

BEDIENUNGSANLEITUNG zum Zählrohr FSZ

Inhaltsverzeichnis	Seite
1. Dosisleistungsmessungen mit dem Zählrohr FSZ	2
2. Statistischer Messfehler	3
3. Nachweisgrenze	3
4. Kontaminationsmessungen	5
5. Messungen in Flüssigkeiten	6
6. Messungen von Kalium-40 in Kaffee, Tee, Kakao usw.	6
Anlagen	
7. Messtabelle	8
8. Erläuterung zur Messtabelle	9
9. Hinweise zur Handhabung der Mess-Sonden	10 - 11



1. Dosisleistungsmessungen mit dem Zählrohr Typ FSZ

Das Zählrohr Typ FSZ ist eine Sonde, die für verschiedene Anwendungsbereiche eingesetzt werden kann. Bei der Verwendung des Zählrohres FSZ für Dosisleistungsmessungen muss die Schutzhülse des Zählrohres, die für Kontaminationsmessungen abgenommen wird, auf dem Zählrohr bleiben, um die BETA-Strahlung abzuschirmen. Dosisleistungsmessungen sind Messung der GAMMA-Strahlung (energiereiche elektromagnetische Wellen), wobei die oft gleichzeitig auftretende ALPHA- + BETA-Strahlung (Partikelstrahlung) abzuschirmen ist.

Die Strahlendosis wird in Rem und neuerdings in Sievert (Sv) angegeben

$$\text{wobei } 100 \text{ Rem} = 1 \text{ Sv} \quad \text{bzw.} \quad 1 \text{ Rem} = 0,01 \text{ Sv}$$

entsprechen.

Bei dem Zählrohr Typ FSZ entsprechen

$$17 \text{ Impulse in der Minute (Ipm)} = 120 \text{ mrem/a (Millirem pro Jahr)}$$

$$\text{Dies bedeutet: } 120 \text{ mrem/a} = 17 \text{ Ipm}$$

$$\text{d.h. } 1 \text{ Ipm bei dem Zählrohr FSZ entspricht } 7 \text{ mrem/a}$$

Man muß die gezählten Impulse pro Minute mit dem Faktor 7 multiplizieren, um so die Strahlendosis in Millirem pro Jahr zu errechnen. Bei Umrechnung auf 1 Stunde muss der Jahresdosiswert durch 8.500 geteilt werden. In der Strahlenmesstechnik sind 8.500 Stunden die Jahresstundenbasis und nicht 8640 oder 8760 Stunden, die man bei genauerer Berechnung ermitteln kann.

BEISPIEL: Bei einer 10-Minuten-Messung werden 800 Impulse gezählt. Umgerechnet auf 1 Minute entspricht dies 80 Impulsen.

$$80 \text{ Ipm} \times \text{Faktor } 7 = 560 \text{ mrem/a}$$

$$\text{bzw. } 5,6 \text{ mSv/a} = 5600 \text{ } \mu\text{Sv/a}$$

$$560 \text{ mrem} : 8.500 = 0,066 \text{ mrem/h}$$

$$\text{bzw. } 0,00066 \text{ mSv/h} = 0,66 \text{ } \mu\text{Sv/h}$$

Da 120 mrem/a entspricht der üblichen Hintergrundstrahlung in der BRD. Somit die Strahlung knapp 5 mal höher als die normale Strahlenbelastung. Sobald die radioaktive Strahlung mehr als 40 mal höher ist, wird in der Regel Schutzkleidung empfohlen.

Hinweis:

Der ALPHAIx 3000 errechnet den Wert in $\mu\text{Sv/h}$, mit dem entsprechenden Auswertungsprogramm automatisch!

Da 120 mrem/a der üblichen Hintergrundstrahlung in der BRD entspricht, ist somit die Strahlenbelastung knapp 5 mal höher als die normale Strahlenbelastung. Sobald die radioaktive Strahlung mehr 40 mal die Normalstrahlung übersteigt, wird in der Regel Schutzkleidung empfohlen. Es ist zu berücksichtigen, dass die Schäden aus Strahlenbelastungen progressiv mit der Dauer der Strahlung steigt. Somit kann auch eine relativ niedrige Dosis, sofern diese zur Dauerbelastung wird, zu erheblichen Gesundheitsschäden führen.

