

DIN ISO 18589-5

ICS 13.080.99; 17.240

**Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt –
Erdboden –
Teil 5: Messung von Strontium-90
(ISO 18589-5:2009)**

Measurement of radioactivity in the environment –
Soil –
Part 5: Measurement of strontium 90
(ISO 18589-5:2009)

Mesurage de la radioactivité dans l'environnement –
Sol –
Partie 5: Mesurage du strontium 90
(ISO 18589-5:2009)

Gesamtumfang 31 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE
Normenausschuss Radiologie (NAR) im DIN

Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort.....	3
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe und Formelzeichen.....	6
4 Prinzip.....	7
4.1 Chemische Trennung	7
4.2 Nachweis	8
5 Chemische Reagenzien und Hilfsmittel.....	9
6 Verfahren	9
6.1 Strontiumdesorption	9
6.2 Chemische Trennung	9
6.3 Vorbereitung der zu messenden Quelle.....	10
6.4 Untergrundbestimmung	11
6.5 Messung	11
6.6 Kalibrierung	12
7 Angabe der Ergebnisse.....	12
7.1 Bestimmung des ^{90}Sr im Gleichgewicht mit ^{90}Y	12
7.2 Bestimmung von ^{90}Sr über ^{90}Y	14
7.3 Bestimmung von ^{90}Sr bei Vorhandensein von ^{89}Sr und radiochemischem Gleichgewicht zwischen ^{90}Sr und ^{90}Y	15
7.4 Vertrauensgrenzen	18
8 Prüfbericht	18
Anhang A (informativ) Vorbereitung der Prüfmenge	19
Anhang B (informativ) Messung des Strontiums durch Ausfällung	21
Anhang C (informativ) Messung des ^{90}Sr durch organische Extraktion seines Tochterprodukts ^{90}Y im radiochemischen Gleichgewicht	26
Anhang D (informativ) Messung des Strontiums nach Trennung auf einem spezifischen „Kronen-Ether“-Harz	29
Literaturhinweise.....	31
 Tabelle 1 – Durchschnittliche Betaemissionsenergien (keV) und Halbwertszeiten von ^{90}Sr , ^{90}Y und ^{89}Sr	 7
Tabelle 2 – Nachweisverfahren für Strontium, abhängig von seinem Ursprung	8

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN ISO 18589-5:2007-09.

Für diese Norm ist das nationale Arbeitsgremium GUK 967.2 „Aktivitätsmessgeräte für den Strahlenschutz“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (www.dke.de), Gemeinschaftsgremium mit dem Normenausschuss Radiologie (NAR) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V., zuständig. Für die weitere Detailbehandlung der Themen zur Umweltüberwachung hat das GUK den Arbeitskreis GAK 967.2.2 „Umweltmessungen“ eingesetzt.

Das internationale Dokument wurde vom SC 2 „Radiation protection“ des TC 85 „Nuclear energy“ der Internationalen Normungsorganisation (ISO) erarbeitet und den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

In der Normenreihe DIN ISO 18589 „Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt – Erdboden“ sind derzeit folgende Teile vorgesehen:

- DIN ISO 18589-1, *Teil 1: Allgemeiner Leitfaden und Begriffe.*
- DIN ISO 18589-2, *Teil 2: Leitlinie für die Auswahl der Probenahmestrategie, Probenahme und Vorbehandlung der Proben.*
- DIN ISO 18589-3, *Teil 3: Messung von Gammastrahlung emittierenden Radionukliden.*
- DIN ISO 18589-4, *Teil 4: Messung von Plutoniumisotopen (Plutonium-238 und Plutonium-239 + 240) durch Alphaspektrometrie.*
- DIN ISO 18589-5, *Teil 5: Messung von Strontium-90.*
- DIN ISO 18589-6, *Teil 6: Messung der Alpha- und Beta-Gesamtaktivitäten.*

Nationaler Anhang NA (informativ)

Zusammenhang mit Europäischen und Internationalen Normen

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf eine Norm ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils neueste gültige Ausgabe der in Bezug genommenen Norm.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe der Norm.

Eine Information über den Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ist in Tabelle NA.1 wiedergegeben.

