

? Dosis / Sievert ?

Die Effektive Dosis in Sievert ist keine physikalische Größe, sondern eine Zahl, die über das Auftreten von **drei Strahleneffekten** eine Aussage machen soll:

1.) Akute Strahlenkrankheit.

Die Effekte der Bestrahlung treten nach **kurzer Zeit** auf. Die Dosis muss 200 mSv bis 500 mSv (Millisievert = 1/1000 Sv) übersteigen. Zur akuten Strahlenkrankheit kommt das in Punkt 2.) angesprochene Risiko natürlich noch hinzu.

Dabei gilt: je höher die Dosis, desto

- schwerer ist der Schaden,
- schneller treten die Symptome auf,
- langwieriger ist die Erkrankung
- länger ist die Erholungsphase
- geringer sind die Überlebenschancen

Auswirkungen kurzfristiger radioaktiver Bestrahlung des gesamten Körpers		
Effektive Dosis	Bewertung	Symptome
0,2–0,5 Sv		Keine Symptome, nur klinisch feststellbare Reduzierung der roten Blutkörperchen
0,5–1 Sv		Leichter Strahlenkater
1–2 Sv	leichte Strahlenkrankheit	10 % Todesfälle nach 30 Tagen (Letale Dosis(LD) 10/30). Übelkeit, Appetitlosigkeit, Ermüdung, erhöhtes Infektionsrisiko, temporäre Unfruchtbarkeit beim Mann ist die Regel.
2–3 Sv	schwere Strahlenkrankheit	35 % Todesfälle nach 30 Tagen (LD 35/30). zusätzlich Haarausfall am ganzen Körper, Unwohlsein und Ermüdung, massiver Verlust von weißen Blutkörperchen, Infektionsrisiko steigt rapide an. Bei Frauen beginnt das Auftreten permanenter Sterilität.
3–4 Sv	schwere Strahlenkrankheit	50 % Todesfälle nach 30 Tagen (LD 50/30). zusätzlich Durchfall, Blutungen im Mund, unter der Haut, in den Nieren
4–6 Sv	schwerste Strahlenkrankheit	60 % Todesfälle nach 30 Tagen (LD 60/30). Sterblichkeit erhöht sich von ca. 50 % bei 4,5 Sv bis zu 90 % bei 6 Sv Der Tod tritt in der Regel 2–12 Wochen nach der Bestrahlung durch Infektionen und Blutungen ein.
6–10 Sv	schwerste Strahlenkrankheit	100 % Todesfälle nach 14 Tagen (LD 100/14). Knochenmark nahezu oder vollständig zerstört Magen- und Darmgewebe ist schwer geschädigt. Tod durch Infektionen und innere Blutungen.

2.) Erhöhung des somatischen Strahlenrisikos, Risiko so genannter Stochastischer Strahlenschäden

(stochastisch = mit bestimmter Wahrscheinlichkeit auftretend)

Bei einer Dosis die niedriger als ungefähr 200 mSv ist, erhöht sich nur das Risiko an Krebs zu erkranken und zu sterben. Zusätzlich gibt es ein Genetisches Risiko, das Auswirkungen in Folgegenerationen hat.

Man geht von einer linearen Dosis-Wirkungsbeziehung ohne Schwellenwert aus, d. h. es gibt keine Dosis ohne Wirkung und eine Verdopplung der Dosis verdoppelt auch das Risiko.

Bestrahlt man 1000 000 Menschen mit einer Dosis von 1 mSv (Millisievert), so erwartet man nach gängiger Dosis-Wirkungs-Beziehung in diesem Kollektiv eine Zunahme der tödlichen Krebserkrankung um 120 Fälle.

1 mSv bei 1 000 000 Menschen führt statistisch zu ca. 120 tödlichen Krebserkrankungen

1)

Das Spontanrisiko an Krebs zu sterben betrug im Jahr 2006 in Deutschland ca. 2600 Fälle pro Jahr auf 1 000 000 Menschen. Rechnet man das auf die mittlere Lebenszeit von 80 Jahren hoch, ergibt sich im Vergleich zu dem strahleninduzierten Sterberisiko ein Wert von rund 210 000.

3.) Erhöhung des Genetischen Risikos

1 mSv bei 1 000 000 Menschen führt statistisch zu 2²⁾ bis 13³⁾ Fällen einer zusätzlichen schweren Erkrankung in allen Folgegenerationen.

¹⁾ UNSCEAR 2000

²⁾ ICRP 2007

³⁾ ICRP 1990

Zusatzinformationen

Physikalische Basis für die Größe Effektive Dosis ist die **Energiedosis** gemessen in Gy. Eine Energiedosis von einem Gray bedeutet, dass der bestrahlte Körper pro Kilogramm die Energiemenge von einem Joule aufgenommen hat.

$$1 \text{ Gy} = 1 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

Die zugeführte Energie bei **5 Gy** Ganzkörperdosis ist, obwohl sie mit großer Wahrscheinlichkeit zum Tod führt, sehr klein. Sie würde z. B. nur zu einer Temperaturerhöhung des Körpers von $\frac{1}{1000}$ °C führen.

Ist der Mensch einer homogenen Gammastrahlung ausgesetzt, entspricht die **Energiedosis** auch der **Effektiven Dosis**:

$$1 \text{ Gy}_{\text{Gamma,extern}} = 1 \text{ Sv}$$

Befindet sich ein Mensch in einem homogenen Strahlungsfeld in dem eine bestimmte **Ortsdosisleistung**, z. B. in der Einheit $\frac{\mu\text{Sv}}{\text{h}}$, gemessen wird, so ist die **Dosis** das Produkt dieser Ortsdosisleistung und der Zeit.

$$\text{Beispiel: } D = 5 \frac{\mu\text{Sv}}{\text{h}} \cdot 8 \text{ h} = 40 \mu\text{Sv}$$

Liegt keine Gammastrahlung vor, muss berücksichtigt werden, dass verschiedene Strahlenarten, bei gleicher Energiedeposition, unterschiedliche Schädigungen hervorrufen. Diese Tatsache spielt vor allen Dingen eine Rolle, wenn die Radioaktivität in den Körper gelangt, also inkorporiert wird. Hier schädigt z. B. Alpha-Strahlung zwanzigmal so stark. Der **Strahlungswichtungsfaktor** für Alpha-Strahlung beträgt also $20 \frac{\text{Sv}}{\text{Gy}}$, der für Gamma-

Strahlung $1 \frac{\text{Sv}}{\text{Gy}}$. Berücksichtigt man dieses, gelangt man zur **Äquivalentdosis** in Sievert:

$$1 \text{ Gy}_{\text{Alpha}} = 20 \text{ Sv}$$

Gelangt die Radioaktivität in den Körper, wird zusätzlich berücksichtigt, dass unterschiedliche Organe verschiedene Strahlenempfindlichkeiten aufweisen. Dem wird durch so genannte **Gewebe-Wichtungsfaktoren** Rechnung getragen. Die Lunge ist z. B. wesentlich strahlenempfindlicher als die Haut.

Verteilt sich die Aktivität ungleichförmig im Körper, wird versucht, dieses durch ein **metabolisches Modell** zu berücksichtigen.

Um zur **Effektiven Dosis** zu gelangen muss man die **Energiedosis** in den einzelnen Organen mit dem **Strahlungswichtungsfaktor** multiplizieren um die **Organdosis** in Sievert zu erhalten. Die Summe aller Organdosen, multipliziert jeweils mit dem betreffenden Gewebe-Wichtungsfaktor ergibt dann die **Effektive Dosis**.