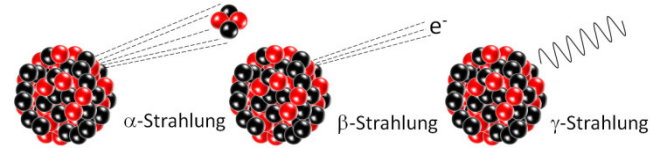


## Was ist Radioaktivität und ionisierende Strahlung?

- Eigenschaft instabiler Atomkerne (**Radionuklide**), sich spontan in andere Atomkerne umzuwandeln unter Aussendung **ionisierender Strahlung**:
  - **Alphastrahlung ( $\alpha$ )** besteht aus Heliumkernen (2 Neutronen und 2 Protonen, **Teilchenstrahlung**)
  - **Betastrahlung ( $\beta$ )** besteht aus Elektronen oder Positronen (**Teilchenstrahlung**)
  - **Gammastrahlung ( $\gamma$ )** besteht aus Photonen (elektromagnetische **Wellenstrahlung**; vergleichbar mit Licht aber deutlich höhere Energie)
  - **Neutronenstrahlung** besteht aus Neutronen (neutrale Kernbausteine, **Teilchenstrahlung**)
- Ionisierende Strahlung transportiert **Energie** (= „Zerstörungskraft“), meist angegeben in Elektronenvolt [eV], durch Raum und Materie
- Ionisierende Strahlung kann Elektronen aus Atomen und Molekülen entfernen → **Ionisation**



## Warum ist ionisierende Strahlung für uns schädlich?

- **Ionisation** kann Biomoleküle, z.B. das Erbgut, schädigen
- unvollständige Reparatur dieser Schäden kann zu **Zelltod**, (vererbaren) **Mutationen** und **Krebs** führen
- hohe Strahlendosen resultieren in **akuten Strahlenschäden** (Hautrötung, Haarausfall, Blutarmut, etc.)

## Welche Messgrößen für radioaktive Strahlung gibt es?

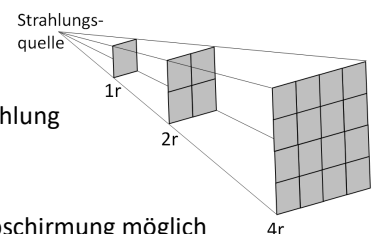
- **Aktivität in Becquerel [Bq]**: [kBq], [MBq], [GBq], [TBq]<sup>1</sup>
  - Maß für die Menge eines Radionuklids (radioaktiven Stoffs)
  - Anzahl der Atomkerne, die pro Sekunde radioaktiv zerfallen
  - **Halbwertszeit (HWZ)**: Zeitspanne, in der sich die Aktivität (A) aufgrund des radioaktiven Zerfalls halbiert; Beispiele: 1 HWZ = 1/2 A; 2 HWZ = 1/4 A; 10 HWZ = 1/1024 A (ca. 1 %)
- **Äquivalentdosis in Sievert [Sv]**: [μSv], [mSv]<sup>1</sup>
  - Maß für die Strahlenbelastung; gemessen an festem Ort (**Ortsdosis**) oder an Person (**Personendosis**)
  - vom Körper absorbierte Strahlungsenergie pro Kilogramm multipliziert mit einem Qualitätsfaktor zur Berücksichtigung der unterschiedlichen biologischen Wirksamkeit (Gefährlichkeit) der verschiedenen Strahlungsarten und Strahlungsenergien
  - meist in **Millisievert<sup>1</sup> [mSv]** oder **Mikrosievert<sup>1</sup> [μSv]** angegeben, da Sievert ein sehr großer Wert ist
- **(Orts-)Dosisleistung in Sievert pro Zeit [Sv/s]**: [μSv/h], [mSv/h], [mSv/a]<sup>1</sup>
  - Maß für die Stärke („Gefährlichkeit“) eines **Strahlungsfeldes**
  - vom Körper in diesem Strahlungsfeld (potentiell) aufgenommene Dosis pro Zeiteinheit
  - abhängig von Aktivität, Strahlungsart, Strahlungsenergie, Abstand zur Quelle, Abschirmungen, etc.
  - **Zeit x Dosisleistung = Dosis**

## Was versteht man unter Körperdosis?

- Die Körperdosis berücksichtigt die **äußere** und **innere** (durch Inkorporation verursachte) **Strahlenexposition**.
- **reine Rechengröße zur Festlegung von Grenzwerten** für einzelne Organe (**Organdosis**) oder den Körper (**effektive Dosis**)
- Die Energiedosis in den Organen, Geweben oder Körperteilen wird zur Berücksichtigung der unterschiedlichen biologischen Wirksamkeit der verschiedenen Strahlungsarten sowie der unterschiedlichen Empfindlichkeit der Organe, Gewebe und Körperteile mit **Strahlungs- und Gewebewichtungsfaktoren** multipliziert.
- **Als Schätzwert für die Körperdosis durch äußere Strahlenexposition dient die messbare Äquivalentdosis.**

