

Bedrohungen durch radioaktive Strahler

zum ABC Workshop 06.10.04
Regensburg

C. Schwarz

Dipl.-Med. Päd., RK San Regensburg



Schmutzige Bomben – Dirty Bombs

- Explosion konventionellen Sprengstoffs, mit dem radioaktive Substanzen verbreitet werden sollen

(IAEO)

Mögliche Szenarien

- Verseuchung mit Cäsium
- Verseuchung mit Jod
- Verseuchung mit Strontium
- andere Substanzen
(Hafnium?)

Verseuchung mit Cäsium

- Radionuklide Cs 134 und Cs 137
(freigesetzt bei Tschernobyl Katastrophe)
- bildet Salze (Alkalimetall) → Eintritt in Nahrungskette
- Halbwertszeiten
 - Cs 134: 2,06 Jahre
 - Cs 137: 30 Jahre
- Anreicherung in menschl. Weichteilen
- Ingestion von 1,1 (Cs134) bzw. 1,5 MBq
→ 20 mSv
- Inhalation von 3 MBq → 20 mSv
- Entfernung z.B. mit Berliner Blau

Verseuchung mit Jod

- Radionuklid J 131
- HWZ: 8 Tage
- Ingestion von 0,9 MBq → 20 mSv
→ Schilddrüsenbelastung von 0,75 Sv
- Blockade durch Jodtabletten

Altersgruppe	Tageseinnahme in mg Iodid	Tageseinnahme an Tabletten
unter 1 Monat	12,5	1/8
1 - 36 Monate	25	1/4
3 - 12 Jahre	50	1/2
13 - 45 Jahre	100	1
über 45 Jahre	0	0

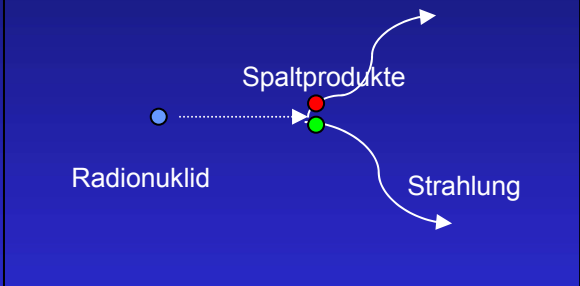

Verseuchung mit Strontium

- Radionuklide Sr 89, Sr 90
- Strahlenbelastung der Lunge
- Sr 89:
 - HWZ: 50,5 Tage
 - β - und γ -Strahler (1,5 bzw. 0,9 MeV)
- Sr 90:
 - HWZ: 28,6 Jahre
 - β -Strahler (0,5 MeV)
- Ingestion von 0,7 MBq/Inhalation von 0,1 MBq \rightarrow 20 mSv
- Bindung und Elemination mit Alginat

Andere Substanzen?

- Hafnium 178m2
(Military Critical Technologies List)
- Thorium, Niobium
- schwierige Produktion
→ teuer, technologisch anspruchsvoll
 - ?? ungeeignet für terroristische Verwendung

