



Markus Zürcher 10. Juni 2013

Radioaktivität in historischem Material und Bauten der Schweizer Armee

Eine Beurteilung des Kompetenzzentrums Strahlen-
schutz VBS

Inhaltsverzeichnis

1. Radioaktivität	3
1.1. Ionisierende Strahlung	3
1.2. Herkunft	3
1.3. Biologische Wirkungen.....	3
2. Strahlenschutz	4
2.1. Zuständigkeiten in der Schweiz.....	4
2.2. Zuständigkeit im VBS.....	4
2.3. Gesetzliche Grenzwerte.....	4
3. Radium	5
3.1. Radium-Leuchtfarbe	5
3.2. Armeematerial mit möglicher Radiumbelegung.....	5
3.3. Umgang und Entsorgung von Radium	5
4. Radon	6
4.1. Gesundheitliche Risiken durch Radon	6
4.2. Radonrisiko in der Schweiz.....	6
4.3. Messung von Radon	6
5. Bilder radioaktiver Gegenstände	7
6. Zusammenfassung	8
6.1. Radium	8
6.2. Radon	8
6.3. Weiteres Material mit radioaktiven Stoffen	8
6.4. Kontaktstellen	9



1. Radioaktivität

Radioaktivität ist eine natürliche Eigenschaft einiger Elemente. Ihre instabilen Atome zerfallen und senden dabei ionisierende Strahlung aus. Beim radioaktiven Zerfall handelt es sich um eine Kernumwandlung. Ein Atom mit einem sehr instabilen Kern hat eine kurze Halbwertszeit. Die **Einheit** zur Angabe der Aktivität eines radioaktiven Stoffes heisst **Becquerel** und entspricht einer Kernumwandlung pro Sekunde. Die wichtigsten Arten der von Atomen ausgesandten ionisierenden Strahlungen sind **Alpha-, Beta- und Gammastrahlung**. Im weiteren sind Röntgenstrahlen zu erwähnen, diese werden in einem speziellen Gerät (Röntgenanlage, Beschleuniger) durch Beschuss einer Anode mit beschleunigten Elektronen erzeugt und sind eine Form elektromagnetischer Strahlung ohne Masse oder Ladung. Alle diese Strahlenarten unterscheiden sich hinsichtlich ihres Durchdringungsvermögens.

1.1. Ionisierende Strahlung

Strahlung, die energiereich und imstande ist, anderen Atomen Elektronen zu entreissen, wird als "ionisierende Strahlung" bezeichnet. Elektromagnetische Strahlung kann eine Ionisation bewirken, wenn die Wellenlänge unter 100 Nanometer beträgt, da das Photon dann über genügend Energie verfügt, um ein Elektron abzustossen.



Es sind **verschiedene Strahlungsarten** zu unterscheiden:

- Teilchen (Neutronen, Protonen, Alpha-Strahlung, Beta-Strahlung)
- Elektromagnetische Wellen (Gamma-Strahlung, Röntgenstrahlung)

1.2. Herkunft

Der Mensch war schon immer ionisierenden Strahlungen ausgesetzt. **Strahlung gehört zu unserem Leben**, es gibt sie überall. Sie kommt aus zwei Arten von Quellen: Aus natürlichen (kosmische Strahlung aus dem Weltraum, natürlich radioaktive Stoffe im Erdboden bzw. im menschlichen Körper) und künstlichen bzw. zivilisatorischen Strahlenquellen (Strahlung im Alltag: Medizin, Industrie, Forschung, Heimanwendungen).

1.3. Biologische Wirkungen



Ionisierende Strahlung kann in allem, was sie durchdringt, elektrische und chemische Veränderungen hervorrufen und somit eine biologische **Schädigung von Zellen und Organen** bewirken. Die Strahlendosis kann von internen Quellen, die sich im Inneren des Körpers befinden, oder von externen, ausserhalb des Körpers befindlichen Quellen abgegeben werden.

Wenn wir beispielsweise eine Sammlung mit radiumhaltigen Instrumenten anschauen, geht von diesen eine nicht zu unterschätzende Strahlung aus, welche die Gesundheit gefährden kann. Ein einzelnes Sammlerstück stellt in der Regel nur eine geringe, externe Strahlengefahr dar.

