

TU DRESDEN

FORTGESCHRITTENENPRAKTIKUM

PRAKTIKUMSBERICHT

---

# Dosimetrie

---

*Author:*

Toni EHMCKE  
Christian SIEGEL

*Betreuer:*

Birgit SCHNEIDER

Dresden, 28. Oktober 2015

# Inhaltsverzeichnis

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>Einführung</b>  | <b>2</b>  |
| <b>2</b> | <b>Aufgabenstellung</b>  | <b>3</b>  |
| 2.1      | Strahlenschutzkontrollmessungen . . . . .                      | 3         |
| 2.2      | Winkelabhängigkeit einer Ionisationskammer . . . . .           | 3         |
| 2.3      | Abschätzung der Dosisleistung für $\gamma$ -Strahler . . . . . | 3         |
| 2.4      | Dosismessung mit BeOmax und Abstandsquadratsgesetz . . .       | 3         |
| 2.5      | Winkelabhängigkeit der kollimierten Quelle . . . . .           | 4         |
| <b>3</b> | <b>Physikalischer Hintergrund</b>                              | <b>4</b>  |
| 3.1      | Strahlungsfeldgrößen . . . . .                                 | 4         |
| 3.2      | Dosisgrößen . . . . .  | 4         |
| 3.3      | Aktivität . . . . .  | 5         |
| 3.4      | Messprinzip: Ionisationskammer . . . . .                       | 5         |
| 3.5      | Dosimetrie vermittelt optisch stimulierter Lumineszenz . . .   | 6         |
| 3.6      | BeOmax-Funktionsprinzip . . . . .                              | 6         |
| <b>4</b> | <b>Durchführung</b>  | <b>6</b>  |
| 4.1      | Strahlenschutzkontrollmessungen . . . . .                      | 6         |
| 4.2      | Winkelabhängigkeit einer Ionisationskammer . . . . .           | 7         |
| 4.3      | Abschätzung der Dosisleistung für $\gamma$ -Strahler . . . . . | 8         |
| 4.4      | Dosismessung mit BeOmax und Abstandsquadratsgesetz . . .       | 9         |
| 4.5      | Winkelabhängigkeit der kollimierten Quelle . . . . .           | 11        |
| <b>5</b> | <b>Auswertung</b>  | <b>11</b> |
| 5.1      | Strahlenschutzmessung . . . . .                                | 11        |
| 5.1.1    | Strahlungswerte im Labor am Anfang des Versuchstages           | 12        |
| 5.1.2    | Strahlendosis im Labor über 2 Tage . . . . .                   | 13        |

# **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. Es soll eine Skizze des Messraumes mit den entsprechenden Dosiswerten entstehen.

### 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  $\phi$  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 $\gamma$ -Strahler

Für eine  $^{137}\text{Cs}$ -Quelle soll die Dosisleistung für festen Abstand ( $d = 0.5 \text{ m}$ ) und unter dem oben ermittelten Winkel  $\phi$  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  $A(27.02.2008) = 5,0 \text{ GBq} \equiv A_0$

$\Gamma$ : 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  $\epsilon$  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  $^{137}\text{Cs}$ -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  $\varphi$  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  $\Phi$ :

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

#### Definition 2 (Energiebezogene Größen) .

Die Energieflussdichte  $\psi$  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  $\Psi$ :

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

### 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  $\gamma$ -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 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  $\Delta t$  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:

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

### 3.5 Dosimetrie vermittelt optisch stimulierter Lumineszenz

Die Funktionsweise der optisch stimulierten Lumineszenz kann über ein Bändermodell erklärt werden.

### 3.6 BeO<sub>max</sub>-Funktionsprinzip

Wir benutzen hier passive Sonden aus Berylliumoxid als Leuchtstoff. Diese Verbindung hat eine effektive Ordnungszahl von 7,13

## 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 (Tabelle 1) 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. (Tabelle ??)