2. Statistischer Messfehler

120 mrem/a bzw. 1,2 mSv/a entspricht der Hintergrundstrahlung in der BRD (Sonnen- und Erdstrahlung) die regional allerdings erheblich schwanken kann. Die übliche Hintergrundstrahlung einer Region bzw., eines Messplatzes, kann man ermitteln, in dem man das Strahlenmessgerät 2 Stunden laufen lässt, ohne dass eine künstliche Strahlenquelle in der Nähe ist. Die registrierten Impulse werden auf eine Minute umgerechnet.

Dieser Wert (Ipm) ist dann die erwähnte Nullrate. Nur Messwerte die über der Nullrate liegen sind ein Hinweis, dass eventuell eine zusätzliche radioaktive Strahlenbelastung vorliegt.

Alle Messungen sind mit einem statistischen Messfehler behaftet. Das ist durch die Tatsache bedingt, dass die radioaktive Strahlung zeitlich und räumlich nicht konstant, sondern unterschiedlich in Intervallen auftritt.

Der Messfehler errechnet sich aus der Wurzel der gezählten Impulse:

$$\text{Messfehler in \%} = 100 / \sqrt{N} \quad (N = \text{summe der gezählten Impulse})$$

Dies bedeutet, dass der Messfehler mit zunehmender Impulszahl abnimmt. Mit anderen Worten. je länger die Messung, umso genauer ist die Messung. So hat z.B. eine Messung von 100 Impulsen einen Messfehler von 10 %, bei 1.000 Impulsen sind das nur noch 3,2 % und bei 10.000 Impulsen 1 %. Bei Lebensmittelkontrollen ist grundsätzlich eine Mindestmessdauer von 10 Minuten zu empfehlen. Erfahrungsgemäß liegt bei 10-Minuten-Messungen und bei einer Nullrate von 17 Ipm der Toleranzwert bei 21 Ipm (17 + 4), d.h. nur die Impulse über 21 pro Minute resultieren aus einer zusätzlichen Strahlenbelastung.

Sollte die ermittelte Nullrate nicht bei 17, sondern z.B. bei 15 liegen (aufgrund regionaler Abweichungen), dann ist der Toleranzwert 19 (15 + 4) > siehe Abschnitt über die Nachweisgrenze!

3. Nachweisgrenze (NWG)

Die Nachweisgrenze eines Messgerätes errechnet sich aus der Nullrate der Mess-Sonde, die mit 3 multipliziert und zur Nullrate addiert wird.

$$\text{NWG} = 3 \times \sqrt{\text{Nullrate}}$$

Bei dem Zählrohr FSZ beträgt die Nullrate 17 Ipm. Die Wurzel aus dieser Nullrate von 17 Ipm beträgt 4,123, diese mal 3 = 12,369 Ipm, die zur Nullrate addiert werden.

$$\sqrt{17} \times 3 = 4,129 \times 3 = 12,369 \text{ Impulse (NWG)}$$

$$17 \text{ (Nullrate)} + 12,369 = \text{rd. } 29,369 \text{ Ipm} = \text{rd. } 29,5 \text{ Ipm Toleranzgrenze}$$

Bei einer 10-Minuten-Messung sinkt die Nachweisgrenze und damit auch der Toleranzwert:

$$17 \text{ Impulse (Nullrate)} \times 10 \text{ Minuten} = 170 \text{ Impulse}$$

$$\sqrt{170} \times 3 = 3 \times 13,03 = 39,09 \text{ Impulse} - \text{ also rd. } 39,1 \text{ Impulse}$$

$$39,1 \text{ Impulse} : 10 \text{ Minuten} = 3,9 \text{ Ipm (NWG)}$$

$$\text{somit ergeben } 17 \text{ Ipm (Nullrate)} + 3,9 \text{ Ipm (NWG)} = 20,9 \text{ Ipm Toleranzgrenze}$$

Wie man aus dem Beispiel ersehen kann, steigt die Messgenauigkeit mit der Messdauer durch die größere Zählausbeute. Wenn die Messgenauigkeit unbefriedigend bzw. Grenzwerte vorliegen, die keine klare Erkenntnisse zulassen, muss die Messdauer verlängert werden.