Radioaktive Strahlung - Vorkommen und Quellen

Radioaktive Strahlung bei Röntgenanlagen	Radioaktive Strahlung bei radioaktiven Stoffen	Ionsisierende Teilchenstrahlung
 <p>Das Diagramm zeigt ein Elektron (e^-) auf der linken Seite, das auf eine vertikale Anode trifft. Von der Anode gehen zwei Wellenlinien nach rechts aus, die als 'Strahlung' beschriftet sind.</p>	 <p>Das Diagramm zeigt ein Radionuklid (blauer Punkt) auf der linken Seite, das in zwei Spaltprodukte (roter und grüner Punkt) zerfällt. Von den Spaltprodukten gehen Wellenlinien nach rechts aus, die als 'Strahlung' beschriftet sind.</p>	 <p>Das Diagramm zeigt ein beschleunigtes Teilchen (e^-) auf der linken Seite, das nach rechts durch einen Pfeil angedeutet wird.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Abgebremste Elektronen erzeugen energiereiche elektromagnetische Strahlen (Röntgenstrahlen) • Vorkommen: z.B. <ul style="list-style-type: none"> - Röntgenapparate - Röntgenröhrenindustrie - Materialprüfung mit Röntgenstrahlen 	<ul style="list-style-type: none"> • Zerfall von Radionukliden <ul style="list-style-type: none"> - natürliche u. künstliche Vorkommen - fest, flüssig, gasförmig - zerfallen von selbst - senden energiereiche Strahlung aus (α-, β-, γ-Strahlung) • Vorkommen: z.B. <ul style="list-style-type: none"> - in Reaktoren - medizinische Diagnostik, Therapie - Werkstoffuntersuchungen 	<ul style="list-style-type: none"> • Beschleunigte Elektronen, Protonen, Deuteronen, und andere Elementarteilchen • Entstehen z.B. in Teilchenbeschleunigeranlagen und Atomreaktoren

Radioaktive Strahlung - Pathophysiologie: Gewebe verliert seine Funktionalität



Abnehmende Funktionalität des Zellgewebes

Durch Zunahme der Bestrahlung...

- Intensität
- Stärke
- Dauer
- Temperatur

... insbesondere bei

- schlechtem physiologischem Zustand
- steigender Gewebsempfindlichkeit
- Zellen mit hoher Teilungsrate

Tab. 6.1: In der Bundesrepublik Deutschland für Einsätze der Feuerwehr und der Polizei festgelegte Dosisgrenzwerte nach Einsatzaufgaben (nach FwDv 9/1 IFEU 92/ und LF 450 I/POL 92/)

Einsatzaufgabe/ Grundlage	Dosisgrenzwert nach	
	FwDv 9/1 (Feuerwehr)	LF 450 (Polizei)
Abspermaßnahmen	—	5 mSv pro Schadenereignis
Einsätze zum Schutz von Sachwerten	15 mSv pro Einsatz	15 mSv Die Dosis aus Abspermaßnahmen und zum Schutz von Sachwerten ist auf höchstens 15 mSv pro Jahr zu beschränken.
Einsätze zur Abwehr einer Gefahr für Personen oder zur Verhinderung einer wesentlichen Schadensausweitung	100 mSv pro Einsatz	höchstens 100 mSv pro Jahr
Einsatz zur Rettung von Menschenleben	250 mSv pro Einsatz und Leben (auch ohne Beurteilung durch einen Sachverständigen, außer in Bereichen nach §§ 6, 7, 9 AtG)	250 mSv
Überschreitung der Höchstdosis beim Einsatz zur Rettung von Menschenleben	Eine Ganzkörperdosis von 250 mSv darf auf Entscheidung des Einsatzleiters nur überschritten werden, wenn dies nach Beurteilung durch einen Sachverständigen notwendig und vertretbar ist. Die betroffenen Einsatzkräfte sind auf die besondere Lage hinzuweisen.	—
Lebenszeitdosis	Im Laufe eines Lebens sollte eine Ganzkörperdosis von 250 mSv nicht überschritten werden. Die mittlere Ganzkörperdosis im Verlaufe mehrerer Jahre sollte 50 mSv/a nicht überschreiten.	Die Summe der ermittelten effektiven Dosen soll im Leben den Wert von 250 mSv nicht überschreiten.

Gesundheitliche Folgen von Strahlen

- Wirkung von Strahlen in kleinen Dosen
- Wirkung von Strahlen in hohen Dosen
- Genetische Strahlenwirkungen
- Deterministische Strahlenwirkungen
- Stochastische Strahlenwirkungen
- Gefährdung schwangerer Frauen

