

Röntgen, REM, Milli-REM ...

Röntgen ist die Messeinheit für die radioaktive Strahlung in der Luft. **REM** bezeichnet die Wirkung dieser Strahlung auf den Menschen in einer bestimmten Zeiteinheit. Ein **Milli-REM** ist der tausendste Teil eines REM.

Gemäss Angaben des Eidgenössischen Instituts für Reaktorforschung in Würenlingen und anderer von der «Züri Woche» befragter Fachleute gelten derzeit für die Schweiz folgende durchschnittliche Werte, alle gerechnet auf den Zeitraum eines ganzen Jahres:

120–400 Milli-REM

Natürliche Strahlung (kosmische und terrestrische). Höchstwert in der Schweiz: Bergell mit bis zu 400 Milli-REM. Zum Vergleich: Einwohner von Kerala (Südindien) sind seit Jahren einer natürlichen Strahlung von ca. 3000 Milli-REM ausgesetzt.

100 Milli-REM

Strahlung durch Industrie und Medizin (Röntgenaufnahmen): Eine einzelne Röntgenaufnahme z. B. beim Zahnarzt ergibt 200 bis 300 Milli-REM, aber in einer Zehntelssekunde.

150–5000 Milli-REM

Strahlung durch Radon (in Bauten; zwangsläufige Begleitscheinung moderner Baustoffe).

25 Milli-REM

Atombombentests in den 60er Jahren (damals gemessene Niederschläge in der Schweiz).

2 Milli-REM

Atombombentests 1986 (bedeutend weniger Tests als früher).

1000 Milli-REM

Tschernobyl-Wolke (in der völlig unrealistischen Annahme, dass die Wolke in der heutigen Intensität ein ganzes Jahr lang auf die Schweiz einstrahlen würde).

600 000 Milli-REM

Tödliche Dosis (in der Annahme, dass diese Strahlungsintensität innert weniger Stunden auf den Menschen einwirken würde. Die gleiche Dosis, über einige Wochen verteilt, würde zu Strahlenkrankheit führen).

Schnellkurs in Strahlenphysik

Im Zusammenhang mit Tschernobyl wird dem Publikum einiges an kernphysikalischen Sachbegriffen zugemutet. Vielleicht können folgende Erklärungen nützlich sein.

hc. Radioaktive Stoffe zeichnen sich dadurch aus, dass ihre Atomkerne mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit zu *ändern Atomarten zerfallen*, wobei je nach Stoff *Alphastrahlung* (= Heliumkerne), *Betastrahlung* (= Elektronen) oder *Gammastrahlung* (= Röntgenstrahlung, Photonen, elektromagnetische Wellen) entstehen. Radioaktive Strahlen verlieren beim Auftreffen auf Luft, Wasser oder Körpergewebe ihre Energie, indem aus neutralen Materieteilchen mehr oder weniger viele geladene Teilchen (*Ionen*) und Elektronen gebildet werden. Diese Ionenbildung kann direkt oder über zusätzliche radiochemische Prozesse *Körperzellen schädigen* und auch die *genetische Information* im Zellkern verändern. Werden Alphastrahlen in Luft schon nach einigen Zentimetern abgebremst, geben Betastrahlen ihre Energie auf einigen Metern und Gammastrahlen auf einigen hundert Metern ab. Deshalb sind Alpha- und Betastrahlen für Lebewesen vor allem ein Problem, wenn sie auf die Haut oder in den Körper gelangen, während Gammastrahlen schon auf dem Gelände und in der Luft gefährlich sind.

Obschon man vom einzelnen radioaktiven Kern nicht weiss, wann er zerfallen wird, wandeln sich aus einer Vielzahl von Kernen in einem radioaktiven Präparat pro Zeiteinheit eine für die Stoffart typische Anzahl Kerne um. Diese *Zerfallshäufigkeit* nennt man *Aktivität*; sie wird in *Becquerel* (Bq; 1 Bq = 1 Zerfall pro Sekunde) oder in *Curie* (Ci; 1 Ci = 37 Milliarden Bq) angegeben. So zerfallen in einem bestimmten Zeitraum die *Hälfte* der vorhandenen Kerne einer radioaktiven Substanz. Für Jod-131

beträgt diese sogenannte Halbwertszeit beispielsweise 8 Tage. Unter *Energiedosis* versteht man die Energie, welche von der radioaktiven Strahlung beim Bremsvorgang an eine bestimmte Körpermasse abgegeben wird: 1 Joule auf 100 kg Materie ergibt eine Energiedosis von 1 *Rad* (rd). In *Röntgen* (R) wird die *Ionendosis* gemessen, ein Mass für die Anzahl der geladenen Teilchen, die entstehen, wenn radioaktive Gammastrahlung durch Luft abgebremst wird. *Röntgen pro Stunde* (R/h) ist deshalb ein Mass für die *Intensität* einer radioaktiven Quelle.