Für die Anwendung der Messtabelle im ANHANG ist Folgendes zu berücksichtigen:

1. Die Berechnung erfolgt für Cs-137,
2. bei Verwendung des Zählrohres FSZ als Tauchsonde ist der Wert in der Messtabelle mit dem Faktor 10 zu multiplizieren,
3. Bei der Probe handelt es sich um trockenes Schüttgut. Für die Messung ist die Probe zu trocknen und zu mahlen, ca. 50 – 100 g.

Bei einer 10-Minuten-Messung entsprechen

$$523 \text{ Impulse (52,3 Impulse} \times 10 \text{ Minuten)} = 100 \text{ Bq Cs-137}$$

eine NWG von 3,9 Impulse entsprechen somit

$$100 \text{ Bq} : 523 \times 3,9 = 0,75 \text{ Bq Cs-137}$$

Bei einer Messung von 1 Minute entsprechen

$$52,3 \text{ Impulse} = 100 \text{ Bq Cs-137}$$

eine NWG von 12,5 Impulse entsprechen somit

$$100 \text{ Bq} : 523 \times 12,5 = 2,39 \text{ Bq Cs-137}$$

Mit anderen Worten, das Zählrohr FSZ kann bei einer Verwendung als Tauchsonde und einer Messdauer von einer Minute ab 3 Bq Cs-137 nachweisen, bei einer Messdauer von 10 Minuten ist dies bereits ab 1 Bq möglich. Für die Hochrechnung auf 1 Kg müssen die Werte mit dem Faktor 40 multipliziert werden, weil die Sonde nur in einem Radius 2 cm die Strahlung im Behälter erfasst. Das entspricht bei einem Schüttgut etwa 2 – 30 Gramm, je nach Konsistenz.

Für die Hochrechnung sollte der exakte Wert von 0,75 Bq verwendet werden und nicht der gerundete Wert von 1 Bq.

4. Kontaminationsmessungen

Für Kontaminationsmessungen müssen Zählrohre eingesetzt werden, die BETA-Strahlung erfassen können. Damit die notwendige Nachweisempfindlichkeit gewährleistet wird, ist für die Kontaminationsmessung das Zählrohr FSZ ohne Schutzhülle einzusetzen. Die Sonden sind zwar abwaschbar, aber druckempfindlich, da der Metallmantel nur 1/10 mm dick ist.

Die Kontaminationsmessungen wird in Becquerel (Aktivität der Strahlung) gemessen und nicht, wie bei Dosismessungen, in Rem oder Sievert.

Bei Oberflächenmessungen werden Sonden mit einem empfindlichen Endfenster bevorzugt. Wenn aber nicht ausdrücklich ALPHA-Strahlung zu messen ist, sind Tauchsonden einzusetzen, die etwas robuster und einfacher in der Handhabung sind. Außerdem sind die Messergebnisse besser, weil diese auf die kontrollierten Strahlenquelle direkt aufgelegt werden könnten (abwaschbar). Durch den geringeren Abstand zur Strahlenquelle, ergibt sich eine höher Zählausbeute und damit werden die Messwerte genauer.

Bei Lebensmittelkontrollen ist das Zählrohr FSZ besonders leistungsfähig, wenn diese als Tauchsonde, eingesetzt wird. Durch den Geometriefaktor (Rundumstrahlungsaufnahme) wird eine wesentlich höhere Zählausbeute bewirkt. Aus dem Abschnitt statistische Messfehler und Nachweisgrenze wissen wir, um so höher die gemessene Impulsrate, um so kleiner der Messfehler und die Nachweisgrenze.

Weiterhin sollte, sofern das möglich ist, die zu prüfende Probe zermahlen und getrocknet werden, weil Flüssigkeit die Strahlung abschirmt. Die Trocknung kann im Backofen oder durch Mikrowellengerät erfolgen. Für die Messung sind in der Regel 50 bis 100 Gramm der Trockenmasse ausreichend, in die das Zählrohr zentriert zu platzieren ist.

Die zu messende Probe sollte vor dem Trocknen vorher gewogen werden, um den Messwert dann zum Normalgewicht der Probe in Relation gesetzt werden. Um einen Vergleichswert zu haben, werden diese Messwerte auf 1 Kg hochgerechnet, weil die offiziellen amtlichen Messwerte für Strahlenbelastungen in der Regel sich auf 1 Kg beziehen.

