschrank bei ca. 80 °C 2 bis 3 Minuten getrocknet.

3.3.10 Das Strontiumcarbonat auf dem Filterpapier wird weitestgehend in ein 20 ml-Szintillationszählfläschchen aus kaliumarmem Glas überführt. Der Rand des Filterpapiers, der nicht in Kontakt mit dem Strontiumcarbonat gekommen ist, wird mit einer Schere abgeschnitten und verworfen. Das Mittelteil des Filters gibt man zum Niederschlag in das Szintillationsmeßfläschchen. Das Meßfläschchen mit dem Strontiumcarbonat-Niederschlag wird zur Nachbildung des Y-90-Tochternuklids mindestens 15 Tage lang gelagert.

3.3.11 Nach Einstellung des Sr-90/Y-90-Gleichgewichtes fügt man 2,0 ml einer 25 %-igen Toluolsulfonsäurelösung zum Meßfläschchen hinzu. Sobald das Carbonat gelöst ist, werden 19,0 ml Instant-Scint.-Gel (Fa. Canberra-Packard) zugegeben und das Meßfläschchen stark geschüttelt. Nach etwa 10 Minuten bildet sich eine klare, homogene Szintillatorlösung. Als Alternative zum Schütteln, kann die Lösung durch Ultraschall in einem Ultraschallbad vermischt werden. Hierbei muß darauf geachtet werden, daß der Deckel des Meßfläschchens nicht festgeschraubt ist, sonst kann das Fläschchen zerspringen. Zudem muß anschließend gewährleistet sein, daß die Szintillationslösung mit Luft gesättigt ist (z. B. durch kurzes Schütteln).

3.3.12 Zur Strontium-Ausbeutebestimmung wird das Meßfläschchen der Probe mit einem Gammaskpektrometer bei 514 keV gemessen. Die Nettozählrate wird mit der eines Standards verglichen, der die gleiche Sr-85-Aktivität enthält wie diejenige, die zu Beginn der Analyse der Probe zugesetzt wurde. Dieser Standard wird in einem gleichen Meßfläschchen wie die Probe hergestellt, und besteht aus einem entsprechenden Aliquot der wäßrigen Sr-85-Stammlösung, 20 mg Strontium-Träger in Form einer wäßrigen Lösung, die dann auf 21 ml mit dest. Wasser aufgefüllt und gut durchmischt werden.

Berechnung der Strontiumausbeute:

$$\eta_{\text{Sr}} = \frac{\text{Nettozählrate der Probe} \cdot 100}{\text{Nettozählrate des Standards}} \%$$

Anmerkung

Als Alternative kann nach Punkt 3.3.10 dieser Vorschrift eine Abtrennung des Y-90 erfolgen und dieses nach Fällung als Hydroxid und Umfällung zu Oxalat mittels Auslöse- oder Proportionalzählrohres (Low-level-Meßplatz mit Antikoinzidenzabschirmung) gemessen werden. Bei der Abtrennung des Y-90 ist analog zu den Punkten 3.3.11 bis 3.3.15 der Vorschrift F-Sr-90-MILCH-01 dieser Meßanleitungen zu verfahren. Die Messung der Aktivität, die Berechnung der Analysenergebnisse sowie der Nachweisgrenzen sind entsprechend den Abschnitten 4 bis 6 der Vorschrift F-Sr-90-MILCH-01 durchzuführen.

4 Messung der Aktivität

Das Gesamt-Szintillationsspektrum der Szintillationslösung wird in einem Low-Level-Flüssigkeits-Szintillationsspektrometer aufgenommen.

Zur Kalibrierung des Gerätes und für die Auswertung des Probenspektrums müssen Spektren des Untergrundes und eines Meßpräparates, das Sr-90 und Y-90 im Gleichge-

wicht enthält, gemessen werden. Dabei muß die Sr-90-Aktivität exakt bekannt sein. Da der Tracer Sr-85 zum niederenergetischen Teil des Szintillationsspektrums beiträgt, muß ein Bereich festgestellt werden, der von Sr-85-Beiträgen frei ist. Dafür wird ein Präparat mit der gleichen Aktivität an Sr-85, wie sie für die Ausbeutebestimmung benötigt wird, gemessen. Dieses Präparat darf natürlich kein Sr-90/Y-90 enthalten. Die erforderlichen Präparate für die Messung dieser Spektren werden, wie nachfolgend beschrieben, hergestellt:

