

## Gefährdung durch Radioaktivität

Am 27. April 2011 teilte die Hannoversche Allgemeine Zeitung (HAZ) mit, dass die Strahlenwerte in Fukushima weiter gestiegen sind, beispielsweise für Cäsium 134 und 137 um das 250 fache. Ich habe mich gefragt, was bedeutet dies für Menschen, die sich in dieser erhöhten radioaktiven Strahlung aufhalten und welcher Gefahr setzen sie sich bei einer externen Exposition durch radioaktive Strahlung aus. Die radioaktive Strahlung wird dabei vom Körper absorbiert und durchdringt diesen teilweise. Dabei wird Strahlungsenergie vom Gewebe absorbiert. Es kann zu schwerwiegenden gesundheitlichen Schädigungen kommen.

In diesem Zusammenhang wird oft die Zahl 1 mSv genannt. Gelesen *ein Milli Sievert*. Die Einheit dieser Größe ist das Joule pro Kilogramm Masse [J/kg], wobei Joule die Einheit der Energie ist. Wenn sich jemand in einem Strahlenfeld aufgehalten und dabei eine Strahlung von 1 mSv aufgenommen hat, dann beträgt die im Gewebe umgesetzte Strahlungsenergie 1 Joule pro Kilogramm. Dies entspricht einer Energiedosis von 1 mSv. Die Dosisleistung ist die in einer Zeiteinheit von der Strahlung auf das Gewebe übertragene Energie. Gängige Zeiteinheiten sind die Stunde [h] und das Jahr [a]. Was steckt hinter dieser Zahl?

Im Strahlenschutz kennzeichnet die Zahl 1 mSv den Grenzwert pro Jahr für die Bevölkerung (1 mSv/a). Er wird als "effektive" Dosis angegeben. Für Personen, die beruflich einer Strahlung ausgesetzt werden, beträgt der Grenzwert 20 mSv/a. Grenzwerte sind Schutzgrößen des Strahlenschutzes. Sie sollen verhindern, dass Menschen einer hohen gefährlichen Strahlung ausgesetzt werden. Werden Grenzwerte überschritten, dann werden in der Regel Strahlenschutzmaßnahmen durchgeführt, Abstand zur Strahlenquelle erhöhen, Dosis vermindern, Abschirmungen anbringen und Schutzbereiche (Kontroll-, Überwachungs- und Sperrbereich) einrichten.

Das Strahlenrisiko, d.h. die absolute Wahrscheinlichkeit einen Strahlenschaden, Krebs oder Fälle von nicht tödlich verlaufenen Krebserkrankungen zu erleiden, wird mit 5,5 % pro Sievert angegeben<sup>1</sup>. Der zugehörige **Risikoeffizient k** ist 0,055 / Sv.

Damit können wir für eine **effektive Dosis E** das Strahlenrisiko oder auch **Schadensrisiko R** berechnen. Es gilt:

$$R = k * E$$

**Frage 1:** Wie groß ist das Risiko bei einer aufgenommenen effektiven Dosis von 1 mSv an Krebs zu erkranken oder zu sterben?

**Lösung:**  $R = k * D = \frac{0,055}{\text{Sv}} * 1 * 10^{-3} \text{ Sv} = 0,000055$  oder 1 : 18.182.

---

<sup>1</sup> Feuerhake und Mämpel, Gesundheitsgefahren durch Radium in Leuchtfarben der Bundeswehr, [www.bzur.de/berichte.html](http://www.bzur.de/berichte.html)

Wenn sich 20.000 Einwohner im Bereich des strahlenden Kernkraftwerkes aufhalten und dabei eine effektive Dosis von 1 mSv aufnehmen, dann wird theoretisch ein (1) Einwohner an Krebs erkranken oder sterben.

**Frage 2:** Wie groß ist das Risiko, an Krebs zu erkranken oder zu sterben, wenn sich die effektive Dosis von 1 mSv um den Faktor 250 auf 250 mSv erhöht?

**Lösung:**  $R = k * E = \frac{0,055}{Sv} * 250 * 10^{-3} Sv = 0,01375$  oder 1 : 73.

Wenn sich unter diesen Bedingungen 20.000 Einwohner im Bereich des strahlenden Kernkraftwerkes aufhalten und dabei eine Dosis von 250 mSv aufnehmen, dann werden theoretisch 270 Einwohner an Krebs erkranken oder sterben.

Diese Aussagen gelten nur für niedrige Dosen, d.h. für sogenannte **stochastische Strahlenschäden**, bei denen die Erkrankungswahrscheinlichkeit linear mit der Dosis zunimmt. Ein unschädlicher Dosisbereich wird nicht angenommen.

Hohe Dosen erzeugen akute **deterministische Strahlenschäden** mit Zellabtötungen und direkt sichtbaren Effekten wie beispielsweise Hautrötung und Haarausfall. Schweregrad der Effekte und das Ausmaß der Erkrankungen nehmen mit der Dosis zu. Diesen Dosis-Wirkungsbeziehungen sind die Arbeiter am Kernkraftwerk Fukushima direkt ausgesetzt, wenn sie mit Dosen über 250 mSv bestrahlt werden. Die folgende Übersicht<sup>2</sup> summiert ausführlich die bei verschiedenen Dosen auftretenden klinischen Befunde und Symptome nach akuter Ganzkörperbestrahlung.

