

Strahlenschutz

1. Physikalische Grundlagen

Arten und Quelle ionisierender Strahlung

α -Strahlung	${}^4_2\text{He}$	${}^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow {}^{222}_{86}\text{Rn} + {}^4_2\text{He} + 4.78 \text{ MeV}$
β -Strahlung	e^-	${}^3_1\text{H} \rightarrow {}^3_2\text{He} + e^- + \bar{\nu} + 18 \text{ keV}$
γ -Strahlung	$h\nu$	Angeregte Kerne, innere Elektronen

Wechselwirkung von ionisierender Strahlung mit Materie

Schwächungskoeffizient μ	$\Phi = \Phi_0 e^{-\mu x}$ [1/cm]
Massenschwächungskoeffizient μ/ρ	$\Phi = \Phi_0 e^{-\mu/\rho \rho x}$ [cm ² /g]
α , β -Strahlung	Anregung, Ionisation, Bremsstrahlung; dicht ionisierend; vollständige Abschirmung (endliche Reichweite in Materie)
γ -Strahlung	Photoeffekt $\sim Z^{4-5}$, Comptoneffekt $\sim Z$, Paarbildungseffekt $\sim Z^2$; locker ionisierend; keine vollständige Abschirmung möglich

Dosimetrie

<u>Aktivität A</u>	<u>Becquerel</u>	1 Bq = 1/s	[1 Ci = $3.7 \cdot 10^{10}$ Bq]
<u>Ionendosis I</u>		C/kg	[1 R = $2.58 \cdot 10^{-4}$ C/kg]
<u>Energiedosis D</u>	<u>Gray</u>	1 Gy = 1 J/kg	[1 rd = 0.01 Gy]
<u>Äquivalentdosis H</u>	<u>Sievert</u>	1 Sv = 1 J/kg	[1 rem = 0.01 Sv]

Berechnung aus Energiedosis
Bewertungsfaktor Q $H = Q \cdot D$
1 (β , γ) ... 20 (α)

Berechnung aus Ionendosis
Ionisierungsenergie der Luft $1 \text{ R} \cong 8.7 \text{ mGy}$
33.7 eV/Ion

Berechnung aus Aktivität eines Punktstrahlers $H = \Gamma_H A t/r^2$

Dosisleistungskonstante Γ_H [Sv · m²/h · Bq]

Effektive Dosis E [1 Sv = 1 J/kg] $E = \sum w_T E_T$

$w_T =$ 0.20 (Keimdrüsen), 0.12 (Knochenmark, Dickdarm, Lunge, Magen)
0.05 (Blase, Brust, Leber, Speiseröhre, Schilddrüse)
0.01 (Haut, Knochenoberfläche), 0.05 (übrige Organe und Gewebe)

Effektive Folgedosis E(t) Zeitintegral (50 – 70 a) nach der Zufuhr radioaktiver Stoffe

Die effektive Dosis ist ein Maß für die Wahrscheinlichkeit, an einem strahleninduzierten Krebs oder an einer strahleninduzierten Leukämie zu sterben.

2. Exposition und Strahlenschäden

Deterministische/akute Strahlenschäden

Schwere Schäden an lebenswichtigen Zellstrukturen ab ca. 200 mSv Schwellendosis:

200 mSv	reversible Blutbildänderung, Hautrötung
1000 mSv	schwere Blutbildänderung
2000 mSv	Durchfall, Erbrechen, Haarausfall, erste Todesfälle
4000 mSv	zunehmende Todesfälle
7000 mSv	ohne medizinische Behandlung tödlich
8000 mSv	eventuelles Überleben nach medizinischer Behandlung
15000 mSv	tödlich

Stochastische Strahlenschäden/Spätwirkungen

Veränderungen in den Zellen durch Mutationen
Erkrankung an Leukämie oder Krebs nach einer Latenzzeit
Genetische Wirkungen

Risikoeffizient: 5%/Sv

Natürliche und zivilisatorische Strahlenexposition

<i>Natürliche Exposition</i>	2.4 mSv/a
kosmische Strahlung (γ)	0.3 mSv/a
terrestrische Strahlung (^{40}K , ^{226}Ra , ^{232}Th)	0.4 mSv/a
inkorporierte Nuklide (^{222}Rn)	1.7 mSv/a
<i>Zivilisatorische Exposition</i>	2.1 mSv /a
Medizin (Röntgenaufnahmen 1999)	2.0 mSv/a
andere Quellen	< 0.1 mSv/a

Beispiele für Dosisleistungswerte

Kernkraftwerke	< 0.0003 mSv/a
Steinkohlekraftwerk	< 0.001 mSv/a
Kernwaffenversuche	0.01 mSv/a
Tschernobyl	0.02 mSv/a
Berufliche Exposition (330 000 Personen)	0.17 mSv/a
Uranbergbau-Altlasten (3 000 Personen)	3.6 mSv/a
kosmische Strahlung in 3 km Höhe	1.2 mSv/a
kosmische Strahlung in 10 km Höhe	44 mSv/a
	(5 $\mu\text{Sv/h}$)
Transatlantikflug (hin + zurück)	0.1 mSv
Radonkur	2.3 mSv

3. Strahlenschutz- und Röntgenverordnung

Strahlenschutzgrundsätze

Rechtfertigung: Jede unnötige Strahlenexposition oder Kontamination von Personen, Sachgütern oder der Umwelt ist zu vermeiden.

