



Strahlenbiologische Interpretation des Begriffes „Grenzwert“

Prof. Dr. K. Ewen

Strahlenbiologische Wirkungen

DNA - Schäden



Ionisierende Strahlung

DNA

(Stränge Desoxyribose und Phosphorsäure, verbunden durch die Basenpaare Adenin – Thymin und Cytosin – Guanin)



Die Energieübertragung hat Folgen!

Schäden: z.B.

Einzel- und Doppelstrangbrüche, Basenschäden



Nicht alle Schäden sind folgenschwer!

Reparatur:

Beispiel Protein „p53“ repariert die Schäden und leitet „zur Not“ die Apoptose ein



Teilungsaktive Zellen leben gefährlich!

Strahlensensitivität:

Ist in G1- und S-Phase niedrig, in G2- und vor allem in M-Phase (Mitose) hoch



Je höher die Dosis, desto schwerer die Reparatur!

Entartung der Normalzelle und Entstehung der Tumorzelle:

- Initiationsphase: Protoonkogen → Onkogen
Tumorsuppressorgen (z. B. p53) wird inaktiviert
- Promotionsphase: Klonale Expansion der veränderten Zelle
- Progressionsphase: Metastasierungsbereitschaft

Strahlenbiologische Wirkungen

Verstärkende Effekte

- **Dicht ionisierende Strahlung**
(z.B. α - Strahlung, Neutronen)
- **Doppelstrangbrüche:** schwierig zu reparieren
- **Gewebe mit hoher Teilungsaktivität**
(alle in der Definition der effektiven Dosis erfassten Gewebe und Organe)
- **Sauerstoffeffekt** (Erhöhung der Sensitivität um Faktor 3)
- **Einzeitbestrahlung:** wenig Zeit zu Reparaturen
- **Bystander-Effekt:** nicht nur die betroffenen Zellen zeigen eine Wirkung, sondern auch diejenigen in der Umgebung
- **Genetischen Prädispositionen:** Vorliegen von latenten Zellmutationen, so dass u. U. nur noch eine weitere (z.B. strahlungsbedingte) einen Tumor entwickeln lässt

Strahlenbiologische Wirkungen

Abschwächende Effekte

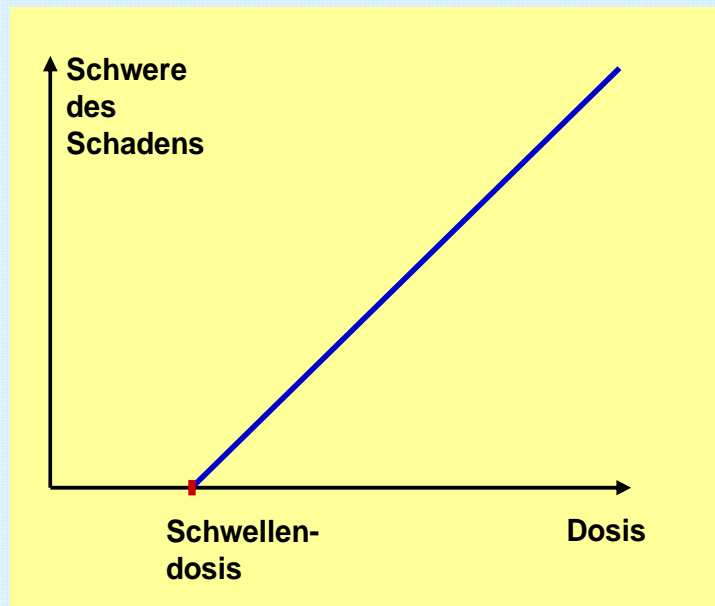
- **Locker ionisierende Strahlung**
(z.B. Röntgen- und γ -Strahlung)
- **Einzelstrangbrüche:** Relativ leicht zu reparieren
- **Gewebe mit niedriger Teilungsaktivität**
(z.B. Bindegewebe, ZNS, Herz)
- **Apoptose:** durch Protein p35 induziert, für den Organismus harmloser Tod der geschädigten Zelle
- **Reparatureffekte,** z. B. durch Protein p35
- **Fraktionierung:** Zeitliche Ausdehnung der Dosisapplikation
(sicher nachgewiesen für deterministische W., fraglich für stochastische W.)
- **Adaptive Response:** Vorbestrahlung mit niedriger Dosis
(z.B. um 10 mGy) kann Wirkung einer nachfolgenden hohen Dosis (z.B. einige Gray) reduzieren.