Wie bereits erwähnt, liegt der Tolleranzwert bei einer 10-Minuten-Messung bei 21 Ipm. Das bedeutet, werden bei einer 10-Minuten-Messung maximal 210 Impulse angezeigt, liegt der Messwert innerhalb der zulässigen Toleranz bzw. ist keine zusätzliche Strahlenbelastung nachzuweisen. Liegt der ermittelte Messwert über 210 Impulse (10 Minuten), dann entspricht jeder zusätzlich erfasster Impuls 10 Bq/kg > ermittelter Wert durch Prüfstrahler > K-40.

Diese Berechnung ist eine Faustregel, die je nach Nuklid (Strahlenquelle) +/- 30 % schwanken kann.

Wie bereits erwähnt, bezieht sich der ermittelte Messwert auf das Normalgewicht der Probe, sofern diese für die Messung getrocknet wurde. Handelt es sich um trockenes Schüttgut, wie Kaffee, Tee, Kakao, Drogen aller Art, Milchpulver usw. ist eine Umrechnung nicht erforderlich. Grundsätzlich ist der ermittelte Messwert auf 1 Kg umzurechnen. Die Sonde erfasst die Strahlung im Schüttgut im Radius von ca. 2 cm. Deshalb ist es egal ob die Messung mit der Sonde in einem Fass mit 100 Liter Volumen oder in einem 100 Gramm Behälter erfolgt. Gemessen werden ohnehin nur 20 - 30 g > +/- 30 % abhängig von der Konsistenz der Probe, die unmittelbar um die Sonde platziert ist. Die Messung und die Umrechnung des Messwertes ist deshalb genauer, wenn die Probe vorher gewogen wurde.

Beispiel: Bei einer 10-Minuten-Messung werden 250 Impulse gezählt. Die Nullrate liegt bei 17 Ipm und somit sind bei einer 10-Minuten-Messung 210 Impulse noch innerhalb der Toleranz. Jeder Impuls darüber bedeutet 10 Bq nicht natürliche Strahlenbelastung:

$$250 \text{ Impulse abzüglich } 210 \text{ Toleranzwert} = 40 \text{ Impulse}$$

$$40 \text{ Impulse} \times 10 \text{ Bq} = 400 \text{ Bq/kg zusätzliche Strahlung}$$

Diese 400 Bq müssen als Mindestwert der Strahlenbelastung angesehen werden, da der Toleranzbereich (170 - 210 Impulse) bei einer 10-Minuten-Messung auch noch einen Anteil künstliche Strahlenbelastung enthalten kann, der aber nicht nachgewiesen werden kann, weil dieser außerhalb der Nachweisgrenze liegt. Mit hoher Wahrscheinlichkeit liegt die Strahlenbelastung zwischen 400 und 800 Bq/kg, wobei nur die 400 Bq nachgewiesen werden können.

Für genauere Messungen muss die Messzeit verlängert werden oder man nutzt für diese Messung große stationäre Laborgeräte aus.

5. Messungen in Flüssigkeiten

Bei Messungen in Flüssigkeiten gelten andere Gesetze, da Flüssigkeiten die Strahlung abschirmt. Je nach dem wie groß der Wasseranteil in der Messprobe ist, ist auch der Abschirmungseffekt größer oder kleiner. Die Mess-Sonden können deshalb die Strahlung, wenn überhaupt, nur teilweise erfassen.

Durch Hochkonzentrieren der Proben, in dem der Wasseranteil verdunstet wird, werden auch die Messergebnisse besser. Grundsätzlich muss man davon ausgehen, dass im Wasser und in ähnlichen Flüssigkeiten nur 10 % der Strahlung gemessen werden kann.

Das Zählrohr FSZ wurde für Messungen in Flüssigkeitsmessungen entwickelt. Natürlich sind damit auch die üblichen Oberflächenmessungen möglich, aber die volle Leistungsfähigkeit hat diese Sonde bei Tauchmessungen. Bei dem Zählrohr FSZ ist serienmäßig eine Litze von 1 m mit der Sonde fest verbunden, die ebenfalls wasserdicht und abwaschbar ist – Tauchtiefe 1 m.