## Wie kann man die Strahlenbelastung reduzieren?

- **Abschirmung** der Strahlung
- **Abstand** zur Strahlungsquelle vergrößern (Abstandsquadratgesetz: Verdopplung des Abstandes → 1/4 der Dosis; Vervierfachung des Abstandes → 1/16 der Dosis; ...)
- **Aufenthaltsdauer** im Strahlungsfeld reduzieren
- **Arbeitshygiene**: Einweghandschuhe, -überschuhe, -Overall, Staubmaske (FFP3)  
→ Schutz vor Kontamination und Inkorporation, aber: kein Schutz vor äußerer Bestrahlung



## Womit lässt sich radioaktive Strahlung abschirmen bzw. abschwächen?

- **Alphastrahlung**: z.B. mit Blatt **Papier** oder Kleidung; komplette Abschirmung möglich
- **Betastrahlung**: z.B. mit wenigen Millimetern **Plexiglas** oder Aluminium; komplette Abschirmung möglich
- **Gamma- und Neutronenstrahlung**: z.B. mit **Blei** (einige mm bis cm) oder Beton (einige cm bis m); nur Abschwächung möglich

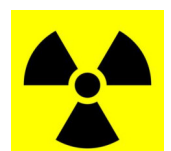
## Welche Reichweite hat radioaktive Strahlung in Luft?

- **Alphastrahlung**: sehr geringe Reichweite in Luft (wenige mm bis cm)
- **Betastrahlung**: geringe Reichweite in Luft (wenige cm bis m)
- **Gamma- und Neutronenstrahlung**: sehr große Reichweite in Luft (viele m bis km, wird aber immer schwächer)

<sup>1</sup> Vorsätze für Maßeinheiten (Einheitenvorsätze, Einheitenpräfixe)

<b>Kilo [k]</b>	Tausend	1.000	<b>Milli [m]</b>	Tausendstel	0,001
<b>Mega [M]</b>	Millionen	1.000.000	<b>Mikro [μ]</b>	Millionstel	0,000.001
<b>Giga [G]</b>	Milliarden	1.000.000.000	<b>Nano [n]</b>	Milliardstel	0,000.000.001

Strahlenzeichen



## Welche Gefahr stellen die verschiedenen Strahlungsarten dar?

- **Alphastrahlung:** großes Schädigungspotential aufgrund hoher Wechselwirkung mit Materie (Energieabgabe auf sehr kleinem Raum); Schädigung nur bei Inkorporation, da geringe Eindringtiefe in die Haut; hohes Kontaminationsrisiko
- **Betastrahlung:** mittleres Schädigungspotential aufgrund mäßiger Wechselwirkung mit Materie (Energieabgabe auf größerem Raum, verglichen mit Alphastrahlung); Gefahr durch Inkorporation und durch äußere Bestrahlung
- **Gamma- und Neutronenstrahlung:** geringes Schädigungspotential aufgrund geringer Wechselwirkung mit Materie und dadurch geringe Energieabgabe (Ursache der schwierigen Abschirmbarkeit)

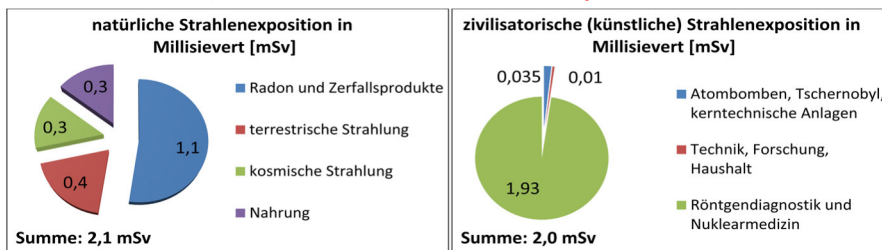
## Was sind umschlossene radioaktive Strahler?

- von fester Hülle umgebene radioaktive Stoffe
- Strahlung, nicht aber der radioaktive Stoff, kann austreten und Strahlungsfeld bilden

## Was versteht man unter einer Kontamination?

- Verunreinigung von Oberflächen, Wasser, Raumluft, etc. mit offenen (nicht umschlossenen) radioaktiven Stoffen
- i.d.R. kein messbares Strahlungsfeld; Gefahr durch Hautkontakt und **Inkorporation** (Verschlucken, Einatmen)
- Nachweis durch Kontaminationsmessungen; Auswechseln von Schutzkleidung (Rückkontamination vermeiden!); Hände waschen; ... **Hilfe der Strahlenschutzfachkräfte in Anspruch nehmen!**