1. Untergrund: In ein 20 ml-Szintillationsmeßfläschchen aus kaliumarmem Glas werden 35 mg Strontiumcarbonat (entsprechend 20 mg Strontium) in 2,0 ml 25%iger Toluolsulfonsäure in Wasser gelöst, und die Lösung mit 19,0 ml Instant-Scint.-Gel gemischt.
2. Sr-90/Y-90-Standard: 100 bis 500 µl Aliquotenteile eines wäßrigen Sr-90/Y-90-Standards (verdünnt auf einige hundert Bq · ml⁻¹) und 1,0 ml einer 50%igen Toluolsulphonsäure-Lösung in Wasser, die ebenfalls 20 mg Sr-Träger (zugegeben als Strontiumcarbonat) enthält, werden in ein 20 ml-Szintillationsmeßfläschchen aus kaliumarmem Glas gegeben. Das Volumen wird auf 2,0 ml mit dest. Wasser aufgefüllt, und die Lösung mit 19,0 ml Instant-Scint.-Gel vermischt.
3. Sr-85: Es soll die gleiche Sr-85-Aktivität eingesetzt werden, die auch für die Sr-Ausbeute-Bestimmung bei den Proben benötigt wird. Dafür werden 0,1 bis 1,0 ml Aliquotenteile einer wäßrigen Sr-85-Lösung (verdünnt auf 10 bis 100 Bq · ml⁻¹), genauso behandelt wie der Sr-90/Y-90-Standard in Punkt 2 oben.

Im Energiebereich oberhalb von 220 keV geben Szintillationspräparate, die 10 Bq Sr-85 enthalten, erfahrungsgemäß die gleiche Zählrate wie Präparate für die Messung des Untergrundes. Ein optimaler Meßbereich von 220 bis 860 keV wurde für die Messung von Sr-90-Proben, die 10 Bq Sr-85 enthielten, mit dem Low-Level Scintillation Counter 2260XL von Canberra-Packard ermittelt. Es ist jedoch ratsam, den optimalen Meßbereich für andere Geräte oder Sr-85-Aktivitäten zu bestimmen.

Annähernd gleiche Quench-Bedingungen werden bei allen Messungen erreicht. Unterschiede in den Quench-Faktoren (tSIE-Wert nach Packard) > 12 % deuten auf Fehler bei der Probenvorbereitung hin. Kleinere Unterschiede im Quench-Verhalten der Probe und des Standards können nötigenfalls mit Hilfe eines Plots der Zählausbeute gegen den Quench-Faktor korrigiert werden. Um zuverlässige Werte für den Quench-Faktor des Meßpräparates zu bekommen, muß der Szintillations-Cocktail die gleiche Temperatur wie die Umgebung im Meßgerät haben und die Meßzeit des externen Standards des Meßgerätes ausreichend sein. Für den Low-Level Liquid Scintillation Counter 2260 XL der Fa. Canberra-Packard, ist z. B. eine Meßzeit des externen Standards von mindestens 240 Sekunden empfehlenswert.

5 Berechnung der Analysenergebnisse

In den nachfolgenden Gleichungen der Abschnitte 5 und 6 werden folgende Symbole verwendet:

- c = Sr-90-Aktivitätskonzentration in Bq · l⁻¹
 R_b = Bruttozählrate in s⁻¹
 R₀ = Nulleffektzählrate in s⁻¹
 R_n = Nettozählrate des Sr-90/Y-90-Präparates in s⁻¹
 Alle Zählraten beziehen sich auf den gewählten Energiebereich
 t₀ = Meßzeit des Nulleffektes in s

- t_m = Meßzeit der Probe in s
 t_A = Zeitspanne zwischen Probeentnahme und Beginn der Messung in s
 φ_A = aktivitätsbezogener Kalibrierfaktor (als Funktion des Quenchwertes) in Bq · s
 $k_{1-\alpha}$ = Quantil der Normalverteilung (Fehler 1. Art)
 $k_{1-\beta}$ = Quantil der Normalverteilung (Fehler 2. Art)
 η_{Sr} = Chemische Ausbeute für Strontium
 $f(t_A) = e^{+\lambda_{Sr-90} \cdot t_A}$ Abklingfaktor für die Zeitspanne zwischen Probeentnahme und Beginn der Messung

Durch $f(t_A)$ wird der Sr-90-Zerfall im Zeitintervall zwischen Probeentnahme und Analysenbeginn berücksichtigt. Die Korrektur ist nur erforderlich, wenn das Zeitintervall relativ groß ist ($t_A > 0,5$ Jahre).