Bei dem Tauchzählrohr FSZ liegt die Nachweisgrenze in 100 ml unkonzentrierter Flüssigkeit mit Cs-137

bei einer Messzeit von 10 Minuten bei 63 Bq Cäsium-137

und bei einer Messzeit von 20 Minuten bei 46 Bq Cäsium-137.

Dies entspricht 630 Bq bzw. 460 Bq auf 1 Liter! Damit ist es möglich, Flüssigkeiten auf unzulässige Kontaminationen zu überprüfen. In der EG werden Kontaminationen mit Cs-137 bis 600 Bq pro Liter für unbedenklich gehalten.

Bei Kindernahrung soll der Wert der zulässigen Kontamination bei max. 300 Bq pro Liter liegen. Außerdem gibt es einige regionale Sonderregelungen, wobei aber meistens die zulässigen Grenzwerte weit über 600 Bq/Liter liegen. Sofern die Messungen grenzwertig sind, werden die Proben durch Trocknen hochkonzentriert, wenn man nicht mit sehr langen Messungen das Problem lösen will.

6. Messungen von Kalium (K-40) im Kaffee, Tee, Kakao usw.

Bei Messungen im Kaffee, Tee, Kakao, Tabak, also vorwiegend in allen industriell angebauten Lebens- und Genussmittel, wird man bei der Verwendung der Tauchsonde FSZ eine erhöhte Strahlung feststellen. Bei dieser Strahlung handelt es sich um das natürliche Radionuklid K-40.

Pro Gramm Kalium werden 32,5 Bq emittiert und zwar

BETA-Strahlung mit max. 1.312 keV zu 89,3 %

und GAMMA-Strahlung mit 1,461 keV zu 10,7 %

Cäsium-137 z.B. setzt BETA-Strahlung mit 514 keV und GAMMA-Strahlung mit 662 keV frei. Kalium ist etwa zu 20 % in Dünger enthalten und wird demzufolge auch in Pflanzen eingelagert, die wir als Lebensmittel konsumieren. Nach Ansicht der Medizin und Behörden ist dies nicht gefährlich, weil überschüssiges Kalium im Körper wieder kurzfristig abgebaut und ausgeschieden wird.

Das Zählrohr FSZ als Tauchsonde zeigt die Strahlung mit 1,5 Ipm pro 100 Bq an (10-Minuten-Messung)

Wenn man im Kaffeepulver nach einer 10-Minuten-Messung 230 Impulse feststellt, bei einer Nullrate von 17 Ipm (nach 10 Minuten sind das 170 Impulse), dann sind das 60 Impulse über der Nullrate. Auf eine Minute umgerechnet sind das 23 Ipm, wobei 21 Ipm die Toleranzschwelle ist.

1,5 Ipm bzw. 15 Impulse in 10 Minuten entsprechen 100 Bq K-40

somit sind 60 Impulse (10 Minuten) bzw. 6 Ipm

100 Bq : 15 x 60 = 400 Bq K-40

bzw. $\frac{100 \times 6}{1,5} = 400 \text{ Bq K-40}$

Im gefriergetrockneten Kaffee-Extrakt werden weit über 1.000 Bq zu finden sein. Ebenso in bestimmten in bestimmten Kakao-Sorten – um so mehr dieser entölt ist, um so niedriger ist die Strahlung. Das eingelagerte Kalium (K-40) ist wasserlöslich. Wenn Zweifel besteht, ob die Strahlung der Probe tatsächlich von dem Nuklid K-40 verursacht wird, dann brüht man das Kaffeepulver oder den Tee. Der verbleibende Kaffeesatz, Tee oder was es sonst sein mag, wird nach dem Trocknen gemessen. Dieser Kaffee- oder Teesatz dürfte keine Strahlung mehr aufweisen. Das K-40 wurde mit der Flüssigkeit, die später getrunken wird, dem Kaffee oder Tee entzogen.

M e s s t a b e l l e

Bei dieser Messtabelle wurden Eichstrahler von 6 verschiedenen Nukliden, die bei möglichen Störfällen in Kernkraftwerken freigesetzt werden können, mit den unten aufgeführten Sonden gemessen. Es wurden Eichstrahler mit 100 Bq und 1.000 Bq eingesetzt. Aus der Messzeit von 10 Minuten wurden die Impulse pro Minute in der Tabelle hinterlegt, wobei die Nullrate der Zählrohre von dem Messwert abgezogen wurde. Es handelt sich somit um Nettoimpulsraten (ohne Hintergrundstrahlung).