Die Energie, welche es braucht, um aus normalen Atomen Ionen zu machen, hängt stark vom bremsenden Material ab. Sowohl in Luft wie im menschlichen Körper deponiert die Ionendosis von 1 R gerade ungefähr eine Energiedosis von 1 rd. Es spielt nun ausserdem eine Rolle, ob eine bestimmte Strahlungsenergie auf kürzester Distanz im Körper abgegeben wird und deshalb eine oder wenige Zellen intensiv mit Ionen belastet oder ob sich die Energie auf sehr viele Zellen verteilt. Dies wird mit einem zusätzlichen Qualitätsfaktor, der *relativen biologischen Wirksamkeit*, berücksichtigt. Insbesondere die recht grossen Alphateilchen kommen rasch zum Stillstand, und der «Schädlichkeitsfaktor» beträgt 15 bis 20, während für Beta- und Gammastrahlung der Faktor lediglich 1 ist. Um also die biologische Schädlichkeit radioaktiver Strahlung anzugeben, muss man die Energiedosis mit dem Qualitätsfaktor multiplizieren und erhält damit die sogenannte *Aquivalentdosis* (rem). Aus dem oben Gesagten gilt im Körpergewebe für Gamma- wie Betastrahlung annähernd: 1 R = 1 rd = 1 rem.

Fakten und Zahlen zur radioaktiven Verstrahlungslage Auch Cäsium in der Schweiz erhöht

hc. Wieviel radioaktives Material bisher aus dem zerstörten Tschernobyl-Kernreaktor ausgetreten ist, weiss man nicht. Der mittlerweile bekannt gewordene Wert von anfangs 200 Röntgen pro Stunde für die radioaktive Intensität in unmittelbarer Umgebung des Reaktors lässt auf *enorme Mengen* schliessen. Schon der Aufenthalt während nur einer Stunde in solch massiv verstrahlter Gegend bedeutet eine Belastung von 200 Röntgen, was eine *akute Strahlenkrankheit* mit Haarausfall, Appetitmangel, Durchfall und Blutungen bewirkt. Erholt sich der grösste Teil der Betroffenen nach solchen Dosen, bedeuten 600 R für die meisten den Tod, vor allem wegen Zerstörung des blutbildenden Knochenmarks und Zusammenbruchs des Immunsystems.

Ungewisse untere Schädlichkeitsgrenze

Je kleiner die Strahlenbelastung, je geringer auch die Schäden. International wird für die Bevölkerung eine *Dosislimite von kleiner als 0,5 rem pro Jahr* empfohlen. Die *natürliche Strahlenbelastung* pro Kopf der Schweizer Bevölkerung schwankt je nach Höhenlage und geologischem Untergrund zwischen *0,14 und 0,5 rem pro Jahr*; durch *künstliche Belastung* – vor allem medizinische Untersuchungen – kommen *nochmals 0,2 rem pro Jahr* hinzu. Betreffend einer *unteren Grenze der Schädlichkeit* radioaktiver Strahlung herrscht allerdings *Ungewissheit*. Tumoren sowie genetische Schäden treten wahrscheinlich auch bei geringer Bestrahlung vermehrt auf, und man schätzt für eine zusätzliche Dosis von 1 rem pro Person auf 10 000 Personen einen zusätzlichen Krebstodesfall.

Besonders problematisch ist, wenn radioaktive Stoffe durch die Lungen oder über den Darm in den Körper aufgenommen und dort in bestimmte Organe eingebaut werden. Sie wirken dort, je nach radioaktiver Halbwertszeit, und biologischer «Durchlaufgeschwindigkeit» während kürzerer oder längerer Zeit als innere Strahlungsquelle und können das Organ schwer schädigen. So lagert sich *Jod 131* anstelle von normalem Jod bevorzugt in den Schilddrüsen ein, *Strontium* wird anstelle von Kalzium in den Knochen und *Cäsium* anstelle von Kalium im Muskelgewebe eingebaut.

