

TU DRESDEN

FORTGESCHRITTENENPRAKTIKUM

PRAKTIKUMSBERICHT

Dosimetrie

Author:

Toni EHMCKE
Christian SIEGEL

Betreuer:

Birgit SCHNEIDER

Dresden, 27. Oktober 2015

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	2
2	Aufgabenstellung	3
2.1	Strahlenschutzkontrollmessungen	3
2.2	Winkelabhängigkeit einer Ionisationskammer	3
2.3	Abschätzung der Dosisleistung für γ -Strahler	3
2.4	Dosismessung mit BeOmax und Abstandsquadratsgesetz . . .	3
2.5	Winkelabhängigkeit der kollimierten Quelle	4
3	Physikalischer Hintergrund	4
3.1	Strahlungsfeldgrößen	4
3.2	Dosisgrößen	4
3.3	Aktivität	5
3.4	Abstandsquadratsgesetz	5
3.5	Messprinzip: Ionisationskammer	5
3.6	Messprinzip: BeOMax-Dosimetriesystem	6
4	Durchführung	6
4.1	Strahlenschutzkontrollmessungen	6
4.2	Winkelabhängigkeit einer Ionisationskammer	7
4.3	Abschätzung der Dosisleistung für γ -Strahler	8
4.4	Dosismessung mit BeOmax und Abstandsquadratsgesetz . . .	8
4.5	Winkelabhängigkeit der kollimierten Quelle	9
5	Auswertung	10
6	Literaturverzeichnis	11

1 Einführung

Hallo Einführung!

2 Aufgabenstellung

Im Experiment werden wir die folgenden Aufgabenstellungen bearbeiten:

2.1 Strahlenschutzkontrollmessungen

Zunächst bestimmen wir die Dosisleistung in den Bestrahlungsräumen bei geschlossener und geöffneter Quelle an Positionen, an denen später gemessen wird und an denen wir uns häufig aufhalten werden. Dies hat den Zweck der Überwachung der durch die Experimentatoren aufgenommenen Dosis und des Strahlungshintergrundes, welcher die spätere Dosismessung beeinflussen kann. Dabei werden wir diskutieren wie lange man sich an einer Position aufhalten kann, um die gesetzlich geforderten Strahleschutzwerte einzuhalten.

2.2 Winkelabhängigkeit einer Ionisationskammer

Mit Hilfe einer Stielkammer ($V = 30,0 \text{ cm}^3$) soll die Richtungsabhängigkeit der Ionisationskammer bei einem festem Abstand ($d = 0.5 \text{ m}$) und variablem Azimutalwinkel ϕ untersucht werden. Dies dient der Ermittlung der optimalen Ausrichtung der Kammer zur Bestimmung der Referenzdosisleistung für die spätere OSL-Dosimetrie.

2.3 Abschätzung der Dosisleistung für γ -Strahler

Für eine ^{137}Cs -Quelle soll die Dosisleistung für festen Abstand ($d = 0.5 \text{ m}$) und unter dem oben ermittelten Winkel ϕ als Referenzdosis bestimmt werden. Dabei kann

$$\dot{D} = \frac{A \cdot \Gamma}{d^2} \quad (1)$$

abgeschätzt werden. Dabei sind:

d: Abstand zur Quelle

A: Aktivität der Quelle am Versuchstag(22.10.2015),

Referenzwert $A(27.02.2008) = 5,0 \text{ GBq} \equiv A_0$

Γ : Dosisleistungskonstante

2.4 Dosismessung mit BeO_{max} und Abstandsquadratsgesetz

Wir werden anschließend mit Hilfe des BeO_{max} -OSL-Dosimetriesystems eine Dosismessung vornehmen. Da dieses Messsystem ein relatives Vorgehen verlangt, wird die Messung in zwei Schritten vorgenommen: 1) der Kalibrierung mit einer bekannten Dosis ($d = 0.5 \text{ m}$) durch Ermittlung des Ansprechvermögens ϵ und 2) der Dosisbestimmung einer unbekannten Dosis (d variabel). Dabei untersuchen wir gleichzeitig die Gültigkeit des Abstandsquadratsgesetzes.

2.5 Winkelabhängigkeit der kollimierten Quelle

Wir haben bei diesem Versuch eine kollimierte ^{137}Cs -Quelle verwendet. Dabei werden wir die Abhängigkeit der Dosisleistung vom senkrechten Abstand zum Strahlmittelpunkt bestimmen.

3 Physikalischer Hintergrund

3.1 Strahlungsfeldgrößen

Zunächst definieren wir einige Größen zur Charakterisierung von Strahlungsfeldern.

Definition 1 (Teilchenbezogene Größen) .

