

Radioaktivität und ihre gesundheitlichen Folgen

Was ist Radioaktivität und wie wird sie gemessen? Wie gross ist das Gesundheitsrisiko, wenn radioaktive Substanzen in die Umwelt gelangen? Wie lange hält die Gefährdung an?

Radioaktivität entsteht, wenn instabile Atomkerne sich spontan und unter Energieabgabe umwandeln. Die freiwerdende Energie wird als ionisierende Strahlung abgegeben. Oft werden unter Radioaktivität auch radioaktive Substanzen verstanden. Es gibt verschiedene Zerfallsarten – bedeutsam sind im Zusammenhang mit der Atomenergienutzung der Alpha-, Beta- und Gammazerfall.

URANIUM 238 (U238) RADIOACTIVE DECAY		
type of radiation	nuclide	half-life
	uranium—238	4.5 x 10 ⁹ years
α	thorium—234	24.5 days
β	protactinium—234	1.14 minutes
β	uranium—234	2.33 x 10 ⁵ years
α	thorium—230	8.3 x 10 ⁴ years
α	radium—226	1590 years
α	radon—222	3.825 days
α	polonium—218	3.05 minutes
α	lead—214	26.8 minutes
β	bismuth—214	19.7 minutes
β	polonium—214	1.5 x 10 ⁻⁴ seconds
α	lead—210	22 years
β	bismuth—210	5 days
β	polonium—210	140 days
α	lead—206	stable

Zerfallsprodukte sind in der Regel nicht stabil sondern zerfallen weiter, bis am Ende der Zerfallsreihe ein stabiler Zustand erreicht wird. Bei der Spaltung von Uran im Atomreaktor entstehen eine Reihe von Zerfallsprodukten (siehe Abbildung am Beispiel Uran-238). Das sind radioaktive Substanzen, die teils kurzlebig, teils über Jahrmillionen radioaktiv bleiben und eine Gefahr für die Gesundheit von Mensch und Umwelt darstellen. Sie sind in den abgebrannten Brennelementen, der gefährlichsten Kategorie radioaktiver Abfälle, enthalten.

Wie wird Radioaktivität gemessen?

Die bekanntesten Messgeräte sind der Geigerzähler und der Dosimeter. Mit dem Geigerzähler wird die Aktivität ionisierender Strahlung gemessen, dabei werden Alpha-, Beta- und Gammastrahlung erfasst. der Geigerzähler ermöglicht die Messung der Umgebungsstrahlung oder einzelner Objekte und wird oft als Überwachungsmessgerät eingesetzt. Einfache Geigerzähler erfassen jedoch nur die Anzahl der Impulse, was keinen Rückschluss auf die Strahlungsart erlaubt. Mit dem Personendosimeter werden Röntgen- und Gammastrahlung (und mit Abstrichen Betastrahlung) gemessen. Sie zeigen, resp. addieren die aufgenommene Strahlendosis seit dem Einschalten des Geräts auf. Der Nachweis und die Konzentration von radioaktiven Substanzen erfolgt in Laboratorien (z.B. in einigen Kantonslaboratorien oder im ABC-Labor in Spiez).

Folgende Messarten und Masseinheiten kommen zur Anwendung:

- **Aktivität** (Zerfallsrate eines Isotops): Curie (Ci) oder Becquerel (Bq)
- **(Strahlen-)Belastung**, erfolgt mit Messgerät: Röntgen (R)
- **Absorption** (absorbierte Dosis): Gray (Gy) oder Rad (Rd)
- **Äquivalente** (absorbierte) **Dosis** (schliesst biologischen Faktor ein): Sievert (Sv) oder Rem

Sowohl für einzelne Strahlungsarten wie auch für die Gesamtjahresdosen – wie etwa für beruflich exponierte Personen – sind sowohl auf internationaler Ebene wie auch in den nationalen Strahlenschutzverordnungen **Grenzwerte** festgelegt worden. Damit wird die maximal zulässige Aufnahme oder Konzentration eines

Schadstoffes bezeichnet, bei der man davon ausgeht, dass keine Schädigung der menschlichen Gesundheit eintritt.