In den ersten Tagen einer radioaktiven Verstrahlung ist fast immer das *Jod 131* das Hauptproblem, denn seine Halbwertszeit von nur 8 Tagen bedeutet viele Zerfälle in kurzer Zeit, was vor allem für die Schilddrüsen von Kleinkindern zur Gefahr werden kann. Die Idee, durch zusätzliche Gabe von normalem Jod dem *Jod 131* gewissermassen zuvorkommen, ist jedoch nur sinnvoll im Falle einer massiven Verstrahlung und wirkt bei derart geringen *Jod 131*-Mengen, wie sie zurzeit in der Schweiz gemessen werden, eher nachteilig.

Die radioaktive «Wolke»

Was ist nun vom über 1500 Kilometer entfernten Tschernobyl in die Schweiz gelangt? Das katastrophale Feuer im Reaktor hat wohl Partikeln verschiedenster Grösse in die Atmosphäre hochgerissen. Über sehr grosse Distanzen können sich aber nur ganz kleine Teilchen in der Luft halten, und die mit Höhenwinden nach Mitteleuropa verfrachteten Partikeln haben Durchmesser weniger als einem tausendstel Millimeter. Mitergrissen worden vom heissen Sog des Graphitbrandes sind vor allem relativ leichtflüchtige und mobile Spaltprodukte, insbesondere radioaktives *Jod*, *Cäsium* und *Strontium*. Die radioaktiven Brennstoffe *Uran* sowie *Plutonium* sind in den Brennstäben stark gebunden und nur schwer verdampfbar, weshalb sie in der radioaktiven «Wolke» nicht stark vertreten sein dürften. In dieser radioaktiven «Wolke» haften Cäsium und Strontium an der Oberfläche der mikroskopisch kleinen Staubteilchen, während Jod vor allem als gasförmiges Molekül mitzieht. Auf Grund ihres Eigengewichtes schweben diese Mikroteilchen nun während Tagen und Wochen auf die Erde; Regenfälle beschleunigen dieses Niedersinken stark.

Jod 131 vorläufig das Hauptproblem

Am letzten Montag ist in der Ostschweiz und im Tessin 1 Meter über dem Boden eine Iondosis von 60 bzw. 150 millionstel Röntgen pro Stunde gemessen worden; der natürliche Strahlenuntergrund beträgt in der Schweiz etwa 10 millionstel R/h. Die wegen Tschernobyl jetzt erhöhte Radioaktivität zeigt bereits wieder *sinkende Tendenz*.

Jod 131 leistet in den ersten Wochen mit Abstand den grössten Beitrag an die gesamte Radioaktivität, und die Empfehlung, *Gemüse und Salat zu waschen* sowie *keine Frischmilch an Kleinkinder und Schwangere abzugeben*, entspringt der berechtigten Taktik, wo immer sich zusätzliche Belastungen ohne grossen Aufwand vermeiden lassen, dies auch zu tun. Gemessen worden in der Schweiz sind bisher *Jod-131*-Werte von maximal *30 milliardstel Curie pro Liter Milch*. Der von der Nationalen Alarmzentrale noch als tolerierbar genannte Richtwert beträgt *100 milliardstel Curie pro Liter*; ein solcher Wert würde die Schilddrüse pro Liter konsumierter Milch mit *0,2 rem* belasten.

Erste Cäsium-Daten

Nachdem in wenigen Wochen das *Jod-131* weitgehend zerfallen sein wird (die Aktivität sinkt in 80 Tagen um einen Faktor 1000), treten *Cäsium 137* (Halbwertszeit 30 Jahre) sowie *Strontium 90* (Halbwertszeit 28,5 Jahre) in den Vordergrund. *Erste Cäsium-Messungen* sind bereits an der EAWAG in Dübendorf erfolgt. In der Milch sind maximal *3 milliardstel Curie pro Liter*, im Oberflächenwasser *0,1 milliardstel Curie pro Liter* gemessen worden. Dieser *Milchwert* liegt also gut *zehnmal tiefer als für Jod 131*. Weil die Halbwertszeit aber 30 Jahre beträgt, dürfte uns das jetzt im Boden und Wasser deponierte Tschernobyl-Cäsium wesentlich länger begleiten als *Jod 31*.