<p>SCHWELLEN- DOSIS 0.25 Sv</p>	<p>ERSTE KLINISCH FASSBARE STRAHLENEFFEKTE (0.2-0.3 Sv)</p> <p>Abfall der Blut zirkulierenden Lymphozyten innerhalb von 1–2 Tagen.</p>
<p>SUBLETALE DOSIS 1 Sv</p>	<p>VORÜBERGEHENDE STRAHLENKRANKHEIT (0.75-1.5 Sv + )</p> <p>Unwohlsein (Strahlenkater) am ersten Tag möglich. Absinken der Lymphozytenzahl im Verlauf von zwei Tagen auf Werte deutlich unter 1500/mm<sup>3</sup>. Nach einer Latenzzeit von zwei bis drei Wochen treten Haarausfall, wunder Rachen, Appetitmangel, Diarrhöe, Unwohlsein, Mattigkeit, stechnadelkopfgroße purpurfarbene Hautflecken (Petechien) auf. Bei Männern vorübergehendes Absinken der Spermienproduktion. Meist baldige Erholung.</p>
<p>MITTELLETALE DOSIS 4 Sv</p>	<p>SCHWERE STRAHLENKRANKHEIT (3-6 Sv + )</p> <p>Übelkeit und Erbrechen am ersten Tag. Absinken der Lymphozytenzahl bei Dosen um ca. 3 Sv auf Werte unter 1000/mm<sup>3</sup>, und 57 bei Dosen über 5 Sv fast vollkommenes Verschwinden aus der Blutbahn. Bei Granulozyten zunächst steiler Anstieg, dann steiler Abfall und nach er-</p>

<sup>2</sup> Radioaktivität, Röntgenstrahlung und Gesundheit, Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz  
BzUR

neuem abortiven kurzen Anstieg ab zweiter Woche wieder Abfall der Werte auf weniger als  $2000/\text{mm}^3$ . Hauptursache für große Infektionsneigung. - Nach 10 bis 14 Tagen zeigen sich Haarausfall, Appetitmangel, allgemeines Unwohlsein, Diarrhöe, schwere Entzündungen im Mund- und Rachenraum, innere Blutungen (Hämorrhagien), Fieber, Petechien, Purpura (größere purpurfarbene Hautflecken). Bei Männern je nach Dosis vorübergehende bis lebenslange Sterilität, bei Frauen Zyklusstörungen. Bei fehlenden Therapiemaßnahmen ist bei Dosen über 5 Sv mit etwa 50 % Todesfällen zu rechnen. Bei spontaner Regeneration Wiederanstieg der Granulozyten etwa Ende der 4. Woche.

LETALE  
DOSIS  
7 Sv

#### TÖDLICHE STRAHLENKRANKHEIT (6-10 Sv + )

Übelkeit und Erbrechen nach 1-2 Stunden. Nach drei bis vier Tagen: Diarrhöe, Erbrechen, Entzündungen in Mund und Rachen sowie im Magen-Darmtrakt mit Blutungen (Hämorrhagie), Fieber, schneller Kräfteverfall. Bei fehlender Therapie Mortalität fast 100 %.- Bei Dosen über 15 Gy innerhalb einer Woche zunehmend schnell Koma und Tod.

Man weiß, dass sich deterministische Schäden als akute Strahlenkrankheit und mit einer Latenzzeit von Jahren in verschiedenen Geweben, wie Haut, Lunge, Bindegewebe als chronische Erkrankungen manifestieren können.

Strahlenschäden können schon bei sehr geringen Dosen auftreten. Sie machen sich allerdings bedingt durch die Latenzzeit erst nach Jahren bis Jahrzehnten durch Erkrankungen bemerkbar. Hohe Dosen wirken sofort, erkennbar am Strahleneffekt.

Noch viel schlimmere Folgen hat die Ausbreitung der Radioaktivität in der Region um das Kernkraftwerk. Die in der Region lebenden Menschen werden ihren Wohnort nicht mehr betreten können. Sie verlieren alles, was sie sich im Laufe eines Lebens aufgebaut haben. Für uns unfassbar.

Wir hoffen, dass wir Ihnen einen ersten Eindruck über die Gefährdung durch radioaktive Strahlung vermitteln konnten, ohne darauf einzugehen, wie die Effekte radioaktiver Strahlung im Gewebe des Körpers wirken. In jedem Fall, meiden Sie radioaktive Strahlenquellen. Das Problem dabei ist allerdings, dass Sie diese Strahlung nicht sehen, riechen, fühlen und schmecken können. Sie sind Abhängig von anderen Menschen, die die Gefahren kennen, nennen und davor warnen. Achten Sie immer auf die bekannten Warnzeichen vor Radioaktivität.



Walter Mämpel