Halbwertszeit

Die Halbwertszeit bezeichnet die Zeitspanne, in der sich die Menge einer Substanz – in unserem Fall identisch mit der Strahlungsaktivität - halbiert. Die verbliebene Menge halbiert sich wiederum im Laufe der nächsten Halbwertszeit. Nach einer Halbwertszeit verbleibt also die Hälfte, nach einer zweiten ein Viertel, nach drei Halbwertszeiten ein Achtel usw. Als praktisches Beispiel sei die Kontamination durch Caesium-137 durch den Fall-out der Tschernobyl-Katastrophe erwähnt. Auch 25 Jahre nach der Katastrophe erreicht die Belastung von Pilzen oder von Wildschweinfleisch zum Teil Werte über den Vermarktungsgrenzwerten. Dies hat mit der Halbwertszeit des Caesiums zu tun, die rund 30 Jahre beträgt. Das heisst: die Substanz ist heute praktisch erst zur Hälfte abgebaut und auch in 100 Jahren noch nachweisbar. In den stark verseuchten Gebieten in Weissrussland, Russland und der Ukraine ist die biologische Wirkung dieser Substanz auch für kommende Generationen gesundheitsgefährdend.

Die verschiedenen Zerfallsarten

Alphastrahlung kann bereits mit einem einfachen Papier abgeschirmt werden. Alphastrahlung, die von außen auf den menschlichen Körper wirkt, ist relativ ungefährlich, da die Alphateilchen auf Grund ihrer geringen Eindringtiefe überwiegend nur in die oberen, toten Hautschichten eindringen. Ein im Organismus durch Einatmen oder Aufnahme mit der Nahrung eingelagerter Alphastrahler ist dagegen sehr schädlich, da in diesem Fall nicht die toten Hautschichten, sondern lebende Zellen geschädigt werden. Alphastrahlende Substanzen sind u.a. Uran-238, Plutonium-238/239, Radium-226

Betastrahlung erfordert bereits ein Metallblech von einigen Millimetern Dicke zur vollständigen Abschirmung. Ist der menschliche Körper Betastrahlen ausgesetzt, werden nur Hautschichten geschädigt. Dort kann es aber zu intensiven Verbrennungen und daraus resultierenden Spät-

folgen wie Hautkrebs kommen. Sind die Augen der Strahlung ausgesetzt, kann es zur Linsentrübung kommen. Werden Betastrahler in den Körper aufgenommen, sind hohe Strahlenbelastungen in der Umgebung des Strahlers die Folge. Gut dokumentiert ist Schilddrüsenkrebs als Folge von radioaktivem Iod-131, das sich in der Schilddrüse sammelt. Betastrahlende Substanzen sind u.a. Tritium, Iod-131, Technetium-99



Gammastrahlung braucht eine dicke Schicht aus einem Material hoher Dichte (z.B. eine meterdicke Betonwand), um die Strahlung weitgehend abzuschirmen. Wird Gammastrahlung in menschlichem Gewebe aufgenommen, wird ihre Energie in Ionisations- und anderen Vorgängen wirksam. Der bestrahlte Organismus selbst und das Erbgut können beschädigt werden, so dass bei den Nachkommen genetische Schäden auftreten. Durch die Strahlung nur gering geschädigte Zellen können zwar ihre Teilungsfähigkeit behalten, sich aber künftig unkontrolliert teilen und zu bösartigen Tumoren wachsen. Gammastrahler sind u.a. Cobalt-60, Caesium-137, Strontium-90

Gesundheitliche Folgen radioaktiver Strahlung

Hohe Strahlendosen führen zu akuter Strahlenkrankheit. Bekannteste Beispiele sind die Opfer der Atombombenabwürfe in Hiroshima und Nagasaki, aber auch die unmittelbaren Todesopfer der Tschernobyl-Katastrophe. Die Strahlung führt in der Regel nicht zum sofortigen Tod der be-

strahlten Zellen, sondern zum Verlust ihrer Teilungsfähigkeit. Beispielsweise haben Haut und Schleimhaut eine sehr hohe tägliche Zellaustauschrate. Wird der Nachschub aus den Stammzellen durch Strahlung ausgeschaltet, so geht innerhalb weniger Tage die gesamte Haut zugrunde. Je höher die Dosis umso schwerwiegender sind die Auswirkungen. Akute Strahlenkrankheiten mit hohen Dosen führen in der Regel zum Tod innerhalb weniger Tage. Die biologische Wirkung niedriger Strahlendosen ist bis heute nicht vollständig geklärt.