- λ_{Sr-90} = Zerfallskonstante des Sr-90 in s^{-1}
 $\lambda_{Sr-90} = \ln 2 / t_{Sr-90}$
 t_{Sr-90} = Halbwertszeit von Sr-90 in s
 V = Volumen der eingesetzten Milchprobe in Liter
 s_n = Standardabweichung der Nettozählrate R_n in s^{-1}
 s_b = Standardabweichung der Bruttozählrate R_b in s^{-1}
 s_0 = Standardabweichung der Nulleffektzählrate R_0 in s^{-1}
 s_c = Standardabweichung der Probenaktivität c zum Zeitpunkt der Probeentnahme in $Bq \cdot l^{-1}$
 G = Nachweisgrenze der Aktivität A in Bq
 $G(t_A)$ = Nachweisgrenze der Aktivität A bezogen auf den Zeitpunkt der Probeentnahme in Bq
 $g_c(t_A)$ = Nachweisgrenze der Aktivitätskonzentration c bezogen auf den Zeitpunkt der Probeentnahme in $Bq \cdot l^{-1}$

Die Berechnung der Sr-90-Aktivität in Bq pro Liter Milch erfolgt nach der folgenden Formel:

$$c = \frac{f(t_A) \cdot \varphi_A \cdot R_n}{\eta_{Sr} \cdot V} \quad Bq \cdot l^{-1}$$

Der statistische Zählfehler s_n der Nettozählrate R_n beträgt:

$$s_n = \sqrt{s_b^2 + s_0^2}$$

Die Standardabweichung s_c der Aktivitätskonzentration c ist für den Zeitpunkt der Probeentnahme gegeben durch:

$$s_c = \frac{f(t_A) \cdot \varphi_A \cdot s_n}{\eta_{Sr} \cdot V} \quad Bq \cdot l^{-1}$$

Als Ergebnis werden stets die Aktivitätskonzentration c der Probe und die Standardabweichung s_c der Aktivitätskonzentration, beide berechnet auf den Zeitpunkt der Probeentnahme, in $Bq \cdot l^{-1}$ angegeben ($c \pm s_c$).

5.1 Rechenbeispiel

$$\begin{aligned}
 R_b &= 0,228 \text{ s}^{-1} & \varphi_A &= 1,978 \text{ Bq} \cdot \text{s} \\
 R_o &= 0,147 \text{ s}^{-1} & \eta_{\text{Sr}} &= 0,850 \\
 R_n &= 0,081 \text{ s}^{-1} & V &= 1,0 \text{ l} \\
 t_m &= 6,0 \cdot 10^4 \text{ s} & f(t_A) &= 1,000 \\
 t_o &= 6,0 \cdot 10^4 \text{ s} \\
 t_A &= 0 \text{ (zu vernachlässigen)}
 \end{aligned}$$

$$c = \frac{1,000 \cdot 1,978 \cdot 0,081}{0,850 \cdot 1,0} \text{ Bq} \cdot \text{l}^{-1}$$

$$c = 0,19 \text{ Bq} \cdot \text{l}^{-1}$$

$$s_b = \sqrt{R_b/t_m} = \sqrt{0,228/6,0 \cdot 10^4} = 1,9 \cdot 10^{-3}$$

$$s_o = \sqrt{R_o/t_o} = \sqrt{0,147/6,0 \cdot 10^4} = 1,6 \cdot 10^{-3}$$

$$s_n = \sqrt{(1,9 \cdot 10^{-3})^2 + (1,6 \cdot 10^{-3})^2} = 2,5 \cdot 10^{-3}$$

$$s_c = \frac{1,000 \cdot 1,978 \cdot 2,5 \cdot 10^{-3}}{0,850 \cdot 1,0} \text{ Bq} \cdot \text{l}^{-1}$$

$$s_c = 5,8 \cdot 10^{-3} \text{ Bq} \cdot \text{l}^{-1}$$

Der Sr-90-Gehalt der Milchprobe zum Zeitpunkt der Probeentnahme beträgt für dieses Beispiel:

$$0,19 \pm 0,01 \text{ Bq} \cdot \text{l}^{-1}$$

5.2 Fehlerbetrachtung

Oben wurden nur die Zählfehler der Aktivitätsmessungen betrachtet, nicht aber die Unsicherheiten der chemischen Trennung, Ausbeutebestimmung und Kalibrierung der Meßgeräte. Fünf Analysen eines Milchpulver-Referenzstandards (Milchpulver A-14 der IAEA) ergaben einen Mittelwert für die Sr-90-Aktivität von 1,46 (Standardabweichung 0,18) Bq/kg Pulver. Der von der IAEA empfohlene Referenzwert für dieses Material beträgt 1,5 Bq/kg.

