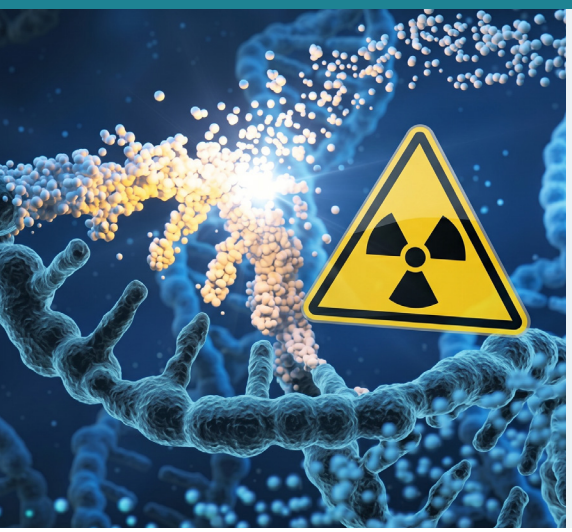
Strahlenschutz
KOMPAKT

Nr. 21 Ausgabe 08/2026

Fachverband für Strahlenschutz e.V.
Für Deutschland und die Schweiz
Mitgliedsgesellschaft der IRPA
International Radiation Protection Association

WIR STEHEN FÜR:
Sicherheit im Umgang mit Strahlung
www.fs-ev.org



Strahlenbiologie gesundheitlicher Schäden nach hoher Strahlendosis

Nach kleinen Strahlendosen (bei Erwachsenen < 0,1–0,2 Gy) zeigen sich eventuelle gesundheitliche Schäden meist erst viele Jahre nach der Bestrahlung (siehe Kompakt Nr. 6). Bei sehr hohen Strahlendosen (mehrere Gy) treten gesundheitliche Schäden schon nach wenigen Tagen oder Wochen auf. Sie werden zur Akuten Strahlenkrankheit (ASK) zusammengefasst, die lebensbedrohlich sein kann. Wenn man versteht was passiert, können neue Diagnose- und Behandlungsmethoden entwickelt werden.

Akute Strahlenkrankheit (ASK)

Bei der Betrachtung nuklearer Bedrohungen werden auch Szenarien mit sehr hohen Strahlendosen (2–20 Gy) diskutiert – also bis zu 1000-mal mehr als z.B. bei einer normalen CT-Untersuchung (rund 0,02 Gy).

Im Bereich hoher Strahlendosen wird in der Strahlenbiologie und in der Strahlentherapie meist die **Energiedosis D** als maßgebende Dosisgröße verwendet. Sie bezeichnet die durch Strahlung übertragene und von einem Organ, einem Gewebe oder einem Zellverband aufgenommene Energie pro deren Masse:

$$D = \frac{Energie}{Masse}$$

Die Einheit der Energiedosis ist Joule pro Kilogramm (J/kg) und wird als Gray (Gy) abgekürzt. Die Energiedosis berücksichtigt keine unterschiedlichen Wirkungen hinsichtlich verschiedener Strahlenarten oder verschiedener Organe.

Nach solch hohen Dosen kann es zur lebensgefährlichen akuten Strahlenkrankheit (ASK) kommen. Ursache ist vor allem der gleichzeitige Zelltod sehr vieler Zellen in Geweben, die sich schnell erneuern (zum Beispiel im Knochenmark). Das Anhalten von Zellteilungsprozessen sowie allgemeine Entzündungsreaktionen im ganzen Körper schädigt auch die unbestrahlten Organe. Je nach betroffenem Organ unterscheidet man verschiedene Unterformen der ASK – zum Beispiel die hämatopoetische ASK des blutbildenden Systems (H-ASK), die gastrointestinale ASK des Magen-Darmtrakts (GI-ASK), die dermatologische ASK der Haut und andere (Abb. 1).