Wirkung von kleinen Strahlendosen

- untersucht anhand der 100.000 Überlebenden von Hiroshima und Nagasaki
- theoretische Folgen:
Leukämie, bösartige Neubildungen,
Erbgutveränderungen
- Latenzzeit: Jahre - Jahrzehnte
- Problem:
hohe Dosisleistungen (~ 100 mSv) mathematisch
runtergerechnet
→ Aussagekraft?
- individuelles Krebsrisiko:
 $R = 5 \cdot 10^{-2} / 1 \text{ Sv}$ (ICRP Report 60)

Beispiel:

- $10^6 = 1$ Million Menschen werden, z.B. nach einem Terroranschlag, einer Ganzkörperbestrahlung (effektiven Dosis) von 1 Sv ausgesetzt
→ $10^6 \cdot 5 \cdot 10^{-2} = 50.000$ Menschen versterben zusätzlich an Leukämie oder Krebs.
- bei Strahlenbelastung von 10 mSv (Tschernobyl):
500 zusätzliche Krebstote bei einer Million derartig bestrahlter Menschen
- Zum Vergleich: innerhalb von 30 Jahren versterben etwa 80.000 von 1 Million Menschen „natürlich“ an Krebs, soweit sie eine Teilmenge der Bevölkerung der Bundesrepublik darstellen. Bei 500 zusätzlichen Krebstoten würde damit die natürliche tödliche Krebsrate um ca. 0,6% erhöht.

Wirkung von hohen Strahlendosen

- Wirkungseintritt sofort, bzw. innerh. von Tagen
- bei Ganzkörperdosen, höher als 0,5 Gy sind, treten Organschäden in der folgenden Reihenfolge auf: blutbildende Organe, Magen-Darm-Trakt, Lunge, innere Organe und ZNS

effektive Dosis in Sv	Strahlenwirkungen
0 bis 0,5	Ohne größeren diagnostischen Aufwand keine unmittelbar nachteiligen Wirkungen feststellbar, aber Schwächung des Immunsystems
0,5 bis 1	Veränderungen des Blutbilds, Hautrötungen, vereinzelt Übelkeit, Erbrechen, sehr selten Todesfälle
1 bis 2	Nachteilige Wirkungen auf das Knochenmark, Erbrechen, Übelkeit, schlechtes Allgemeinbefinden, etwa 20% Sterblichkeit
ab 4	Schwere Einschränkungen des Allgemeinbefindens sowie schwere Störungen der Blutbildung. Die Infektionsbereitschaft ist stark erhöht, 50%ige Sterblichkeit
ab 6	Neben den genannten schweren Störungen treten gastrointestinale Symptome auf. Die Überlebensrate ist nur noch sehr gering
über 7	nahezu 100 %ige Sterblichkeit
über 10	Zusätzlich Schädigung des ZNS, bis hin zu Lähmungen
über 100	Schneller Tod durch Ausfall des ZNS (Sekudentod)

Weitere Strahlenwirkungen

- Genetische Strahlenwirkung, durch Schädigung von Ei- und Samenzellen (→ mögl. Fehlgeburtsrisiko)
- Stochastische Strahlenwirkung (durch ionisierende Strahlung steigendes Erkrankungsrisiko; Dosis steigert Risiko nicht Krankheitsschwere)
- Deterministische Strahlenwirkung (Dosis steigert Erkrankungsschwere)

Schutzmaßnahmen

- für betroffene Bevölkerung:
hauptsächlich Inkorporationsschutz (Einatmung vermeiden)
- für Fachpersonal:
Schutzbekleidung
- physikalische Dekontamination

Wirkung

- bei terroristischen Anschlägen wahrscheinlich weniger direkte Strahlenwirkungen als psychologische Auswirkungen (*Kelly, Levi 2003*)

Fazit

- "Schmutzige Bomben" würden [...] selbst in unmittelbarer Nähe zum Freisetzungsort aus radiologischer Sicht keine Gesundheitsgefährdung für große Teile der Bevölkerung hervorrufen. Sie würden aber voraussichtlich zur großen Besorgnis in der Bevölkerung führen und - aus Unkenntnis über die tatsächlichen Gefahren - zu Überreaktionen.
(*Bundesamt für Strahlenschutz*)