Was bedeutet der Begriff „Grenzwert“ im Strahlenschutz?

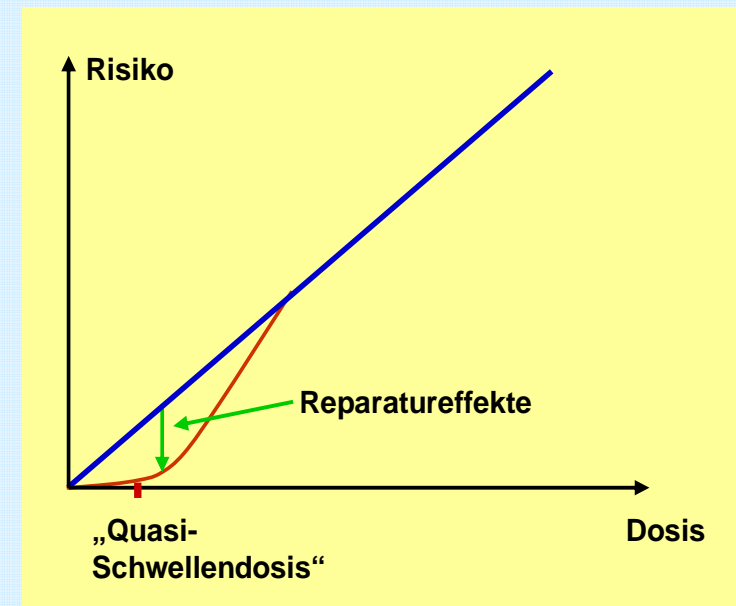
- Es reicht nicht aus, sich damit zufrieden zu geben, einen Grenzwert nur zu unterschreiten.
- Wegen des offensichtlichen Fehlens einer Risikofreiheit signalisierenden Schwellendosis bei stochastischen Strahlenwirkungen muss ein Grenzwert möglichst weit unterschritten werden.
- Dabei müssen wirtschaftliche Aspekte mit einbezogen werden.
- Dieser Strahlenschutzgrundsatz ist in der StrlSchV (§ 6) und RöV (§ 2c) formuliert worden („**Minimierungsgebot**“).

Strahlenbiologische Wirkungen

Deterministische Wirkungen



Stochastische Wirkungen



Strahlenbiologische Wirkungen

- **Deterministische Wirkungen:**

Früh- und Spätschäden an Organen sowie teratogene Strahlenfolgen. Der Schweregrad der Effekte wächst mit der Dosis. Es existiert eine Schwellendosis, unterhalb derer diese Wirkungen nicht auftreten. Beispiele: Erythem, Linsentrübung.

- **Stochastische Wirkungen:**

Zufallsbedingtes Auftreten von genetischen Defekten und von Krebs. Die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten dieser Effekte wächst mit der Dosis. Eine Schwellendosis existiert offensichtlich nicht!

Effektive Dosis

- Die **Äquivalentdosis** beschreibt für ionisierende Strahlung die Energieübertragung auf Gewebe, und zwar bei Berücksichtigung der unterschiedlichen biologischen Wirksamkeit der verschiedenen Strahlenarten.
- Physikalische Einheit der Äquivalentdosis ist **Sievert (Sv)** bzw. als kleinere Untereinheit **mSv**.
- Die **effektive Dosis** ist eine spezielle Äquivalentdosis, die ausschließlich Dosis-Wirkungsbeziehungen für **stochastische Effekte** beschreibt. Sie dominiert die Grenzwerte in StrlSchV und RöV.

Neue Messgröße: Umgebungs-Äquivalentdosis



**Strahlenbiologische
Interpretation des
Begriffes „Grenzwert“**

Ende