Für diese Messung wurde ein Abstand von 30 mm gewählt > kleinere Abstände ergeben eine höhere Impulsrate, große Abstände eine entsprechend niedrigere Zählrate.

Hinweis: Die Strahlung nimmt im Quartrat mit zunehmender Entfernung ab.

Nuklid	Endfensterzählrohre		Tauchzählrohre	
	Typ A	Typ G	Typ B	Typ FSZ
- I p m -				
100 Bq				
J-131	26,2	63	13,5	27,5
Cs-137	35,6	143	27,3	52,3
Sr-90	36,0	155	29,1	59,0
Sr-90 + Y-90	84,6	363	100,3	203,4
Uran	15,9	64	28,9	57,0
Thorium	19,3	74	31,2	62,1
1.000 Bq				
J-131	262	626	135	275
Cs-137	356	1431	273	523
Sr-90	360	1550	291	590
Sr-90 + Y-90	846	3630	1003	2034
Uran	159	638	289	570
Thorium	193	744	312	621

Erläuterungen zur Handhabung der Messtabelle

Wie man feststellen kann, verhalten sich die Impulse der Zählrohre zu den Becquerelwerten proportional. Mit anderen Worten, die höheren Impulszahlen bedeuten entsprechend höhere Becquerelwerte. Somit sind Rückschlüsse auf andere Messungen möglich.

Ist z.B. ein bestimmter Gegenstand auf Kontamination mit ¹³⁷Cäsium zu überprüfen, sollte eine 10-Minuten-Messung in 30 mm Abstand zur Probe durchgeführt werden. Das auf 1 Minute umgerechnete Ergebnis ist dann mit der Messtabelle in Relation zu setzen.

BEISPIEL: Eine 10-Minuten-Messung an einer Probe mit Cäsium-137 mit dem Zählrohr Typ FSZ, zeigt nach Ablauf der Messzeit einen Messwert von 500 Impulsen.
Nach Umrechnung auf 1 Minute ($500 : 10 = 50$ Ipm) und nach Abzug der Nullrate (17 Ipm) verbleibt noch eine Netto-Impuls-Rate von 33 Ipm.
In der Messtabelle stehen bei 100 Bq Cs-137 in der Spalte für das Zählrohr Typ FSZ 52,3 Ipm. Somit entsprechen 33 Ipm

$$\underline{100 \text{ Bq} : 52,3 \times 33 \text{ Ipm} = 63 \text{ Bq Cs-137}}$$

Sofern die Probe z.B. 20 Gramm wiegt, ist dieser Wert auf 1 kg hochzurechnen = $63 \text{ Bq} \times 50 = 3.150 \text{ Bq Cs-137/kg}$

Wie die Erfahrung zeigt, stimmen die Voraussetzungen einer Messung oft mit denen der Messtabelle nicht überein. Bei den Oberflächenmessungen mit den Zählrohren wird in der Regel ein kürzerer Abstand gewählt. In der Regel 5 mm. Bei einem Abstand von 5 mm ist die Impulszahl 5 mal höher als in der Messtabelle angegeben. Das bedeutet, vor der Umrechnung in Bq ist der Wert in der Messtabelle mit dem Faktor 5 zu multiplizieren. Somit würden 261,5 Ipm ($52,3 \times 5$) 100 Bq entsprechen. Umgerechnet auf die obigen 33 Ipm sind das

$$100 : 261,5 \times 33 \text{ Ipm} = 12,6 \text{ Bq Cs-137}$$

Die Tauchzählrohre werden in der Regel nicht für Oberflächenmessungen eingesetzt. Als Tauchsonden sind diese viel leistungsfähiger. Im Einsatz als Tauchsonde muss der Wert in der Messtabelle sogar mit dem Faktor 10 multipliziert, werden um vergleichbare Ergebnisse zu erzielen. D.h. der Wert in der Messtabelle für FSZ und 100 Bq Cs-137, mit 52,3 Ipm, sind durch 523 Ipm ($52,3 \times 10$) zu ersetzen. Somit ergeben 20 Bq lediglich eine Strahlenbelastung von

$$100 : 523 \times 33 \text{ Ipm} = 6,3 \text{ Bq Cs-137}$$

Hinweis: ¹³⁷Es ist davon auszugehen, dass die bestehende Kontamination durch radioaktive Strahlung in Europa, vorwiegend eine Folge der Katastrophe in Tschernobyl ist. Die flächendeckende Strahlenbelastung resultiert vorwiegend aus dem Nuklid „Cäsium-137“.

