# Messtechnik für ionisierende Strahlung

Stephan Scheidegger 2019

#### Messtechnik für ionisierende Strahlung



#### Inhalt

- Messaufgaben
- Ionisationskammern
- Proportionalzählrohre
- Geiger-Müller-Zählrohre
- Szintillationsdetektoren
- TLD
- Halbleiterdetektoren / Dioden
- DIS-Dosimeter

#### Messtechnik für ionisierende Strahlung







#### Welche Dosis?

- Dosisverteilung im Körper inhomogen
- für Optimierung jedoch eine Grösse (Zahl) wünschenswert
   → Effektive Dosis E



- Äquivalentdosis in 10 mm Tiefe
- Organe mit hohem Wichtungsfaktor (Schilddrüse!) liegen eher tiefer
- Schätzwert für effektive Dosis *E* bei externer Bestrahlung

### $H_{P}(0.07) = H_{S}$



- Äquivalentdosis in 0.07 mm Tiefe
- Annahme: d
   ünste Dicke der Hornhaut
- Schätzwert für Hautdosis



- Äquivalentdosis in 3 mm Tiefe
- Operationeller Schätzwert für Augenlinse (Grenzwert!)



- Umgebungsäquivalent-Dosis
- Messung in ICRU-Kugel (76.2% O, 11.1% C, 10.1% H, 2.6% N)
- aufgeweitetes Strahlenfeld
- Messung auf dem zur Einstrahlrichtung parallelen Kugelradius in *d* mm Tiefe
- H\*(10) operationelle Messgrösse für H<sub>P</sub>



- Richtungsäquivalent-Dosis
- Messung in ICRU-Kugel (76.2% O, 11.1% C, 10.1% H, 2.6% N)
- aufgeweitetes Strahlenfeld
- Messung auf festgelegtem Kugelradius in *d* mm Tiefe
- H'(0.07) operationelle Messgrösse für H<sub>s</sub>
- Mass f
  ür Dosimeter-Ansprechverm
  ögen



Prinzip

- Ionisation →
   Ladungstrennung
- Anlegen einer
   Spannung →
   Ladungstransport
   →
   Ionisationsstrom





Bsp. Stabdosimeter

#### Messung einer Dosis







# Bestimmung der Dosis

$$X = \frac{\mathrm{d}Q}{\mathrm{d}m_{air}}$$

Exposure X

$$K_{col} = wX$$

Kerma

# KERMA, Energiefluenz und Dosis



# Bestimmung der Dosis φ<sub>e</sub> Medium Medium Luft

Χ

# KERMA, Energiefluenz und Dosis



Tiefe x



### Messregimes

Kammerdurchmesser >> Sekundärelektronenreichweite



Kammerdurchmesser << Sekundärelektronenreichweite

#### Dosimetrie in der Strahlentherapie (RT)



### Dosimetrie in der RT



Ziel: Verordnete Dosis so genau wie möglich applizieren (im Referenzpunkt und räumlich)

#### Messregimes



$$\frac{D_{\text{med}}}{D_{\text{gas}}} = \frac{\int_{0}^{E_{\text{max}}} dE \cdot (d\phi_{\text{e}} / dE)_{\text{med}} (dE / \rho ds)_{\text{med}}}{\int_{0}^{E_{\text{max}}} dE \cdot (d\phi_{\text{e}} / dE)_{\text{gas}} (dE / \rho ds)_{\text{gas}}}$$

#### Messregimes

$rac{D_{ m m}}{D_{ m ga}}$	$\frac{ed}{as} = \frac{\int_{0}^{Emax} \left( d\phi_e / dE \right)_{1}}{\int_{0}^{Emax} \left( d\phi_e / dE \right)_{2}}$	$\int_{\text{gas}} (dE / \rho ds)_{\text{med}} dE$	$=\overline{S}_{gas}^{med}$
	Strahlung	Material	
		Wasser	Kohlenstoff
		1 1 1 0	1 000
	100 κν <sub>ρ</sub>	1.140	1.022
	<sup>137</sup> Cs	1.133	1.015
	<sup>60</sup> Co	1.129	1.009
	8 MeV **	1.117	0.993

# Monitor Units (MU) vs Dosis



#### Monitor Units (MU) vs Dosis



$$MU = \frac{D}{k \cdot S_C \cdot S_P \dots \cdot \left(\frac{SCD}{SPD}\right)^2}$$

 $S_C$ : Collimator scatter factor  $S_P$ : Phantom scatter factor k: cGy/MU

# Proportionalzählrohr

Prinzip ähnlich wie Ionisationskammer, aber höhere Spannung



### Proportionalzählrohr



### Geiger-Müller-Zählrohr



Prinzip: Ladungslawine nach Ionisation durch Anlegen einer hohen Spannung

# Geiger-Müller-Zählrohr

Vorteile:

- Kleine, handliche Form möglich
- empfindlich und billig

Nachteile

- Totzeit!
- Keine Energiediskriminierung (ausser mit Filter)

### Geiger-Müller-Zählrohr





# Szintillationsdetektoren



Prinzip:

- →Umwandlung von ionisierender Strahlung in Licht
- → Umwandlung von Licht in Elektronen und Verstärkung

# Szintillationsdetektoren



Kristalldicke [mm]

# Thermolumineszenz-Dosimeter



Prinzip:

- → Anregung von Elektronen / Anhebung ins Leitungsband
- $\rightarrow$  Fixierung in sog. Traps
- → Bei Heizen rausschütteln der Elektronen und Freisetzung von Licht

# Thermolumineszenz-Dosimeter



TL-Material	Dichte [g/cm <sup>3</sup> ]	Effektive Ordnungs- Zahl	Wellen- länge der max. TL- Emission [nm]
LiF:Mg,Ti	2.64	8.2	400
CaF <sub>2</sub> :Mn	3.18	16.3	500
CaF <sub>2</sub> :Dy	3.18	16.3	480, 580
CaSO <sub>4</sub> :Dy	2.61	15.3	480, 570
CaSO <sub>4</sub> :Tm	2.61	15.3	450
CaSO <sub>4</sub> :Mn	2.61	15.3	500
BeO	3.01	7.1	330
$AI_2O_3$		10.2	400
Li <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub>	2.3	7.4	600

# Individuelle Dosisermittlung



Die Ermittlung der Dosis erfolgt durch:

- Personendosimeter f
  ür alle beruflich strahlenexponierten Personen
- Überschürzendosimeter bei möglicher hoher Belastung z.B. der Schilddrüse (interventionelle Radiologie)
- Fingerringdosimeter bei möglicher hoher Belastung der Hände (interventionelle Radiologie, NUK)
- Inkorporationsüberwachung beim Umgang mit Radionukliden in offener Form

# Halbleiterdetektoren



Prinzip:

- → Interaktion mit Elektronen in der Verarmungsschicht
- → Anregung / Anhebung
- → Transport durch Potentialbarriere

# Halbleiterdetektoren



Prinzip:

- → Interaktion mit Elektronen in der Verarmungsschicht
- → Anregung / Anhebung
- → Transport durch Potentialbarriere

# Halbleiterdetektoren



Prinzip: Analogie zur Ionisationskammer, jedoch Si / Ge viel dichter → kleinvolumige Detektoren möglich

#### **DIS-Dosimeter**



Direct Ion Storage: basiert auf einer gasgefüllten Ionisationskammer, welche mit einer Halbleiter-Speicherzelle kombiniert ist (analog EEPROM)