Tabelle NA.1

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
–	ISO 31-9:1992 + A1:1998	–	–
–	ISO 11074-1:1996	DIN ISO 11074-1:1997-06	–
–	ISO/FDIS 11074:2005	derzeit in Überarbeitung, siehe E DIN ISO 11074:2006-06	–
–	ISO 11074-2:1998	–	–
–	ISO 11929-7:2005	DIN 25482-10:2000-05	–
–	–	siehe jedoch DIN VDE 0493 Bbl 1 (VDE 0493 Bbl 1):2006-09	VDE 0493 Bbl 1
–	Ist ersetzt durch ISO 11929:2010	siehe Entwurf E DIN ISO 11929:2008-06	–
EN ISO/IEC 17025:2005	ISO/IEC 17025:2005	DIN EN ISO/IEC 17025:2005-05	–
–	ISO 18589-1:2005	DIN ISO 18589-1:2009-02	–
–	ISO 18589-2:2007	DIN ISO 18589-2:2009-02	–
ENV 13005:1999	GUM:1995	DIN V ENV 13005:1999-06	–
–	IEC/TR 62461:2006	für Strahlungsmessungen siehe DIN VDE 0493 Bbl 2 (VDE 0493 Bbl 2):2007-06	VDE 0493 Bbl 2

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN 25482-10:2000-05, *Nachweisgrenze und Erkennungsgrenze bei Kernstrahlungsmessungen – Teil 10: Allgemeine Anwendungen*

DIN V ENV 13005:1999-06, *Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen; Deutsche Fassung ENV 13005:1999*

DIN EN ISO/IEC 17025:2005-05, *Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien (ISO/IEC 17025:2005); Deutsche und Englische Fassung EN ISO/IEC 17025:2005*

DIN ISO 11074-1:1997-06, *Bodenbeschaffenheit – Wörterbuch – Teil 1: Begriffe und Definitionen aus dem Bereich Bodenschutz und Bodenkontamination (ISO 11074-1:1996)*

E DIN ISO 11074:2006-06, *Bodenbeschaffenheit – Wörterbuch (ISO/FDIS 11074:2005)*

E DIN ISO 11929:2008-06, *Bestimmung der charakteristischen Grenzen (Erkennungsgrenze, Nachweisgrenze und Grenzen des Vertrauensbereichs) bei Messungen ionisierender Strahlung – Grundlagen und Anwendungen (ISO/DIS 11929:2008)*

DIN ISO 18589-1:2009-02, *Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt – Erdboden – Teil 1: Allgemeiner Leitfaden und Begriffe (ISO 18589-1:2005)*

DIN ISO 18589-2:2009-02, *Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt – Erdboden – Teil 2: Leitlinie für die Auswahl von Probenahmestrategie, Probenahme und Vorbehandlung der Proben (ISO 18589-2:2007)*

DIN VDE 0493 Beiblatt 1 (VDE 0493 Beiblatt 1):2006-09, *Strahlenschutz-Messgeräte – Beiblatt 1: Nachweisgrenze und Erkennungsgrenze bei Kernstrahlungsmessungen – Hinweise zur Anwendung der Normen der Reihen ISO 11929 und DIN 25482*

DIN VDE 0493 Beiblatt 2 (VDE 0493 Beiblatt 2):2007-06, *Strahlenschutz-Messgeräte – Bestimmung der Unsicherheit beim Messen (IEC/TR 62461:2006)*

Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt – Erdboden – Teil 5: Messung von Strontium-90

1 Anwendungsbereich

In dieser Norm werden Verfahren für die Messung der Aktivität von ^{90}Sr im Gleichgewicht mit ^{90}Y und von ^{89}Sr , reine Betastrahler, in Bodenproben beschrieben. Erläutert werden verschiedene chemische Trennverfahren für die Herstellung von Strontium- und Yttriumquellen, deren Aktivität mit Hilfe eines Proportionalzählers oder eines Flüssigszintillationszählers bestimmt wird. Die Auswahl der Messmethode hängt von der Kontaminationsquelle, den Eigenschaften des zu analysierenden Bodens, der geforderten Messgenauigkeit und der Ausstattung der verfügbaren Labors ab.

Diese Methoden dienen der Bodenüberwachung nach früheren oder aktuellen, unbeabsichtigten oder routinemäßigen flüssigen oder gasförmigen Freisetzungen. Sie decken auch die Überwachung der durch globalen Fallout entstehenden Kontamination ab.