Optimierung: unter Beachtung des Standes von Wissenschaft und Technik und unter Berücksichtigung aller Umstände des Einzelfalles auch unterhalb der in dieser Verordnung festgesetzten Grenzwerte so gering wie möglich halten.

Dosisgrenzwerte

Grenzwerte für die Gesamtbevölkerung	1 mSv/a
Beruflich strahlenexponierte Personen	20 mSv/a
in Einzelfällen	100 mSv/5a
Kategorie B	> 1 mSv/a
Kategorie A	> 6 mSv/a
Berufslebensdosis	400 mSv
gebärfähige Frauen, Gebärmutterdosis	2 mSv/Monat
ungeborene Kinder, restliche Schwangerschaft	1 mSv

Strahlenschutzbereiche

<u>Betrieblicher Überwachungsbereich</u>	> 1 mSv/a
<u>Kontrollbereich</u> :	> 6 mSv/a
<u>Sperrbereich</u>	> 3 mSv/h

Organisation des Strahlenschutzes im Labor für Anorganische Chemie/Materialwissen.

Strahlenschutzverantwortlicher der FH Münster	Prof. Dr. K. Niederdrenk
Bevollmächtigter der FH Münster (SBV)	H. Lersch-Krotoszinski
Röntgen- und Strahlenschutzbeauftragte (SSB)	Prof. Dr. T. Jüstel Dr. M. Lezhnina U. Eckert
Standort Röntgenanlage	Raum C255c

4. Vorschriften

Unterweisung (jährlich)

Arbeitsmethoden, mögliche Gefahren, Schutzmaßnahmen, wesentliche Inhalte der Röntgen- und Strahlenschutzverordnung, erteilte Genehmigungen

Strahlenschutzanweisung

verbindlich seit dem 01. 08. 03

Inhalt der Genehmigung für Röntgenanlagen

Für die Anlage in Raum C255c haben wir eine Betriebsgenehmigung unter Vollschutzbedingungen (Betrieb bei geschlossenen Türen, keine Person in der Kabine)

Der Betrieb der Röntgenanlagen ist genehmigungspflichtig. Wird eine Einrichtung oder ihr Betrieb wesentlich geändert, so ist eine erneute Genehmigung erforderlich.

Bei Überschreiten der höchstzulässigen Dosen ist unverzüglich Anzeige zu erstatten.

Jeder Zugang der an den Einrichtungen tätigen Personen ist anzuzeigen.

Bei sachgemäßem Betrieb der Anlagen sind keine weiteren Strahlenschutzmaßnahmen erforderlich:

- Keine Änderung der Strahlgeometrie. Muss aus betriebsbedingten Gründen die Strahlgeometrie geändert werden, ist der Strahlenschutzbeauftragte hinzuzuziehen.
- Betrieb der Anlagen nur bei geschlossenen Türen und nach sorgfältiger Prüfung, daß sich keine Person in der abgeschlossenen Kabine aufhält.
- Keine Manipulation an Sicherheitseinrichtungen (z.B. Türschalter).

Die Kontrollbereiche (Röntgenräume) sind zu kennzeichnen.

5. Praktischer Strahlenschutz

Umgang mit ionisierender Strahlung

$$H = \Gamma_H \cdot A/r^2 \cdot t \cdot e^{-\mu x}$$

Grundregeln des Strahlenschutzes

1. Aktivität A beschränken
2. Abstand r maximieren
3. Aufenthaltsdauer t beschränken
4. Abschirmung $e^{-\mu x}$ verwenden

Radioaktive Stoffe nie direkt mit den Händen anfassen

Abschirmung von α -Strahlen: 4 cm Luft/Blatt Papier

Abschirmung von β -Strahlen: 1 – 10 mm Plexiglas, evtl. Blei

Abschirmung von γ -Strahlen: Blei, Kobalt, Uran etc. abhängig von der Strahlenergie

Beispielrechnungen (Stand 2000)

1. Americium 241, 3.7 GBq (100 mCi), $t_{1/2} = 432$ a, α 5.5 MeV, γ 60 keV

Dosisleistung in	1 m Abstand	$H = 24.4 \mu\text{Sv/h}$
	1 cm Abstand	$H = 244 \text{ mSv/h} + \alpha$
	1 mm Abstand	$H = 7 \text{ mSv/s} + \alpha$

Abschirmung auf 1/10 2.5 mm Eisen

Freigrenze 10 kBq

2. Cobalt 60, 3.7 MBq (0.1 mCi), $t_{1/2} = 5.3$ a, β 315 keV, γ 1.17 + 1.33 MeV

Dosisleistung in	1 m Abstand	$H = 1.3 \mu\text{Sv/h}$
	1 mm Abstand	$H = 0.36 \text{ mSv/s} + \beta$

Abschirmung auf 1/10 88 mm Eisen, 46 mm Blei

Freigrenze 100 kBq

3. Röntgenröhre 120 kV, 100 mA, kein Filter

Dosisleistung in	1 m Abstand	$H = 12 \text{ mSv/s}$
	10 cm Abstand	$H = 1200 \text{ mSv/s}$