6 Nachweisgrenzen des Verfahrens

Die für diesen Fall anwendbare Formel zur Berechnung der Nachweisgrenze G ist im Kapitel IV.5, Unterkapitel 2.1.2, Gleichung 2.4 dieser Meßanleitungen angegeben. Diese Formel muß jedoch durch eine Korrekturfunktion ergänzt werden, um die Nachweisgrenze zum Zeitpunkt der Probeentnahme $G(t_A)$ zu erhalten:

$$G(t_A) = f(t_A) \cdot G \quad \text{Bq}$$

Zur Berechnung der Nachweisgrenze der Aktivitätskonzentration muß $G(t_A)$ durch die chemische Ausbeute von Strontium und das eingesetzte Probenvolumen dividiert werden:

$$g(t_A) = \frac{f(t_A) \cdot G}{\eta_{Sr} \cdot V} \quad \text{Bq} \cdot \text{l}^{-1}$$

6.1 Rechenbeispiel

$$\begin{aligned} R_o &= 0,146 \text{ s}^{-1} & \eta_{Sr} &= 0,850 \\ t_o &= 6,0 \cdot 10^4 \text{ s} & V &= 1,0 \text{ l} \\ t_m &= 6,0 \cdot 10^4 \text{ s} & f(t_A) &= 1,000 \\ t_A &= 0 \text{ (zu vernachlässigen)} & \varphi_A &= 1,978 \text{ Bq} \cdot \text{s} \end{aligned}$$

$$G = 1,978 \cdot (4,645 \cdot \sqrt{0,146 \cdot (1/6,0 \cdot 10^4 + 1/6,0 \cdot 10^4)} + 0,25 \cdot 4,645^2 \cdot (1/6,0 \cdot 10^4 + 1/6,0 \cdot 10^4)) \text{ Bq}$$

$$G = 2,05 \cdot 10^{-2} \text{ Bq}$$

$$g(t_A) = \frac{1,000 \cdot 2,05 \cdot 10^{-2}}{0,850 \cdot 1,0} \text{ Bq} \cdot \text{l}^{-1}$$

$$g(t_A) = 2,4 \cdot 10^{-2} \text{ Bq} \cdot \text{l}^{-1}$$

Die Nachweisgrenze der Methode beträgt etwa 24 mBq pro Liter Milch bei Verwendung von 1 l Milch und einer Meßzeit von $6,0 \cdot 10^4 \text{ s}$ (1000 Minuten). Dieser Wert wurde durch Auswertung des Energiebereiches von 220 bis 860 keV aus dem Spektrum einer Blindprobe ermittelt, die kein Sr-90 und damit auch kein Y-90 enthielt.

Durch Verdopplung der Probenmenge und der Menge an Chelate-P-Harz und entsprechende Erhöhung des Volumens an Salpetersäure ($5 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$) zur Elution auf 350 ml kann die Nachweisgrenze erforderlichenfalls in etwa halbiert werden. In diesem Fall können bei der Elution der Harz-Säule mit Salpetersäure ($5 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$) die ersten 60 bis 70 ml des Eluates verworfen werden.

7 Verzeichnis der erforderlichen Chemikalien und Geräte

7.1 Chemikalien

Sofern verfügbar, sind ausschließlich analysenreine Reagenzien zu verwenden.

- Chelate P in der Na^+ -Form (Bezugsquelle: Serva, Heidelberg)
- Salpetersäure ($5 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$)
- Natronlauge ($10 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$)
- Natriumacetat/Essigsäurelösung (beide $0,1 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$) mit $0,133 \text{ mg} \cdot \text{ml}^{-1}$ Sr-Träger
- Ammoniumcarbammat, fest
- Strontiumcarbonat, fest
- Dicyclohexyl-18-Krone-6 in Chloroform ($0,01 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$) (Bezugsquelle des Kronenethers: Merck, Darmstadt oder Serva, Heidelberg)

- Toluolsulfonsäurelösungen 25 Gew. % und 50 Gew. % in Wasser
- Flüssigszintillator-Cocktail
(Instant-Scint.-Gel, Fa. Canberra-Packard, Frankfurt a. M.)

7.2 Geräte

- Übliche Ausrüstung eines radiochemischen Laboratoriums
- Flüssigszintillations-Meßfläschchen aus kaliumarmem Glas
- Flüssigszintillations-Spektrometer, nach Möglichkeit Low-level-Ausführung mit Vielkanalanalysator

Literatur

- (1) Tait, D., Wiechen, A.: Schnelle simultane Bestimmung von Sr-89 und Sr-90 in Rohmilch durch Flüssigszintillationspektrometrie. 8. Fachgespräch zur Überwachung der Umweltradioaktivität, veranstaltet vom Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes, 24.–26. Oktober 1990, Berlin
- (2) Tait, D., Wiechen, A.: Improvements to a rapid method for separating Strontium from liquid milk by treatment with a chelating resin and crown ethers. J. Radioanal. Nucl. Chem., Articles, 159 (1992) 239–247