Das dritte für die radioaktive Verstrahlung relevante Isotop, *Strontium 90*, wie auch *Uran* und *Plutonium*, sind bisher an der EAWAG noch nicht gemessen worden, denn diese Radioisotope müssen für die Messung erst chemisch speziell aufbereitet werden, was viele Tage Laborarbeit bedeutet. Aus Kernwaffentests weiss man jedoch, dass in Gemischen radioaktiver Spaltprodukte Cäsium und Strontium etwa im Verhältnis 3 zu 2 vorliegen. Man kann deshalb bereits heute für den Tschernobyl-Ausfall einen *Strontium-Wert erwarten, der kleiner als der bereits gemessene Cäsium-Wert* ist.

*

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die momentan erhöhte Radioaktivität in der Schweiz weit unterhalb einer kritischen Grenze ist und jegliche Art von Panik verfehlt wäre. Auch für die weitere Zukunft ist keine gefährliche Entwicklung zu erwarten. Allenfalls von offiziellen Stellen vorgeschlagene Massnahmen haben die Absicht, selbst geringe Strahlenbelastungen dort zu vermeiden, wo dies mit einfachen Mitteln möglich ist.

Schweiz für den Katastrophenfall gerüstet

Genügend Schutzräume,
aber ungenügende Einrichtung

(szsv) Im Zusammenhang mit dem schweren Unfall in einem sowjetischen Kernkraftwerk weist der *Schweizerische Zivilschutzverband (SZSV)* darauf hin, dass die Schweiz, nicht zuletzt dank dem Ausbaustandard des Zivilschutzes, auch für solche Katastrophen in Friedenszeiten vorbereitet ist. Die *5,9 Millionen Schutzplätze* bieten bei ähnlichen Katastrophenfällen in der Schweiz der Bevölkerung ausreichenden Schutz, damit solche Situationen ohne gesundheitliche Schädigungen überstanden werden können. *Schutzräume vermindern die Intensität der äusseren Strahlung um das Mehrhundertfache.* Der SZSV weist die Bevölkerung einmal mehr darauf hin, dass zuhinterst in jedem Telefonbuch angegeben ist, wie man sich in solchen Katastrophenfällen zu verhalten hat und welche Vorkehrungen punkto etwaigen Schutzraumbezugs zu treffen sind. Die Ereignisse in der Sowjetunion zeigen indessen aber auch, dass unter Umständen Schutzräume innert kürzester Zeit bezogen werden müssen und sich ein Aufenthalt von mehreren Tagen aufdrängen kann. Der Zivilschutzverband weist darauf hin, dass leider heute in der Schweiz *die wenigsten der bestehenden Schutzräume bereits eingerichtet* sind. Aus diesem Grund hat das *Bundesamt für Zivilschutz (BZS)* entsprechende Bestimmungen erlassen, mit denen die Bauherren seit dem 1. Januar 1986 verpflichtet werden, die obligatorischen Schutzräume mit den Liegestellen und Notaborte zu versehen. Für bereits bestehende Schutzräume besteht eine Übergangsfrist von zehn Jahren.

Erhöhte Strahlenbelastung im Tessin

Zürich, 6. Mai. (sda/ap) Die anhaltenden Regenfälle haben am Dienstag die Strahlenbelastung im Tessin (Sottoceneri/Bissone) auf Spitzenwerte bis zu 180 Mikro-(Millionstel)-Röntgen pro Stunde ansteigen lassen. In der Nord- und Ostschweiz gingen die Werte hingegen zurück. Erstmals stellte die Kommission für AC-Schutz jedoch bei *Schafmilchproben* eine Überschreitung der Grenzwerte fest. Auch nahm die Verstrahlung von *Freiland-Blattgemüse* weiter zu. In *Chiasso* sanken die Messwerte von 130 am Vortag auf 100 Mikro-Röntgen, während sie in *Melano* von 135 auf 160 stiegen. Im nördlichen Tessin waren die Werte allgemein tiefer. Bei der Strahlenbelastung der *Kuhmilch* blieben die Messwerte mit etwa 30 nano-Curie weiterhin um rund zwei Drittel unter dem Richtwert von 100 nano-Curie. Um der Bevölkerung detailliertere Informationen geben zu können, haben die betroffenen Stellen ein *Nottelefon* eingerichtet, das für die *Ostschweiz* rund um die Uhr unter der Nummer (01) 252 98 00 erreichbar ist; für die *übrige Schweiz* steht die Nummer (031) 61 96 11 zur Verfügung.