| Ort                    | $\dot{D}$ [ $\mu\text{Sv/h}$ ] | $\dot{D}$ [ $\text{mSv/a}$ ] | $t_{max}$ [min/d] |
|------------------------|--------------------------------|------------------------------|-------------------|
| Arbeitsplatz (vor PC)  | 0,15                           | 1,31                         | 750,61            |
| 50cm hinter Quelle     | 0,77                           | 6,75                         | 146,61            |
| 50cm rechts der Quelle | 2,28                           | 19,97                        | 49,38             |
| 50cm links der Quelle  | 2,41                           | 21,11                        | 46,72             |
| 50cm vor der Quelle    | 6,34                           | 55,53                        | 17,76             |
| 8cm hinter der Quelle  | 5,20                           | 45,55                        | 21,65             |
| 8cm vor der Quelle     | 61,20                          | 536,11                       | 1,84              |
| 50cm hinter Quelle     | 1,06                           | 9,29                         | 106,22            |
| 50cm rechts der Quelle | 2,68                           | 23,48                        | 42,01             |
| 50cm links der Quelle  | 3,22                           | 28,71                        | 34,97             |

Tabelle 1: Messtabelle für Dosisleistung an verschiedenen Orten und der daraus resultierenden maximalen Verweildauer pro Tag

| 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  |

Tabelle 2: BeO-Sensordaten, die über zwei Tage im Versuchsraum gesammelt wurden

Die BeO-Nummer ist die Identifikationsnummer des Sensors. Dadurch lassen sich alle Daten zurückverfolgen, da sich die Auswertesoftware die Nummern und die Verwendung der Sensoren merkt. Durch die IDs können dank einer intelligenten Software auch Fehler vermieden werden (eventuell verfrühte Ausleuchtung etc.) LS bedeutet hier das gemessene Lichtsignal.

## 4.2 Winkelabhängigkeit einer Ionisationskammer

Nun wenden wir uns der Messungen bezüglich der Winkelabhängigkeit einer zylindrischen Ionenstrahlkammer zu. Die Messung startet bei  $180^\circ$  und dauert pro Winkel jeweils 60 Sekunden. Es handelt sich hier um eine aktive Sonde, die über ein Leiterkabel an ein Anzeigegerät, welches alle gemessenen Werte innerhalb des Messzeitintervalls einer Messung automatisch aufsummiert, angeschlossen wurde.



| $\alpha$ [°] | $d$ [m] | $D_0$ [ $\mu$ Gy] | $\dot{D}_0$ [ $\mu$ Gy/s] | $\dot{D}$ [ $\mu$ 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                   |

Tabelle 3: Messwerte aus der Winkelabhängigkeit der Zylinderkammer

Die Drehung der zylindrischen Ionenstrahlkammer wurde um die z-Achse vorgenommen. Dabei sind 180° gerade die Vorzugsrichtung, in der die Kammer Richtung Quelle zeigt. Dies wurde am Gerät durch eine grüne Strichmarkierung angezeigt.

### 4.3 Abschätzung der Dosisleistung für $\gamma$ -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:

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

| <b>d [m]</b> | <b><math>\Delta t</math> [min]</b> |
|--------------|------------------------------------|
| 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                              |

Tabelle 4: ungefähre Bestrahlungsdauer in Abhängigkeit vom Abstand

Diese Zeiten wurden nur als grobe Orientierungspunkte verwendet und sind aufgrund verschiedener Faktoren nicht genau eingehalten worden.

#### 4.4 Dosismessung mit *BeO<sub>max</sub>* und Abstandsquadratsgesetz

Nun widmen wir uns den Messergebnissen verschiedener Abstände. Verwendet wurden pro vier in der Mitte einer Plexiglas-Platte aufgebrachte BeO-Sensoren. Diese wurden für die in Tabelle 4 genannten Zeiten bestrahlt. Weiterhin haben wir vier von ihnen von Hand kalibriert. 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  $\dot{D}_{ref} = (0,309 \pm 0.001)\mu Gy/s$  bestimmt. Es ergibt sich durch die längere Messzeit von  $\Delta t = 292,8\text{ s}$  eine Dosis von  $D_{ref} = \dot{D}_{ref} \cdot \Delta t = (90,5 \pm 0,4)\mu Gy$ . 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 *BeO<sub>max</sub>*-System und bestimmen das Ansprechvermögen:

| <b>d [m]</b> | <b>BeO-Nr.</b> | <b><math>LS_0</math> [mVs]</b> | <b><math>LS</math> [mVs]</b> | <b><math>\epsilon [\frac{mVs}{\mu Gy}]</math></b> |
|--------------|----------------|--------------------------------|------------------------------|---|
| 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   |