Weil eine Erkrankung oft erst Jahre nach der Bestrahlung auftritt und langjährige Erfahrungen mit Ereignissen wie in Tschernobyl fehlen, ist der weitere Verlauf der Epidemie nur schwer abzuschätzen. Bis 2005 waren in Weissrussland, Russland und der Ukraine 4000 Fälle von Schilddrüsenkrebs bekannt – allein in Weissrussland rechnet man im Laufe der Jahre mit weiteren 18.000 bis 66.000 Fällen. Bei der niedrigeren Schätzung erwartet man nach der Strahlungsaufnahme 40 Jahre

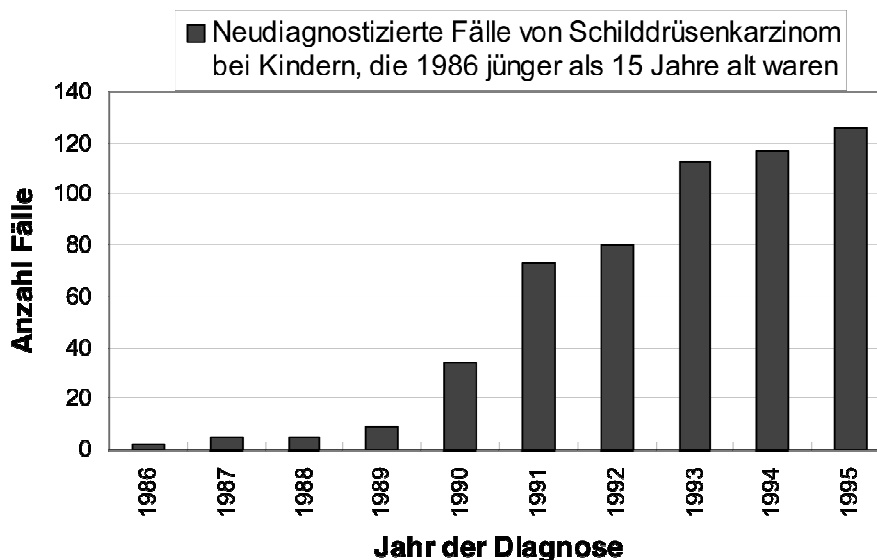


Abbildung: Anzahl kindlicher Schilddrüsenkarzinome bis 1995 in betroffenen Gebieten Weissrusslands (Grafik: Inst. für Sozial- und Präventivmedizin der Uni Bern)

Folgen des Fall-Outs bei einer Reaktorkatastrophe

Schilddrüsenkrebs

Schilddrüsenkrebs wird durch die Bestrahlung mit radioaktivem Jod ausgelöst. Als Präventionsmassnahme wurden in der Schweiz an die Haushalte der Alarmzone 1 Jodtabletten verteilt. Die Einnahme führt dazu, dass die Schilddrüse gesättigt wird und nur wenig radioaktives Jod in der Schilddrüse aufgenommen wird. Da diese

Prävention in den stark betroffenen Gebieten um Tschernobyl fehlte, ist dort mit vielen Schilddrüsenkrebsfällen zu rechnen. Bereits 4 Jahre nach dem Unfall nahm die Zahl der Krebsfälle bei Kindern stark zu.

lang ein konstantes relatives Risiko. Die höhere Schätzung geht von einem konstanten relativen Risiko während der gesamten Lebenszeit aus.

Leukämie

In der Umgebung von Atomanlagen – bekannt sind die Untersuchungsergebnisse aus Sellafield, wo die britische Wiederaufarbeitungsanlage steht – treten vermehrt Leukämiefälle bei Kindern auf. Die Ursachen sind noch weitgehend unerforscht und ein Zusammenhang mit der Freisetzung radioaktiver Substanzen wird kontrovers diskutiert.