Die Teilchenflussdichte φ ist definiert als:

$$\varphi = \frac{d^2N}{dA_{\perp} \cdot dt}, \quad [\varphi] = 1/m^2s$$

Sie gibt damit die Zahl d^2N aller Teilchen an, die im Zeitintervall dt senkrecht die Großkreisfläche dA_{\perp} passieren.

Integriert man die Teilchenflussdichte über ein endliches Zeitintervall $[t_1, t_2]$ erhält man die Teilchenfluenz Φ :

$$\Phi = \frac{dN}{dA_{\perp}} = \int_{t_1}^{t_2} \varphi \, dt, \quad [\Phi] = 1/m^2$$

Definition 2 (Energiebezogene Größen) .

Die Energieflussdichte ψ ist definiert als:

$$\psi = \frac{d^2W}{dA_{\perp} \cdot dt}, \quad [\psi] = J/m^2s$$

Sie gibt die Summe d^2N aller Energien(ohne Ruheenergien) an, die im Zeitintervall dt senkrecht die Großkreisfläche dA_{\perp} passieren.

Analog definiert man die Energiefluenz Ψ :

$$\Psi = \frac{dN}{dA_{\perp}} = \int_{t_1}^{t_2} \psi \, dt, \quad [\Psi] = J/m^2$$

3.2 Dosisgrößen

Wir definieren nun die wesentlichen Größen zur Charakterisierung der Wechselwirkung/Schädigung von Materie mit ionisierender Strahlung.

Definition 3 (Dosisgrößen)

Die Dosis D ist ein Maß des Energieübertrags dE ionisierender Strahlung auf ein Materie-Massenelement dm :

$$D = \frac{dE}{dm}, [D] = J/kg \equiv Gy \text{ (Gray)} \quad (2)$$

Die zeitliche Änderung der Dosis \dot{D} nennt man Dosisleistung.

Will man berücksichtigen, dass die Schädigung biologischen Gewebes sowohl von der Strahlungsart R als auch von der Gewebeart T abhängt, führt man die Wichtungsfaktoren w_R und w_T ein, um die für den Strahlenschutz wesentliche Messgröße der effektiven (Äquivalent-)Dosis H_E zu definieren:

$$H_E = \sum_{R,T} w_R \cdot w_T \cdot D_{R,T}, [H_E] = J/kg \equiv Sv \text{ (Sievert)} \quad (3)$$

3.3 Aktivität

Um die Dosisleistung für die gegebenen γ -Strahler in Aufgabe 2.3 abzuschätzen, benötigen wir die Aktivität A als Maß für die Anzahl der spontanen Kernumwandlungen pro Zeiteinheit. Mit dem exponentiellen Zerfallsgesetz erhalten wir:

$$A(t) = A(t=0) \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T_{1/2}}}, [A] = 1/s \equiv Bq(\text{Bequerel}) \quad (4)$$

Hier bei ist $T_{1/2}$ die Halbwertszeit des gegebenen Isotops.

3.4 Abstandsgesetz

3.5 Messprinzip: Ionisationskammer

Grob gesprochen ist eine Ionisationskammer ein (beliebig geformter) Kondensator, dessen Dielektrikum gasförmig (in unserem Fall Luft) vorliegt. Tritt ionisierende Strahlung in das Kammervolumen, so entstehen durch Wechselwirkung mit den Gasteilchen Elektronen-Ionen-Paare (Primärteilchen). Die dabei herausgelösten Ladungsträger gelangen nun im Idealfall durch Coulomb-Wechselwirkung zu einer Kondensatorplatte, wo sie nun als Stromfluss I nachgewiesen werden können. Wie wir später sehen werden ist der Stromfluss proportional zu unserer zu ermittelnden Dosis.

Ist die Kondensatorspannung (und somit auch die Feldstärke) zu niedrig, bewegen sich die geladenen Teilchen zu langsam und die Rekombinations-Wahrscheinlichkeit steigt. Ist sie andererseits zu groß, werden die Primärteilchen zu stark beschleunigt, sodass sie lawinenartig weitere Ionisationen auslösen und Sekundärladungsträger erzeugen. Beide Fälle würden die Messung verfälschen, wodurch man eine Kompromisslösung im sogenannten Sättigungsbereich finden muss.