## Welche Strahlendosis (effektive Dosis) erhalten wir durchschnittlich pro Jahr?



## Welche Dosisgrenzwerte (effektive Dosis) gelten für eine zusätzliche Strahlenbelastung?

- **1 mSv/Jahr** für Einzelpersonen der Bevölkerung
- **20 mSv/Jahr** für beruflich strahlenexponierte Personen
- **100 mSv** einmal pro Jahr zur Gefahrenabwehr
- **400 mSv** Lebensarbeitsdosis über das gesamte Berufsleben
- **250 mSv** einmalig zur Lebensrettung
- **15 mSv** pro Einsatz zum Schutz von Sachwerten

## Beispiele für Dosen und Dosisleistungen (Zirkawerte)

einfacher Flug New York-Frankfurt	0,06 mSv	Röntgenaufnahme Bein	0,1 mSv	statistisch nachweisbare Erhöhung des Krebsrisikos (einmalig, kurzfristig)	100 mSv
3 Wochen Aufenthalt im 2000 m	0,05 mSv	Röntgenaufnahme Bauchraum	1,2 mSv	erste klinische Befunde der Strahlenkrankheit (einmalig, kurzfristig)	200 mSv
leben in La Paz Bolivien (4000 m), pro Jahr	2,5 mSv/a	Computertomographie Bauchraum	25 mSv	tödliche Strahlendosis (einmalig, kurzfristig)	7000 mSv
durchschnittliche Strahlenbelastung von Piloten pro Jahr	2,5 mSv/a			maximale Strahlenbelastung eines Kraftwerksmitarbeiters in Fukushima (Unfall)	680 mSv

## Berechnungsbeispiele (Anmerkung: Zur Abschätzung der effektiven Dosis kann die messbare Orts- oder Personendosis herangezogen werden)

<b>Bsp. 1</b>	gesucht: <b>erhaltene effektive Dosis</b> gegeben: - Ortsdosisleistung: 0,1 mSv/Stunde - Aufenthaltsdauer: 2 Stunden Ergebnis: 0,1 mSv/Stunde $\times$ 2 Stunden = 0,2 mSv	<b>Bsp. 2</b>	gesucht: <b>maximale Aufenthaltsdauer im Strahlungsfeld</b> gegeben: - Ortsdosisleistung: 0,1 mSv/Stunde - max. zulässige effektive Dosis: 1,0 mSv Ergebnis: 1,0 mSv / 0,1 mSv/Stunde = 10 Stunden
---------------	---	---------------	---

## Womit wird Strahlung gemessen?

- **Kontaminationsmonitor:**
  - zum Aufspüren von Kontaminationen
  - kann i.d.R. Alpha-, Beta- und Gammastrahlung messen
  - wird nahe an der zu messenden Oberfläche vorbeigeführt
- **Dosis- und Dosisleistungsmessgerät:**
  - zur Messung der Äquivalentdosis (Orts- oder Personendosis) und/oder Dosisleistung im Strahlungsfeld
  - meist Kombination aus Dosis- und Dosisleistungsmessgerät
  - einstellbare **Warnschwelle:** Alarm bei Erreichen einer bestimmten Dosis und/oder Dosisleistung
- **Filmdosimeter/Ganzkörperdosimeter**
  - zur Messung der Personendosis bei beruflich strahlenexponierten Personen (meist am Rumpf getragen)
  - beruht auf dem Prinzip, dass ein fotografisches Material durch die Strahlung geschwärzt wird
  - nicht direkt ablesbar (müssen ausgewertet werden)

## Kenndaten einiger Radionuklide (Art der Strahlung, Halbwertszeit, Ursprung und Anwendung)

**Abkürzungen:**  $\alpha, \beta, \gamma$ : Strahlungsarten; **HWZ:** Halbwertszeit; **a:** Jahre, **d:** Tage, **h:** Stunden; **K:** Kernkraftwerk, **M:** Medizin, **N:** Natur, **T:** Technik, **W:** Wissenschaft  
**Kohlenstoff-14** ( $\beta$ ; HWZ 5730a; N,W), **Phosphor-32** ( $\beta$ ; HWZ 14,3d; M,W), **Schwefel-35** ( $\beta$ ; HWZ 87,5d; W), **Kalium-40** ( $\beta, \gamma$ ; HWZ 1,3Mrd. a; N), **Cobalt-60** ( $\beta, \gamma$ ; HWZ 5,3a; M,T), **Krypton-85** ( $\beta, \gamma$ ; HWZ 10,9a; K,T), **Strontium-90** ( $\beta$ ; HWZ 28,8a; K,M,T), **Yttrium-90** ( $\beta, \gamma$ ; HWZ 64,1h; K,M,T), **Iod-131** ( $\beta, \gamma$ ; HWZ 8,0d; K,M), **Caesium-137** ( $\beta$ ; HWZ 30,2a; K,M,T), **Radium-226** ( $\alpha$ ; HWZ 1602a; N,W), **Americium-241** ( $\alpha$ ; HWZ 432a; K,T)