Sind Instrumente mit Radium undicht (Glas oder Abdeckung defekt), ist nebst der Ausgasung von Radon auch eine Inkorporation von Radium möglich. **Inkorporation bedeutet die Aufnahme chemischer oder radioaktiver Substanzen (Radionuklide) in das Innere des Körpers** durch Atmen, Essen und Trinken oder über die Poren der Haut. Viele radioaktive Substanzen, die ausserhalb des Körpers aufgrund der geringen Reichweite ihrer **Alpha- oder Betastrahlung** nur geringe Strahlenschäden verursachen können, **bilden inkorporiert eine grosse Gefahr**. Sie emittieren, bevor sie wieder ausgeschieden sind, ihre ionisierende Strahlung in unmittelbarer Nähe der Körperzellen und können sich sogar in bestimmten Organen anreichern (Radium reichert sich in Knochen an).

2. Strahlenschutz

Der Schutz des Menschen vor den schädlichen Wirkungen ionisierender Strahlung beruht auf Grundsätzen der Internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP). In diesem Zusammenhang gelten drei Strahlenschutzgrundsätze:

1. Strahlenexpositionen müssen **gerechtfertigt** sein, indem die damit verbundenen Vorteile grösser sind als deren Nachteile. Die Entscheidung liegt im Kompetenzbereich der Bewilligungsbehörde.
2. Gerechtfertigte Strahlenexpositionen müssen so **niedrig** gehalten werden wie vernünftigerweise erreichbar.
3. Unter normalen Umständen darf die von einer Arbeitskraft oder einer Einzelperson der Bevölkerung erhaltene Strahlendosis aus künstlichen Quellen die in der Strahlenschutzverordnung veröffentlichten **Dosisgrenzwerte** nicht überschreiten.



2.1. Zuständigkeiten in der Schweiz

In der Schweiz ist für die Erteilung von Bewilligungen für den Umgang mit ionisierender Strahlung und für die Einhaltung des Strahlenschutzes das Bundesamt für Gesundheit (**BAG**) zuständig. Es überwacht die Radioaktivität in unserer Umwelt. Die Schweiz. Unfallversicherungsanstalt (**SUVA**) ist die Aufsichtsbehörde für Industriebetriebe. Das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat (**ENSI**) überwacht den Strahlenschutz in Kernanlagen und überprüft die Einhaltung der Abgabegrenzwerte radioaktiver Stoffe aus Kernanlagen.

2.2. Zuständigkeit im VBS



Der Leiter des **Kompetenzzentrums (KOMZ) Strahlenschutz VBS** arbeitet im Auftrag des Generalsekretariats VBS, Bereich Raum und Umwelt, als Strahlenschutzverantwortlicher im VBS. Das KOMZ Strahlenschutz ist fachlich dem LABOR SPIEZ angegliedert und stellt seine Fachdienstleistungen dem ganzen Departement zur Verfügung.

2.3. Gesetzliche Grenzwerte

Für Einzelpersonen aus der Bevölkerung beträgt der Dosisgrenzwert 1 mSv pro Jahr.

Radon

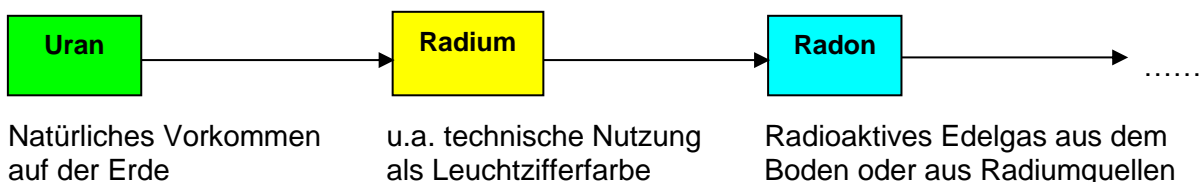
Wohn- und Aufenthaltsräume	1000 Bq/m ³
Arbeitsbereich	3000 Bq/m ³
Richtwert Neubauten	400 Bq/m ³

Radium

Freigrenze	40 Bq
Bewilligungsgrenze	2000 Bq

Wird die Freigrenze nach Strahlenschutzverordnung (StSV) überschritten, gilt der Gegenstand als radioaktiv. Wird die Bewilligungsgrenze nach StSV überschritten, muss eine Umgangsbewilligung für radioaktive Stoffe beim BAG beantragt werden. Die heutigen Grenz- und Richtwerte für Radon könnten ab dem Jahr 2015, aufgrund der Anpassung an das EU-Recht, massiv herabgesetzt werden. Im Wohn- und Aufenthaltsbereich könnte der Grenzwert auf **300 Bq/m³** und im Arbeitsbereich auf **1000 Bq/m³** herabgesetzt werden.