Bezeichnen wir den mittleren Energieaufwand pro Ionisation mit w , den Gesamtenergieaufwand mit E und die Anzahl der Ionisationen mit N , erhalten wir mit Definition (2) die für Aufgabe 2.2 entscheidende Formel:

$$w = E/N \quad (5)$$

$$D = \frac{dE}{dm} = \frac{E}{m} = \frac{w \cdot N}{\rho \cdot V} \quad (6)$$

$$I = e \cdot \dot{N} : \dot{D} = \frac{w}{e \cdot \rho \cdot V} \cdot I \quad (7)$$

Das heißt für näherungsweise konstante Dosisleistungen im Zeitintervall Δt erhalten wir die Proportionalität zwischen dem Stromfluss und der Dosis:

$$D(t) = D(t_0) + \int_{t_0}^t \dot{D}(\tau) d\tau \approx \frac{w \cdot \Delta t}{e \cdot \rho \cdot V} \cdot I \quad (8)$$

Nun wollen wir noch die Abhängigkeit des Ergebnisses vom Druck p und der Temperatur T berücksichtigen:

$$\rho = \rho_0 \cdot \frac{T_0}{T} \cdot \frac{p}{p_0}; \quad \rho_0 = 1,20 \frac{kg}{m^3}; \quad T_0 = 293,15 \text{ K}; \quad p_0 = 101,3 \text{ kPa} \quad (9)$$

Natürlich hängt die Luftdichte ρ auch von der Luftfeuchte f abhängig. Diese werden wir zwar überwachen, allerdings nicht korrigieren.

3.6 Messprinzip: BeOMax-Dosimetriesystem

4 Durchführung

4.1 Strahlenschutzkontrollmessungen

Im Ersten Arbeitsschritt haben wir die Dosen an verschiedenen Stellen im Versuchsraum vermessen. Dabei ist zu beachten, dass das verwendete Dosimeter Messwerte über einen bestimmten Zeitraum (ca. 30 Sekunden) mittelt. Außerdem handelt es sich um die Dosen, welche am morgen zum Arbeitsbeginn gemessen wurden. Im Zweiten Schritt haben wir mittels vier der BeO-Sonden, die von der Betreuerin am 21.10.2015 um 16:30 Uhr im Raum verteilt deponiert wurden, am Nachmittag des Versuchstages (23.10.15) um 15 Uhr ausgelesen.

Ort	\dot{D} [Sv/s]	D [mSv]	t_{max} [h/d]
Arbeitsplatz (vor PC)	0,15	1,31	
50cm hinter Quelle	0,77	6,75	
50cm rechts der Quelle	2,28		
50cm links der Quelle	2,41		
50cm vor der Quelle	6,34	55,53	
8cm hinter der Quelle	5,20		
8cm vor der Quelle	61,20	536,11	
50cm hinter Quelle	1,06	9,29	
50cm rechts der Quelle	2,68		
50cm links der Quelle	3,22		
Ort	BeO-Nr.	LS [mVs]	D [mGy]
„Mitfahrer vor Quelle“	003337	14,19	0,5028
Auf Steckerleiste:			
1,8m vor Quelle	003353	1,73	0,0587
neben Quelle	003350	1,14	0,0437
hinter Quelle	003376	0,19	0,0066

Die BeO-Nummer ist die Identifikationsnummer des Sensors. Dadurch lassen sich alle Daten nochmals zurückverfolgen, da sich die Auswertesoftware die Nummern und die Verwendung der Sensoren merkt. LS bedeutet hier das gemessene Lichtsignal.

4.2 Winkelabhängigkeit einer Ionisationskammer

Nun wenden wir uns der Messungen bezüglich der Winkelabhängigkeit der Ionisationskammer zu. Es handelt sich um eine ... Ionisationskammer. Die Messung startet bei 180° . Eine Messung dauert jeweils 60 Sekunden.

α [°]	d [m]	D_0 [μ Gy]	\dot{D}_0 [μ Gy/s]	\dot{D} [μ Gy/s]
180	0,50	18,29	0,304	0,308
150	0,50	18,26	0,304	0,308
120	0,50	17,94	0,299	0,303
90	0,50	17,66	0,294	0,297
60	0,50	17,49	0,292	0,295
30	0,50	17,19	0,287	0,290
0	0,50	17,24	0,288	0,291
330	0,50	17,38	0,290	0,293
300	0,50	17,52	0,292	0,295
270	0,50	17,81	0,297	0,300
240	0,50	18,13	0,302	0,306
210	0,50	18,26	0,305	0,309
180	0,50	18,39	0,306	0,310

d [m]	Δt [min]
0,2	0,78
0,3	1,76
0,4	3,12
0,5	4,88
0,6	7,03
0,7	9,56
0,8	12,49
0,9	15,81
1,0	19,51

4.3 Abschätzung der Dosisleistung für γ -Strahler

Als nächstes widmeten wir uns der Messung der Dosis in verschiedenen Abständen. Dieses Mal verwendeten wir das *BeOmax*-System. Wir verwenden immer vier der Beo-Chips in einer nahezu quadratischen Anordnung zwischen zwei verschieden dicken Plexiglas-Platten. Die dickere Platte zeigt stets von der Quelle weg. Die BeO's müssen immer mit etwa $\Delta D = 120 \mu\text{Gy}$ bestrahlt werden, was bei verschiedenen Abständen d zu verschiedenen Messzeitintervallen führt. Unter Verwendung von (1) und (4) erhalten wir als Abschätzung für die Bestrahlzeit:

$$\Delta t = \frac{d^2 \cdot \Delta D}{A(t) \cdot \Gamma} = 2^{\frac{t}{T_{1/2}}} \cdot \frac{d^2 \cdot \Delta D}{A_0 \cdot \Gamma} \quad (10)$$