| <b>d [m]</b> | <b>BeO-Nr.</b> | <b>LS<sub>0</sub> [mVs]</b> | <b>LS [mVs]</b> | <b>D [mGy]</b> |
|--------------|----------------|-----------------------------|-----------------|----------------|
| 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         |
| 0,5          | 003305         | 0,66                        | 2,84            | 0,0908         |
|              | 003398         | 0,85                        | 3,86            | 0,0913         |
|              | 003312         | 0,82                        | 3,18            | 0,0912         |
|              | 003372         | 0,77                        | 3,34            | 0,0918         |
| 0,6          | 003397         | 0,68                        | 2,01            | 0,0954         |
|              | 003364         | 0,80                        | 2,92            | 0,0957         |
|              | 003388         | 0,67                        | 3,32            | 0,1134         |
|              | 003338         | 0,62                        | 3,13            | 0,0932         |
| 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         |

Tabelle 5: Sensor-ID, Lichtsignal der Nullmessung, Lichtsignal nach Bestrahlung und Dosis

Die Dosiswerte der beiden Abstände  $d = 0,5m$  und  $d = 0,6m$  wurden leider nicht vermessen. Wir haben diese allerdings von Hand über die vom PC bekannten Ansprechvermögen  $\epsilon$  nachträglich ausgerechnet. Die Ansprechvermögen der Detektoren wurden sogar einzeln von Hand ausgerechnet. Dazu kommen wir in der Auswertung.

## 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] | LS <sub>0</sub> [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  |

Tabelle 6: Messung der Strahlaufweitung der Quelle durch den Kollimator

## 5 Auswertung

### 5.1 Strahlenschutzmessung

In Aufgabe 1 nahmen wir Messungen bezüglich des Strahlenschutzes vor. Dazu verwendeten wir ein mobiles Dosimeter und nahmen die aus Tabelle 1 bekannten Messdaten an verschiedenen Orten auf. Zur besseren Verdeutlichung, wo wir gemessen haben, folgt eine Skizze des Labors.