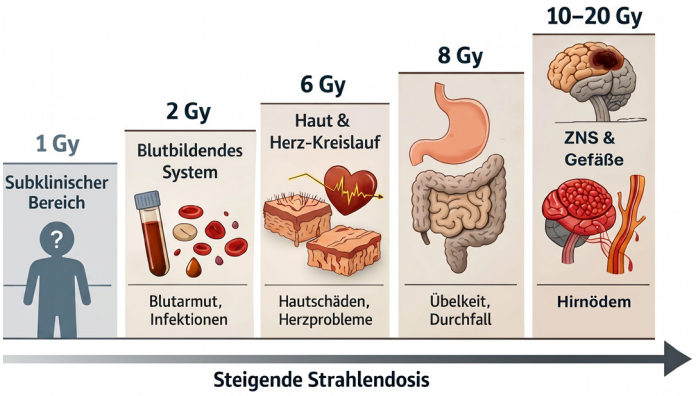


Abb. 1: Nach Strahlendosen von 1 Gy sind z.B. Blutbildveränderungen nachweisbar. Sie sind aber nicht so ausgeprägt, dass die Person erkrankt (subklinischer Bereich). Mit weiter ansteigenden Strahlendosen werden vor allem bestimmte Organsysteme geschädigt. Deshalb unterscheidet man verschiedene Formen der akuten Strahlenkrankheit (ASK). Ab einer Dosis von 6 Gy und mehr muss mit einer Schädigung mehrerer Organe gerechnet werden (Multiorganversagen). Die genannten Dosiswerte sind jedoch nur Orientierungswerte, da sie Unterschiede in der Strahlenempfindlichkeit der Organe nicht berücksichtigen. Außerdem beziehen sich die Angaben auf eine Ganzkörperbestrahlung mit einer einmaligen, sehr kurzen Strahlenexposition. Unter anderen Bedingungen treten andere biologische Wirkungen auf.

Die Abbildung wurde mit Hilfe von ChatGPT erstellt.

Die H-ASK tritt meist nach einer Ganzkörperbestrahlung mit etwa 2 Gy auf. Höhere Dosen können zum Versagen anderer weniger strahlenempfindlicher Organe und auch mehrerer Organe führen (Abb. 1). Im letzteren Fall spricht man von Multiorganversagen mit sehr schlechter Prognose.

Strahlung ist mit den Sinnen nicht wahrnehmbar. Einige Stunden nach der Bestrahlung kann es jedoch dosisabhängig zu Übelkeit oder Erbrechen kommen, die wieder abklingen können. Nach einigen Tagen oder Wochen zeigen sich dann die eigentlichen Symptome und die Person erkrankt schwer (Manifestationsphase). Die verzögerte Manifestation der Krankheit bietet eine Chance: Je früher die ASK erkannt (diagnostiziert) wird und je eher die Therapie beginnt, desto besser die Überlebenschance.

DNA, RNA und Proteine

Die Strahlenbiologie versucht, Diagnose und Therapie der ASK weiterzuentwickeln. Dazu werden biologische Änderungen nach Bestrahlung untersucht. Die Zelle verfügt über drei Ebenen der „Architektur“ (Abb. 2): Die Erbsubstanz (**DNA**) enthält Bauanleitungen für den Fall, dass Anpassungen der Zelle auf eine Situation erforderlich sind. Dieser „Bauplan des Lebens“ besteht aus ca. 20.000-30.000 „Seiten“ (Genen). Nach Bestrahlung bemerkt die Zelle Schädigungen, auch wenn wir selbst sie noch nicht mit unseren fünf Sinnen wahrnehmen. In der Folge wird der Bauplan geöffnet und es werden von verschiedenen „Seiten“ Kopien erstellt. Diese werden als **RNA** bezeichnet. Auf dieser Ebene bereitet Zelle/ der Organismus eine Vielzahl an möglichen Reaktionen auf die Schädigung vor. Die Entscheidung, welche Antwort schließlich gewählt wird, führt zu der Umschreibung der RNA in sogenannte **Proteine**. Das sind die „Werkzeuge“ des Körpers. Dadurch werden biologische Prozesse wie Reparatur, Zelltod, Zellteilungs-Stopp aber auch Entzündungsreaktionen ermöglicht.