Im Falle eines neueren Fallouts unmittelbar nach einem nuklearen Störfall ist die Freisetzung von ^{89}Sr im Verhältnis zur Gesamtmenge der Strontiumaktivität nicht vernachlässigbar. Diese Norm beschreibt auch eine Messmethode zur Bestimmung der Aktivität von ^{90}Sr bei Vorhandensein von ^{89}Sr .

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ISO 31-9, *Quantities and units – Part 9: Atomic and nuclear physics*

ISO 11074, *Soil quality – Vocabulary*

ISO/IEC 17025, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*

ISO 18589-1, *Measurement of radioactivity in the environment – Soil – Part 1: General guide and definitions*

ISO 18589-2, *Measurement of radioactivity in the environment – Soil – Part 2: Sampling strategy, sampling and pre-treatment of samples*

3 Begriffe und Formelzeichen

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe und Formelzeichen nach ISO 31-9, ISO 18589-1, und ISO 11074.

In dieser Norm werden die folgenden Formelzeichen verwendet.

m	Masse der Prüfmenge, in Kilogramm
a_i	Aktivität je Masseneinheit des Radionuklids i , in Becquerel je Kilogramm
$A_{i,s}$	Aktivität der Kalibrierquelle von Radionuklid i zum Kalibrierzeitpunkt, in Becquerel
A_i	Aktivität der Probenquelle von Radionuklid i zum Zeitpunkt $t = 0$, in Becquerel
t_g	Probenzähldauer, in Sekunden
t_0	Untergrundzähldauer, in Sekunden
t_s	Kalibrierquellenzähldauer
r_g	Gesamtzählrate je Sekunde
r_0	Untergrundzählrate je Sekunde
r_s	Kalibrierquellenzählrate je Sekunde
$R_{c,i}$	chemische Ausbeute der Extraktion von Radionuklid i

ε_i	Zählausbeute von Radionuklid i
λ_i	Zerfallskonstante von Radionuklid i
t_d, t_f	Anfangs- und Endzeitpunkt der Messung, bezogen auf $t = 0$, in Sekunden
r_{gj}	Gesamtzählrate je Sekunde für Messung j
r_{0j}	Untergrundzählrate je Sekunde für Messung j
r_j	Nettozählrate je Sekunde für Messung j
t_j	Startzeitpunkt der Messung j , bezogen auf $t = 0$
$u(a_i)$	Standardunsicherheit des Messergebnisses, in Becquerel je Kilogramm
U	erweiterte Unsicherheit, errechnet nach $U = k \cdot u(a_i)$ mit $k = 1, 2, \dots$, in Becquerel je Kilogramm
a_i^*	Erkennungsgrenze für Radionuklid i , in Becquerel je Kilogramm
$a_i^\#$	Nachweisgrenze von Radionuklid i , in Becquerel je Kilogramm
$a_i^<, a_i^>$	untere und obere Grenze des Vertrauensintervalls von Radionuklid i , in Becquerel je Kilogramm

4 Prinzip

^{90}Sr , ^{90}Y und ^{89}Sr sind Radionuklide mit reiner Betastrahlenemission. Die Betaemissionsenergien und Halbwertszeiten sind in Tabelle 1 angegeben¹⁾.

Tabelle 1 – Durchschnittliche Betaemissionsenergien (keV) und Halbwertszeiten von ^{90}Sr , ^{90}Y und ^{89}Sr

	^{90}Sr	^{90}Y	^{89}Sr
Betaenergie	196 keV	926,7 keV	584,6 keV
Halbwertszeit	28,8 Jahre	2,67 Tage	50,6 Tage

Strontium kann direkt gemessen oder über die Messung seines Tochterprodukts Yttrium ermittelt werden. Alle Messungen basieren auf einer chemischen Trennung, gefolgt von einer Betazählung des Elements unter Verwendung eines Proportionalzählers oder eines Flüssigszintillationszählers (siehe Tabelle 2) [1], [2], [3].

4.1 Chemische Trennung

Nach dem Aufschluss der Bodenprobe muss das Strontium durch Ausfällen oder durch chromatographische Abtrennung über ein spezifisches Harz, z. B. Kronen-Ether-Harz, aus der Aufschlusslösung isoliert werden. Yttrium kann durch Ausfällen oder Flüssig-Flüssig-Extraktion isoliert werden.