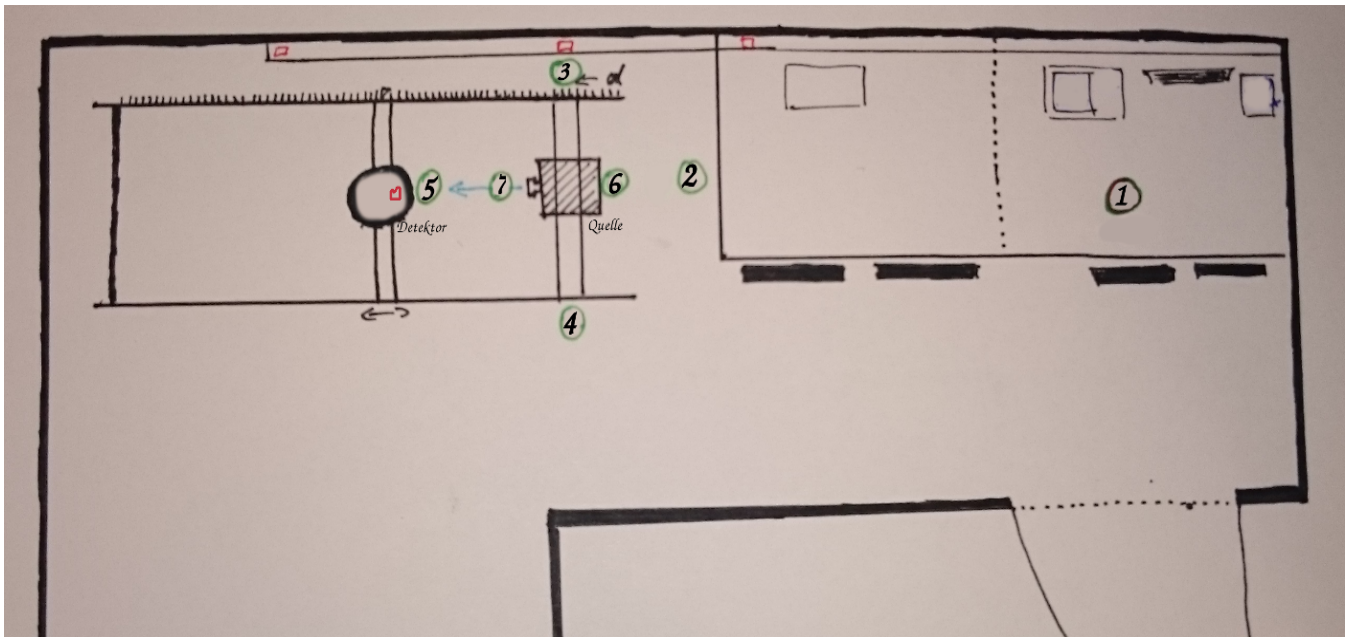


Abbildung 1: Raumskizze zu Messorten (nicht maßstabsgerecht)  
**1:** Arbeitsplatz, **2:** 50cm hinter Quelle, **3:** 50cm rechts der Quelle, **4:** 50cm links, **5:** 50cm davor, **6:** 8cm dahinter, **7:** 8cm davor

Die roten Kästchen im Bild bezeichnen die vier Punkte, an denen die BeO-Detektoren lagen. Die oberen drei liegen auf einer Steckerleiste, ca. 40cm unterhalb der Quelle. Das Kästchen bei **5** bezeichnet den "Mitfahrer".

### 5.1.1 Strahlungswerte im Labor am Anfang des Versuchstages

Zunächst gehen wir auf Tabelle 1 ein. Die Werte unterhalb des zweiten Trennstriches sind bei geöffnetem Kollimatorverschluss aufgenommen worden, während die darüber bei geschlossenem Verschluss notiert wurden. Man sieht, dass bei geschlossenem Stopfen am Arbeitsplatz für einen Praktikanten, der eine Maximalbelastung von 6mSv im Jahr erreichen darf, kaum eine Gefahr besteht, diesen Grenzwert an einem Tag zu überschreiten. Um die maximale Tagesdosis zu erreichen, benötigte dieser ca. 12,5 Stunden. Solange darf ein Praktikant oder Lehrling gesetzlich aber nicht zur Arbeit gezwungen werden.

Nähert man sich der Quelle, kann man bei 50cm Abstand einen deutlichen Anstieg in der Strahlendosis erkennen, was sich auch deutlich an der Zeit widerspiegelt, die sich der Praktikant in dieser Nähe aufhalten sollte. Diese ist nun sechsmal kleiner als am Arbeitsplatz.

Zu beachten sei auch, dass der Kollimator auf linker und rechter Seite offenbar weniger stark abschirmt. Dies ist ein interessantes Ergebnis, da sich die

maximale Aufenthaltsdauer damit auch deutlich verkürzt 50cm vor der Quelle ist die Abschirmung erwartungsgemäß am schwächsten, da dort der Kollimatorverschluss vorhanden ist und dieser nicht so gut abschirmen kann wie die Standardwände. Dementsprechend logisch ist es, sich nicht längere Zeit in den Strahl zu stellen, was sich in einer Maximaldauer von  $t_{max} \cong 17min$  zeigt. Dementsprechend fällt auch das Ergebnis der Messung 8cm vor der Quelle auf. Eine Aufenthaltsdauer unterhalb von 2min am Tag ist hier also angebracht. Im Allgemeinen sollte man deshalb seinen Arbeitsplatz nicht neben der Messanordnung aufbauen, auch wenn es aus Bequemlichkeit zunächst sinnvoll erscheinen mag. Es verkürzt nicht nur die Laufwege, die man im Raum hat, sondern auch erhöht auch die Gefahr, an strahlenbedingten Leiden zu erkranken.

### **5.1.2 Strahlendosis im Labor über 2 Tage**

Nun schauen wir uns Tabelle 2 an. Hier wurden Daten über fast zwei Tage gesammelt. Man sieht deutlich, dass der Mitfahrer, welcher am Versuchstag immer schwankenden Werten ausgesetzt war, eine Dosis von etwa 0,5mSv gemessen hat. Dies entspricht etwa der Hälfte von dem, was eine Standardperson in einem Jahr an künstlicher Strahlung erfahren darf. Fraglich ist allerdings, ob dieser Wert nicht ein Ergebnis von Störungen, die andere Experimente verursacht haben, ist.