Diagnostik und Therapie

Durch Untersuchung auf diesen Ebenen entstanden inzwischen eine Vielzahl an neuen diagnostischen und therapeutischen Möglichkeiten. Dadurch können immer höhere, lebensbedrohliche Strahlenexpositionen mit höherer Chance überlebt werden. Hier ein paar Beispiele:

So wurden z. B. Blutveränderungen (Zelltod) von Strahlenunfallopfern in einer Datenbank ausgewertet. Mit einer App (dem sogenannten H-Modul) lassen sich Blutwerte der ersten drei Tage nach Bestrahlung erfassen und daraus der Schweregrad der ASK vorhersagen. Die App gibt auch Therapieempfehlungen und ist als Handy App kostenlos für Lehrzwecke verfügbar.

Auf RNA-Ebene wurden vier Gene identifiziert, deren Aktivität nach der Bestrahlung den Schweregrad der H-ASK vorhersagen kann. Bis zum Jahr 2027 wird ein kompaktes Testgerät entwickelt, mit dem eine kleine Blutprobe direkt analysiert und das Ergebnis innerhalb etwa einer Stunde automatisch angezeigt werden kann. Dabei handelt es sich um eine Technik, die als „lab on a chip“ bezeichnet wird: Die Laborschritte laufen auf dem Chip automatisch ab. Dadurch entfallen sowohl der Transport von Blutproben als auch Spezialkenntnisse zur Probenaufarbeitung.

Außerdem wurden Proteine, sogenannte Zytokine – Botenstoffe des Blutes – auf ihre Wirkung bei der H-ASK untersucht. Sie können überlebende Stammzellen anregen, neue Blutzellen zu bilden, und beschleunigen deren Entwicklung zu funktionsfähigen Zellen. Inzwischen gibt es mehrere zugelassene Zytokin-Medikamente, mit denen die H-ASK gut behandelt werden kann. Der aktuelle Forschungsschwerpunkt liegt nun auf der bislang nicht heilbaren gastrointestinalen ASK.

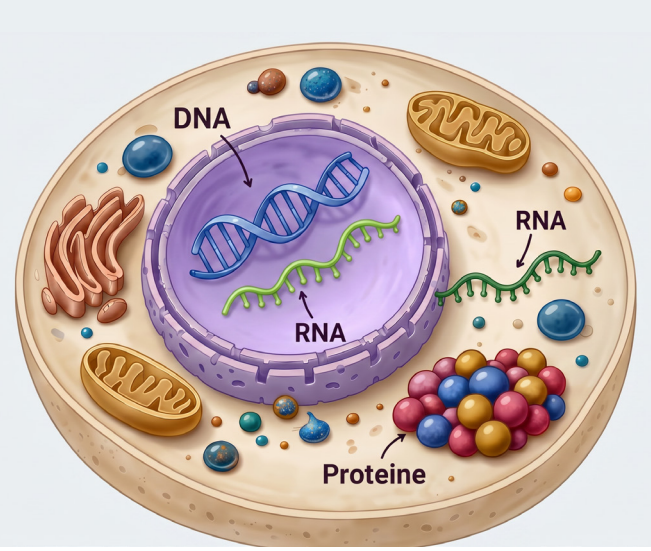


Abb. 2: Eine Zelle enthält drei wichtige Molekülarten: DNA, RNA und Proteine. Die DNA ist die Erbinformation. Die RNA (als fast identische Kopie der DNA) überträgt diese Information. Daraus werden Werkzeuge, sogenannte Proteine gebaut. Sie übernehmen die eigentlichen Aufgaben in der Zelle.

Die Abbildung wurde mit Hilfe von ChatGPT erstellt.

Mit fundiertem Fachwissen setzen wir uns beständig ein für den Schutz von Mensch und Umwelt vor Gefährdungen durch Strahlung in Medizin, Forschung, Industrie und bei natürlichen Strahlenquellen. Auch bei Not- und Unfällen berät und informiert der Fachverband die Öffentlichkeit – unabhängig und kompetent.

Kontakte:

FS-Pressesprecher: Dr. Norbert Zoubek, presse@fs-ev.org
Redaktion: Prof. Dr. Joachim Breckow, Prof. Dr. Clemens Walther
kompakt@fs-ev.org

Dieses Blatt darf kostenlos vervielfältigt und verteilt werden. Spenden sind willkommen. Damit helfen sie unserer Öffentlichkeitsarbeit.

Vielen Dank für Ihre Unterstützung!