Der Trennschritt sollte zu der höchstmöglichen Menge an reinem Element führen. Das gewählte Verfahren muss deshalb selektiv sein und eine hohe chemische Ausbeute liefern. Da Radioisotope von Thorium, Blei und Wismut im Boden vorkommen, müssen sie eliminiert werden, weil sie im Messschritt die Erkennung der Emission von ^{90}Sr , ^{90}Y oder ^{89}Sr stören können. Weitere Bodenbestandteile, die sich störend auswirken können, wie z. B. Erdalkalielemente (insbesondere Calcium) für Strontium, Transuran- und Lanthanidelemente für Yttrium, müssen ebenfalls eliminiert werden, da sie die chemische Ausbeute der Extraktion verringern.

Die Ausbeute der radiochemischen Trennung wird mit Hilfe eines Trägers, wie z. B. stabiles Sr oder Y, oder mit einem radioaktiven Tracer wie ^{85}Sr ermittelt. Empfohlen wird die Methode der Atomabsorptionsspektroskopie (AAS) oder der Atomemissionsspektroskopie (ICPAES oder ICPMS) zur Messung des inaktiven Trägers und die Gammaskopie zur Messung des ^{85}Sr . Die Träger lassen sich auch mit gravi-

¹⁾ Quelle: BIPM (Bureau International des Poids et Mesures).

metrischen Verfahren bestimmen, doch können in den Auslauglösungen enthaltene inaktive Elemente (im Wesentlichen Erdalkalielemente) eine zu hohe radiochemische Ausbeute vortäuschen, was insbesondere für die Strontiummessung zutrifft.

Wenn stabiles Strontium als Träger hinzugegeben wird, muss dessen ursprüngliche Konzentration in der Prüfprobe bekannt sein, um die Berechnung einer zu hohen Ausbeute der radiochemischen Trennung zu vermeiden.

4.2 Nachweis

Empfohlen wird die Verwendung eines Flüssigszintillationszählers, der Spektren liefert und Störungen durch unerwünschte Radionuklide erkennen lässt, wogegen ein Proportionalzähler die Emissionen verschiedener Betastrahler nicht unterscheiden kann. Bei der Verwendung eines Proportionalzählers wird empfohlen, die Reinheit des Fällungsprodukts durch Verfolgen der Änderung der Aktivität von ^{90}Y oder ^{89}Sr über einen angemessenen Zeitraum zu überprüfen, auch wenn dieses Verfahren zeitaufwändig ist.

Ein Verfahren zur Sr/Y-Desorption aus Bodenproben ist in Anhang A beschrieben. In den Anhängen B, C und D sind drei Messverfahren aufgeführt.

Tabelle 2 – Nachweisverfahren für Strontium, abhängig von seinem Ursprung

Ursprung		Alter Fallout				Neuer Fallout	
Radioisotopen- gehalt		$^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$				$^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ ^{89}Sr	
Trennung	Element	Sr		→Y ^a		Sr	
	Methode	Chromato- graphie ^b	Aus- fällung	Extrak- tion	Aus- fällung	Chromato- graphie ^b	Ausfällung
	Produkt	^{90}Sr		^{90}Y		$^{90}\text{Sr} + ^{89}\text{Sr}$	
	Träger oder Tracer ^c	^{85}Sr oder stabiles Sr		Stabiles Y		^{85}Sr oder stabiles Sr	
Messung(en)	Gleichgewicht $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$	Ja 15 bis 20 Tage (empfohlen)	↑ Nein	Nein		Ja 15 bis 20 Tage (empfohlen)	Nein
	Anzahl	↓ 1	↓	1		≥ 2	
	Emissionen	^{90}Sr ^{90}Y		^{90}Y		^{90}Sr ^{90}Y ^{89}Sr	
	Hilfsmittel	Proportionalzähler oder Flüssigszintillationszähler (gesamt)		Proportionalzähler oder Flüssigszintillations- zähler (gesamt oder Cerenkov)		Proportionalzähler oder Flüssigszintillationszähler (gesamt)	
	Kalibrier- quellen	$^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$	^{90}Sr ^{90}Y	^{90}Y		$^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ ^{89}Sr	^{90}Sr ^{90}Y ^{89}Sr
^a Y-Trennung wird nach Erreichen des ^{90}Sr - ^{90}Y -Gleichgewichts in der Prüfprobe durchgeführt.							
^b Spezifische Chromatographie mit Kronen-Ether-Harz.							
^c Träger- oder Tracermessungen werden für ^{85}Sr mit Hilfe der Gammaspektrometrie und für Sr und Y mit gravi- metrischen Verfahren, Atomabsorption (AAS) oder Massenspektrometrie (MS) durchgeführt.							