Hinweise zur Handhabung der Mess-Sonden B und FSZ bei Messungen in der Umwelt, bzw. im mobilen Einsatz

Grundsätzlich wurde die Messtabelle (S. 8) angefertigt um festzustellen, ob die Zählrohre eichfähig bzw. kalibrierfähig sind.

Im mobilen Einsatz des Messgerätes, außerhalb des Labors, wird man kaum solch reine Nuklide antreffen. Die Messtabelle gilt mehr für pädagogische Zwecke an Gymnasien und Universitäten, wo mit entsprechenden Nukliden gearbeitet wird. Nicht vermischte oder abgeschirmte Nuklide dürfte man im mobilen Einsatz (Umwelt) kaum antreffen.

Wir haben deshalb Gutachten in Auftrag gegeben, in denen Messungen durchgeführt wurden, die mehr der Realität im mobilen Einsatz entsprechen. So wurde eine Versuchsanordnung geschaffen, bei der das Tauchzählrohr Typ B und FSZ sowohl als Flächenzählrohr (Oberflächenmessung) als auch als Tauch- Sonde eingesetzt wurde.

1. Das Messobjekt war Tee, das mit Cäsium 137 und Cäsium 134 kontaminiert wurde. Zuerst wurde festgestellt, welche Menge Tee durch die Tauchsonde messbar ist, d.h. eine Kontamination nachgewiesen werden kann. Es hat sich herausgestellt, dass 35.5 g Tee das Optimum ist. Bei größerer Menge Tee kann die Strahlung durch die Tauchsonde nicht mehr erfasst werden. Das ist wichtig für die Hochrechnung auf 1 kg. Das bedeutet, der gemessene Wert der Strahlung muss mit 28 multipliziert werden, um den Wert für 1 kg zu erhalten.

Diese Hochrechnung ist bei allen handelsüblichen mobilen Strahlen-Messgeräten üblich und notwendig, weil die üblichen Vergleichswerte sich auf die Aktivität der Masse pro kg beziehen. Die Tee-Probe mit 35.5 g war mit 749,9 Becquerel Cs-137 und mit 87,4 Becquerel Cs-134 kontaminiert – Gesamtaktivität somit 837,3 Becquerel.

Bei dem Einsatz der Zählrohren B und FSZ als Tauchsonden wurden bei dem kontaminierten Tee folgende Netto-Impulsraten (ohne Nullrate) bei den Zählrohren B und FSZ gemessen:

$$\text{Typ B} = 92,2 \text{ lpm} \pm 2,5 \qquad \text{Typ FSZ} = 176,2 \text{ lpm} \pm 3,4$$

lpm = Impulse pro Minute. Somit entspricht bei dem Zählrohr B 1 lpm ($837,3 : 92,2$) 9 Becquerel. Auf 1 kg hochgerechnet sind das (9×28) 252 Becquerel

Bei dem Zählrohr FSZ entspricht 1 lpm ($837,3 : 176,2$) 4,75 Becquerel. Somit auf 1 kg hochgerechnet sind das ($4,75 \times 28$) 133 Becquerel

Das ist auch jeweils die Nachweisgrenze dieser Mess-Sonden bei dem Einsatz als Tauchsonde!

2. Einen weiteren Mess-Aufbau erfolgte für Messungen in Flüssigkeiten mit den beiden Tauchsonden.

Cäsium 137 wird in einer 50 ml Lösung aufgelöst, die mit 55500 Becquerel (1,5 µCi) markiert war. Die Messungen erfolgten durch Eintauchen der Mess-Sonden in die kontaminierte Flüssigkeit.