Andere Krebsarten

Bei den meisten Krebsarten liegt ein Zeitraum von 20 bis 60 Jahren zwischen der Strahlungsaufnahme und dem Ausbruch der Krankheit. Das belegen Zahlen aus Weissrussland. 20 Jahre nach dem Unfall in Tschernobyl verzeichnen die am meisten betroffenen Regionen einen Anstieg der Krebskranken um 40%. Selbst die IAEA - sonst eher verharmlosend, was die Folgen der Tschernobyl-Katastrophe betrifft - räumt anhand eigener Untersuchungen mit der Weltgesundheitsorganisation (WHO) ein: Frauen, die zur Zeit der Katastrophe unter 45 Jahre alt waren, erkrankten heute vermehrt an prämenopausalem Brustkrebs. In den westlichen Staaten ist Brustkrebs die häufigste Krebsart bei Frauen.



Weitere Auswirkungen ausser Krebs

Zwei nicht krebsbedingte Folgen, Grauer Star und Herz-Kreislauf-Erkrankungen, sind durch deutlichen Nachweis eines Zusammenhangs mit Tschernobyl gut dokumentiert. Bei Kindern und jungen Menschen zwischen 5 und 17 Jahren, die in der Nähe von Tschernobyl leben, wurden Veränderungen der Augenlinsen in Verbindung mit der Strahlung festgestellt. Eine große Studie über die Notfall-Einsatzkräfte von Tschernobyl belegte ein deutlich höheres Erkrankungsrisiko des Herz-Kreislauf-Systems. (Aus: TORCH - Der andere Bericht über Tschernobyl: www.chernobylreport.org)

Genetische Schäden und Erfolge

Bekannt ist, dass Strahlung die Gene und Chromosomen schädigen kann. Studien in

Weissrussland erwiesen bei Mutationen in den Keimbahnen einen Anstieg um das Zweifache. Die Analyse einer Gruppe von Familien aus der Ukraine, die der Strahlung ausgesetzt waren, bestätigte diese Ergebnisse. In Weissrussland werden seit Anfang der achtziger Jahre Missbildungen bei Neugeborenen registriert. Nicht eingeschlossen sind dominante Mutationen, die im Embryonalstadium meist tödlich verlaufen. So steht heute in Weissrussland einer gesunkenen Geburtenrate eine signifikante Erhöhung der Missbildungsrate bei Neugeborenen gegenüber. Chronische Aufnahme von Caesium-137 (Akkumulation in der Plazenta schwangerer Frauen) führt zu Missbildungen und Totgeburten.

Nicht abwägbarere Auswirkungen

Der IAEA/WHO-Bericht benennt deutlich die weit reichenden geistigen und psychologischen Folgen sowie die Auswirkungen auf das zentrale Nervensystem nach der Katastrophe von Tschernobyl: „Der Einfluss von Tschernobyl auf die geistige Gesundheit ist bis heute das grösste Problem der öffentlichen Gesundheit als Folge des Unglücks. Das Ausmass des Unglücks, die Grösse der betroffenen Bevölkerungsgruppen und die langfristigen Folgen machen dies mit Abstand zur grössten industriellen Katastrophe aller Zeiten.“

Quellen

- Verschiedene Nachschlagewerke u.a. Wikipedia IAEA-TECDOC-1280
- Radiation legacy of the 20th century: Environmental restoration
- Proceedings of an International Conference (RADLEG 2000) held in Moscow, Russian Federation, 30 October–2 November 2000 and organized by the Ministry of the Russian Federation for Atomic Energy in co-operation with the International Atomic Energy Agency, the European Commission and the Russian Academy of Sciences
- Riond J.-L.: Kontamination der Nahrungskette mit Cäsium-137 und Strontium-90 in der Schweiz. Bern, 2004
- Kofer A., Bleuer J. P., Abelin Th.: Schilddrüsenkrebs nach Tschernobyl
- Walter, M.: Strahlenschutz – Argumente gegen die von der ICRP (Internationale Kommission für Strahlenschutz) vorgesehenen Lockerungen der Regeln, in: Schweizerische Ärztezeitung, 2005