5 Chemische Reagenzien und Hilfsmittel

Die erforderlichen chemischen Reagenzien und Hilfsmittel für die einzelnen Strontiummessverfahren sind in den Anhängen A, B, C und D angegeben.

Alle für die Durchführung dieses Verfahrens benötigten chemischen Reagenzien müssen von analysenreiner Qualität sein.

6 Verfahren

6.1 Strontiumdesorption

Strontium wird durch Säurebehandlung aus der Bodenprobe desorbiert und verbleibt gelöst in der Auslaugfraktion.

Der Tracer oder der Träger wird zu Beginn dieses Verfahrensschritts zugefügt. Vor Beginn der Strontiumdesorption muss ausreichend lange, üblicherweise bis zu einem Tag, die Einstellung eines Gleichgewichtszustandes abgewartet werden.

Wenn stabiles Strontium als Träger zugegeben wird, muss vor dem Zusatz des Trägers die Strontiumkonzentration der Prüfprobe ermittelt werden.

Ein Verfahren zur Strontiumdesorption für Bodenproben ist in Anhang A detailliert beschrieben.

6.2 Chemische Trennung

Für die chemische Trennung gibt es drei übliche Verfahren: Ausfällung [4], [5], Flüssig-Flüssig-Extraktion und chromatographische Extraktion unter Verwendung eines selektiven Kronen-Ether-Harzes [6], [7], [8]. In den Anhängen B, C und D ist für jede dieser Techniken ein Verfahren beschrieben.

6.2.1 Ausfällung

Die Präzipitationstechnik ist zum Abscheiden aller mineralischen Elemente einschließlich Strontium in Bodenproben mit hohem Mineralsalzgehalt geeignet. Diese Technik ist sehr effizient, jedoch nicht selektiv für Strontium. Der notwendige Einsatz großer Mengen von Salpetersäure und die erforderliche Wartezeit bis zur Einstellung des Strontium/Yttrium-Gleichgewichtes begrenzen ihren Einsatz.

Durch Zugabe von Salpetersäure wird das Strontium zusammen mit anderen Störelementen ausgefällt. Sukzessive Auflösungs-Ausfällungszyklen führen zu einer Aufkonzentrierung des Strontiums im Niederschlag, während Yttrium und andere Elemente in der überstehenden Flüssigkeit verbleiben. Das gebräuchlichste Verfahren führt zu einer Ausfällung von SrCO_3 und ist in Anhang B beschrieben.

Für das Messverfahren mit ^{90}Sr und ^{90}Y im Gleichgewicht wird entweder die Summe der Aktivitäten von Yttrium und Strontium direkt im Niederschlag gemessen oder nur die Yttriumaktivität nach einer letzten Abtrennung vom Strontium. Im letzteren Falle wird die chemische Ausbeute durch Zugabe eines Yttriumträgers zur Quelle vor der Yttriumtrennung ermittelt. Das Endprodukt ist ein Yttriumpräzipitat, üblicherweise in Form eines Oxalatniederschlags. Ein Verfahren ist in Anhang B beschrieben.

Bei Abwesenheit von ^{89}Sr wird ^{90}Sr durch Zählen der von ^{90}Y oder von ^{90}Y und ^{90}Sr im Gleichgewicht emittierten Betastrahlung bestimmt.

Wenn der Gehalt an ^{89}Sr in der Prüfmenge nicht vernachlässigt werden kann, müssen zwei Strontiumbestimmungen zu unterschiedlichen Zeitpunkten durchgeführt werden.