Bei dem Zählrohr B wurde eine Netto-Impulsrate von 1.591,7 lpm gezählt. Bezogen auf die 55500 Gesamtaktivität sind das 34,86 Bq pro lpm ($55000 : 1.591,7$). Bezogen auf einen Liter ($\times 20$) sind das 697 Bq/Liter.

Hinweise zur Handhabung der Mess-Sonden B und FSZ

Bei dem Zählrohr FSZ wurde eine Netto-Impulsrate von 3.297,2 Imp gemessen. Bezogen auf die 55000 Gesamtaktivität sind das 16,83 Bq pro lpm. Auf ein Liter hochgerechnet ($\times 20$) sind das 336 Bq/Liter.

Solche Messungen sind besonders bei Lebensmittel mit hohem Flüssigkeitsanteil von Bedeutung.

Je nach Konsistenz der zu messenden Probe (unterschiedlichen Flüssigkeitsanteil) können die Werte schwanken. Umso geringer der Flüssigkeitsanteil, umso niedriger die Nachweisgrenze. Flüssigkeit hat einen besonders hohen Strahlen abschirmenden Effekt (Selbstabsorption). Die Messwerte dürfen bei dem Zählrohr FSZ zwischen 4,45 Bq pro lpm (trockenes Schüttgut) und 16.8 Bq pro lpm (reiner Flüssigkeit) liegen.

Abweichende Messwerte können auch durch Schwankungen der Hintergrundstrahlung verursacht werden, die durch unterschiedliche Wetterbedingungen (Windrichtung) bedingt sein können. Eine Toleranz bis $\pm 20\%$ sind bei Messungen der radioaktiven Strahlung im mobilen Einsatz üblich, unabhängig von der Bauart der Messgeräte.

Wir dürfen darauf hinweisen, dass für diese Mess-Werte jeweils Gutachten vorliegen, die von der Technischen Universität Darmstadt – Institut für Kernchemie – erstellt wurden. Für die Messungen wurden Präparate zu Kontamination der Proben von der Physikalisch Technischen Bundesanstalt in Braunschweig verwendet.

3. In einer weiteren Versuchsanordnung wurden die beiden Mess-Sonden für Oberflächenmessungen eingesetzt – einmal mit einem Abstand von 3 cm und in einer weiteren Versuchsanordnung werden die Sonden direkt auf die kontaminierte Tee-Probe aufgelegt. Es handelt sich einmal um die gleiche kontaminierte Tee-Probe wie unter Punkt 1 und um eine weitere kleinere Tee-Probe von 4.53 g, die breitflächig aufgetragen wurde. Diese kleiner Probe ist mit 94,4 Bq Cs-137 und mit 12,5 Bq Cs-134 kontaminiert, also insgesamt 106,9 Bq.

3.1 Es wurden bei dem Zählrohr folgende Netto-Impulsraten gemessen:

a) Kleine Tee-Probe (4,53 g):	Netto-Impulsrate direkt an der Oberfläche	18,1 lpm \pm 1,1
Mess-Sonde B	Netto-Impulsrate mit 3 cm Abstand	2,9 lpm \pm 0,6
b) Große Tee-Probe (35,5 g):	Netto-Impulsrate direkt an der Oberfläche	39,3 lpm \pm 1,6
Mess-Sonde B	Netto-Impulsrate mit 3 cm Abstand	13,9 lpm \pm 1,5
a) Kleine Tee-Probe (4,53 g):	Netto-Impulsrate direkt an der Oberfläche	31,4 lpm \pm 1,4
Mess-Sonde FSZ	Netto-Impulsrate mit 3 cm Abstand	6,2 lpm \pm 0,9
b) Große Tee-Probe (35,5 g):	Netto-Impulsrate direkt an der Oberfläche	69,5 lpm \pm 2,1
Mess-Sonde FSZ	Netto-Impulsrate bei 3 cm Abstand	28,6 lpm \pm 1,6

Die deutlich niedrigere Zählausbeute (Empfindlichkeit) bei Oberflächenmessungen zeigen dass die Mess-Sonden B und FSZ als Tauchsonden bevorzugt einzusetzen sind. Mit zunehmenden Abstand von der Strahlenquelle sinkt die Zählausbeute (Empfindlichkeit) erheblich.

Faustregel: Mit zunehmendem Abstand von der Strahlenquelle sinkt die Strahlung im Quadrat.