4.4 Dosismessung mit *BeOmax* und Abstandsquadratsgesetz

Zunächst führen wir eine Kalibrationsmessung durch, um das Ansprechvermögen $\epsilon = (LS - LS_0)/D_{ref}$ zu bestimmen. In Abschnitt 4.2 haben wir dafür die Dosisleistung bei $d = 0,5 \text{ m}$ und $\alpha = 180^\circ$ mit $\dot{D}_{ref} = (0,309 \pm 0.001) \mu\text{Gy/s}$ bestimmt. Es ergibt sich durch die längere Messzeit von $\Delta t = 292,8 \text{ s}$ eine Dosis von $D_{ref} = \dot{D}_{ref} \cdot \Delta t = (90,5 \pm 0,4) \mu\text{Gy}$. Wobei ein systematischer Fehler bei der Zeitmessung von $\Delta(\Delta t) = 0,5 \text{ s}$ als Reaktionszeit angenommen wurde. Wir wiederholen nun die Messung mit dem *Beomax*-System und bestimmen das Ansprechvermögen:

d [m]	BeO-Nr.	LS ₀ [mVs]	LS [mVs]	$\epsilon [\frac{\text{mVs}}{\mu\text{Gy}}]$
0,5	003305	0,66	2,84	0.024
	003398	0,85	3,68	0.031
	003372	0,77	3,34	0,028
	003312	0,81	3,18	0,026

Damit können wir nun das gemessene Lichtsignal für alle unbekannten Dosen umrechnen. Dies sei hier exemplarisch für die Messung bei $d = 0,6\text{ m}$ vorgeführt:

d [m]	BeO-Nr.	LS₀ [mVs]	LS [mVs]	$\epsilon [\frac{mVs}{\mu Gy}]$
0,6	003305	0,66	2,84	0,024
	003398	0,85	3,68	0,031
	003372	0,77	3,34	0,028
	003312	0,81	3,18	0,026

d [m]	BeO-Nr.	LS₀ [mVs]	LS [mVs]	D [mGy]
0,3	003305	0,65	1,99	0,0853
	003398	0,86	2,52	0,0863
	003372	0,79	2,28	0,0850
	003312	0,84	2,09	0,0846
0,4	003302	0,93	2,09	0,0883
	003332	0,70	2,59	0,0899
	003395	1,04	2,09	0,0870
	003325	2,16	2,99	0,1415
0,7	003312	0,82	2,48	0,1005
	003305	0,69	2,36	0,1008
	003398	0,88	3,00	0,1025
	003372	0,78	2,69	0,1002
0,8	003397	0,66	2,36	0,1011
	003388	0,72	2,73	0,1025
	003364	0,74	2,39	0,1078
	003338	0,61	2,70	0,1004
0,905	003325	2,18	2,15	0,1019
	003395	1,05	2,38	0,0988
	003332	0,69	3,05	0,1056
	003302	0,91	2,50	0,1056
1,0	003372	0,80	2,71	0,1010
	003312	0,82	2,57	0,1038
	003398	0,86	3,08	0,1051
	003305	0,67	1,83	0,0785

4.5 Winkelabhängigkeit der kollimierten Quelle

Zuletzt interessiert uns die Strahlaufweitung unserer Quelle. Dafür nahmen acht BeO-Sonden, die wir nebeneinander in einer Reihe auf die 16cm breite Plexiglas-Halterung legten. Die Sonden diesmal nicht zentriert, sondern von Zentrum rechtsseitig versetzt worden. Der Abstand zum Sensor um Zentrum des Strahls beträgt $d = 0,3\text{m}$. Daraus ergibt sich eine ungefähre Bestrahlungsdauer von $\Delta t = 5\text{min}$. Die Zeit ist größer als bei den Abstandsmessungen zuvor, da sich die Abstände mit wachsendem Winkel verändert.

BeO-Nr.	s [cm]	LS₀ [mVs]	LS [mVs]	D [mGy]
003338	1	0,62	6,17	0,2289
003302	3	0,92	5,43	0,2292
003337	5	0,48	6,36	0,2252
003364	7	0,74	4,98	0,2250
003353	9	0,44	5,10	0,1731
003388	11	0,68	2,15	0,0808
003332	13	0,73	1,37	0,0475
003376	15	0,59	0,74	0,0260

5 Auswertung

6 Literaturverzeichnis