6.2.2 Flüssig-Flüssig-Extraktion

Diese Technik basiert auf der Extraktion von ^{90}Y aus einer im radiochemischen Gleichgewicht befindlichen $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ -Ausgangslösung unter Verwendung eines organischen Lösungsmittels. Die chemische Trennung ist schnell und verlangt nur geringe technische Hilfsmittel. Ein vorläufiges Ergebnis kann bereits nach drei Tagen

(etwa einer Yttrium-Halbwertszeit) erhalten werden. Eine vollkommene Selektivität der Extraktion ist jedoch nicht immer möglich. Bei Vorhandensein hoher natürlicher Radioaktivität können Störungen auftreten, was die Erfassung sehr niedriger Aktivitätspegel erschwert.

Dieses Verfahren ist gut geeignet für Notfallsituationen und generell für alle Proben mit geringem Gehalt an Betastrahlern.

^{90}Y wird unter Verwendung eines organischen Lösungsmittels aus dem Eluat in Form eines Yttriumpräzipitats extrahiert. Ein Verfahren dafür ist in Anhang C beschrieben.

Nach Vorbereitung der Quelle sollte das ^{90}Y mit einem Proportionalzähler oder durch Messung der Cerenkov-Strahlung mit einem Flüssigszintillationszähler gemessen werden.

Das Fehlen anderer störender Betastrahler wird während des Zerfalls des ^{90}Y geprüft, indem der Rückgang der Zählrate von ^{90}Y gemessen und dieser Wert nach vollständigem Zerfall mit der Untergrundaktivität verglichen wird.

6.2.3 Chromatographische Trennung mit Kronen-Ether-Harz

Diese Technik basiert auf der selektiven chromatographischen Abtrennung von Strontium unter Verwendung eines spezifischen Kronen-Ether-Harzes. Die chemische Trennung ist schnell und gut geeignet für die Kontrolle und Überwachung der Umwelt.

Die zu messende fertige Quelle ist ein Strontiumniederschlag. Ein Verfahren dafür ist in Anhang D beschrieben.

Für das Messverfahren mit ^{90}Sr und ^{90}Y im Gleichgewicht wird entweder die Summe der Aktivitäten von Yttrium und Strontium direkt im Niederschlag gemessen oder nur die Yttriumaktivität nach einer letzten Abtrennung vom Strontium. Im letzteren Falle wird die chemische Ausbeute durch Zugabe eines Yttriumträgers zur Quelle vor der Yttriumtrennung ermittelt. Das Endprodukt ist ein Yttriumpräzipitat, üblicherweise in Form eines Oxalatniederschlags. Ein Verfahren ist in Anhang B beschrieben.

Bei Abwesenheit von ^{89}Sr wird ^{90}Sr durch Zählen der von ^{90}Y oder von ^{90}Y und ^{90}Sr im Gleichgewicht emittierten Betastrahlung bestimmt.

Wenn der Gehalt an ^{89}Sr in der Prüfmenge nicht vernachlässigt werden kann, müssen zwei Strontiumbestimmungen zu unterschiedlichen Zeitpunkten durchgeführt werden.

6.3 Vorbereitung der zu messenden Quelle

6.3.1 Vorbereitung der Quelle für Flüssigszintillationszähler

Der Flüssigszintillationszähler (LSC) misst die Photonen, die in der Szintillationsflüssigkeit, angeregt durch die Betastrahlung der Quelle, entstehen.

Der Sr- oder Y-Niederschlag wird aufgelöst und mit der Szintillatorflüssigkeit gemischt. Das Volumen der Lösung hängt vom verwendeten Messgerät (Größe der Messfläschchen) und dem benutzten Szintillator ab (siehe ein Verfahren in Anhang C).

Die Kalibrierquelle muss aus einer bekannten Menge Tracer (^{90}Sr , ^{89}Sr , $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ oder ^{90}Y) mit derselben Geometrie und chemischen Zusammensetzung wie die zu messende Quelle hergestellt werden. Methoden, welche die Kalibrierung mit verschiedenen Radionukliden erlauben, sind ebenfalls verfügbar [9].

Die Blindprobe sollte nach dem gleichen Verfahren hergestellt werden, wobei mit einer Prüfmenge ohne ^{90}Sr (oder direkt mit demineralisiertem Wasser) zu beginnen ist.

6.3.2 Vorbereitung der Quelle für Proportionalzähler

Der Proportionalzähler misst direkt die Betastrahlung einer Quelle, die in Form einer dünnen Ablagerungsschicht hergestellt wurde, um die Selbstabsorptionseffekte minimal zu halten.