

## Strahlenschäden

Früher wusste man noch nichts von den schädlichen Folgen der Bestrahlung mit Röntgenstrahlung. Deshalb ging man sehr sorglos damit um. Heute wissen wir mehr.

### WIRKUNG IONISIERENDER STRAHLUNG

Wie Gammastrahlung ist auch Röntgenstrahlung eine elektromagnetische Strahlung und durchdringt Stoffe unterschiedlich gut. Man erkannte schnell diesen Nutzen für die Medizin. Jedoch dauerte es Jahrzehnte, bis man auch eine Gefahr für die Gesundheit durch unkontrollierte und sorglose Röntgenbestrahlung des Körpers erkannte.

Heute weiß man, dass ionisierende Strahlung Moleküle in unserem Körper zerstören kann. Als Folge der Ionisation kommt es zu chemischen Reaktionen im bestrahlten Körperteil. So werden im Wassermolekül ( $H_2O$ ) die Hüllen der Atome verändert und dadurch die chemischen Bindungen umgebaut. Es entsteht Wasserstoffperoxid ( $H_2O_2$ ), ein Zellgift, das bereits in geringer Konzentration schädlich ist.

Alpha-, Beta-, Gamma- und Röntgenstrahlung ionisieren Moleküle im menschlichen Körper. Dabei kann die Erbinformation in den Chromosomen beschädigt werden.

**STRAHLENSCHÄDEN** · Das Leben auf der Erde entwickelte sich von Beginn an unter den Bedingungen natürlicher Radioaktivität. Deshalb kann unser Organismus geschädigte Zellen erkennen und sogar reparieren. Wird dieses natürliche Reparatursystem überfordert, dann kommt es zu Strahlenschäden.

Das Ausmaß und die Art der Schädigung hängen von mehreren Faktoren ab. Grundsätzlich gilt: Je stärker die Strahlung und je größer die Dauer der Bestrahlung sind, desto schwerwiegender sind die Strahlenschäden. Es kommt auch darauf an, welche Organe oder Gewebearten bestrahlt werden. Eine Einteilung der Organempfindlichkeiten findest du in ▶ Bild 03. Schließlich ist die biologische Wirkung abhängig von der Art der Strahlung.

Die biologische Wirkung von ionisierender Strahlung hängt von der Intensität, der Dauer und der Art der Strahlung sowie von der Empfindlichkeit des bestrahlten Organs ab.

Die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Strahlenschäden und ihr Ausmaß hängen von individuellen Faktoren wie dem Immunsystem ab. Zu den **Frühschäden** am bestrahlten Körper gehören Veränderungen des Blutbildes und Entzündungen. Solche Frühschäden können geheilt

werden. Bei **Spätschäden** am bestrahlten Körper können Krankheitssymptome wie Leukämie oder Krebs erst nach Jahren auftreten.

Die Schädigung des Erbguts durch ionisierende Strahlung kann zu **genetischen Schäden** führen. Das bedeutet, dass sich die Veränderungen an den Keimzellen erst bei nachfolgenden Generationen auswirken.

Früh- und Spätschäden am bestrahlten Körper treten beim einzelnen Individuum auf. Bei genetischen Strahlenschäden wirken sich die biologischen Veränderungen erst bei den Nachkommen aus.

03 Strahlenempfindlichkeit von Organen und Gewebearten



### Material ▶ Auch der Stoffwechsel spielt eine Rolle – Die biologische Halbwertszeit

Für eine Bewertung des Risikos von Schäden durch Radioaktivität aus Umwelt und Technik oder durch medizinische Anwendungen ist die Halbwertszeit eine wichtige Größe. Sie macht eine Aussage darüber, wie schnell die Strahlung einer radioaktiven Substanz abklingt.

Für radiologische Untersuchungen (z. B. Szintigrafien) wird dem Patienten eine radioaktive Substanz verabreicht. Dann befindet sich die Strahlenquelle im Körper. Nun kommt es auch darauf an, wie schnell sie biologisch abgebaut bzw. ausgeschieden wird. Man spricht hierbei von der **biologischen Halbwertszeit**  $T_{\text{biol}}$ . Aus dieser wird dann mit der physikalischen Halbwertszeit  $T_{\text{phys}}$  zusammen eine neue Größe berechnet, in der sowohl der biologische als auch der physikalische Effekt berücksichtigt wird: die **effektive Halbwertszeit**  $T_{\text{eff}}$ .

Du kannst sie so berechnen:

$$T_{\text{eff}} = \frac{T_{\text{phys}} \cdot T_{\text{biol}}}{T_{\text{phys}} + T_{\text{biol}}}$$

| Nuklid         | Symbol                   | Strahlung        | $T_{\text{phys}}$  | $T_{\text{biol}}$ | $T_{\text{eff}}$ |
|----------------|--------------------------|------------------|--------------------|-------------------|------------------|
| Tritium        | ${}^3_1\text{H}$         | $\beta$          | 12,3 a             | 12 d              | 12 d             |
| Phosphor-32    | ${}^{32}_{15}\text{P}$   | $\beta$          | 14,2 d             | 3 a               | 14 d             |
| Kalium-40      | ${}^{40}_{19}\text{K}$   | $\beta, \gamma$  | $1,3 \cdot 10^9$ a | 58 d              |                  |
| Strontium-89   | ${}^{89}_{38}\text{Sr}$  | $\beta, \gamma$  | 50,5 d             | 49 a              |                  |
| Technetium-99m | ${}^{99}_{43}\text{Tc}$  | $\beta, \gamma$  | 6 h                | 6–24 h            |                  |
| Iod-131        | ${}^{131}_{53}\text{I}$  | $\beta, \gamma$  | 8 d                | 80 d              |                  |
| Caesium-137    | ${}^{137}_{55}\text{Cs}$ | $\beta, \gamma$  | 30,2 a             | 110 d             |                  |
| Radium-226     | ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ | $\alpha, \gamma$ | 1600 a             | 45 a              |                  |

### 05 Halbwertszeiten

Gelangt z. B. Tritium ( $H-3$ ) in unseren Körper, dann ist einerseits die große physikalische Halbwertszeit sehr ungünstig. Andererseits wird Tritium im Körper recht schnell abgebaut. Anders ist es z. B. bei dem Nuklid Phosphor-32, das auch in der Medizin verwendet wird. Hier verläuft der biologische Abbauprozess langsam. Dafür ist die physikalische Halbwertszeit relativ klein.

**B1** Übertrage die Tabelle und berechne die fehlenden Werte der effektiven Halbwertszeit.

**B2** Für die radiologische Untersuchung der Schilddrüse wurde den Patienten früher Iod-131 verabreicht. Heute wird dafür das Nuklid Technetium-99m verwendet. Gib einen Vorteil der Verwendung von Tc-99m an.