Vereinfachte Zerfallsreihe des Uran



3. Radium

Die Armee setzt in verschiedenen Systemen und Anwendungen radioaktive Stoffe ein. Diese dienen primär zur Sicherung der Nachtkampftauglichkeit. In alten Gegenständen aus den Vierziger- bis Siebziger-Jahren wurde vielfach das radioaktive Element Radium (chemische Bezeichnung = Ra-226) als Leuchtfarbe eingesetzt. Dieses wurde später durch das ebenfalls radioaktive Tritium (chemische Bezeichnung = H-3) ersetzt.

3.1. Radium-Leuchtfarbe

Radium ist ein radioaktives Zerfallsprodukt von Uran und hat eine Halbwertszeit (HWZ) von 1600 Jahren. Das heisst, nach 1600 Jahren ist noch die Hälfte der ursprünglichen Aktivität vorhanden. Radiumverbindungen als Zusatz zu dotiertem Zinksulfid oder anderen Phosphoren (englisch phosphor: Leuchtstoff) liefern Leuchtfarben, wie sie lange Zeit für Uhrenzifferblätter und Instrumentenanzeiger, z.B. beim Kompass, verwendet wurden. Nach schwersten Gesundheitsschäden bei den Ziffernblatt-Malerinnen durch Inkorporation von Radium wurden radiumhaltige Leuchtfarben verboten. Radium, chemisch dem Calcium ähnlich, wird in die Knochen eingebaut. Beim Umgang mit radiumhaltigen Farben muss eine Kontamination oder gar Inkorporation auf jeden Fall vermieden werden.

3.2. Armeematerial mit möglicher Radiumbelegung

Im Folgenden werden einige Beispiele von altem Armeematerial aufgeführt, welche das problematische Element Radium enthalten können:

- Fahrzeug-, Flugzeug- und Geschützinstrumente verschiedenster Art
- Sicherungen (Überspannungsableiter UA1)
- Kompass (Bussole) aus Metall
- Dreh- und Druckknöpfe aus Funk- und Übermittlungsmaterial
- Libellen zur Ausrichtung verschiedenster Waffensysteme
- Strichmarkierungen jeglicher Art



3.3. Umgang und Entsorgung von Radium

Im Gegensatz zum Tritium (HWZ=12 Jahre) ist das Radium im Umgang und der Entsorgung weitaus problematischer. Im Einzelfall stellen intakte und verschlossene Leuchtfarbanstriche nur ein geringes Gesundheitsrisiko durch die externe Strahlung dar. Ist aber die Leuchtfarbe offen zugänglich, besteht nebst der Strahlung die zusätzliche Gefahr der Verunreinigung (Kontamination). Die offenen, radioaktiven Stoffe können in den menschlichen Körper und die Umwelt gelangen und dort grosse Schäden anrichten. **Ein gutes Erkennungsmerkmal der radiumhaltigen Leuchtfarbe ist ihr unregelmässiger Aufstrich (Handarbeit) und die braungoldene Farbe.** Zudem ist die Leuchtfarbe sehr dick aufgetragen und ist in den meisten Fällen porös. Eine definitive Aussage, ob noch Reste von Radium vorhanden sind, kann nur eine Messung geben. Bei sehr alten Gegenständen besteht zudem die Gefahr, dass zu einem späteren Zeitpunkt eine andere Leuchtfarbe über das bestehende Radium gestrichen wurde. **Radium zerfällt und gibt Radongas ab. Deshalb müssen Lagerräume gut belüftet sein.**



Wer einen radiumhaltigen Gegenstand nicht fachgerecht **entsorgt**, macht sich strafbar! Modernste Messanlagen überwachen heute die Anlieferung des Abfalls und lösen bei kleinsten Mengen (z.B. ein einzelnes Fahrzeuginstrument) von Radium Alarm aus. Kann der Verursacher ausfindig gemacht werden, drohen diesem, nebst einer **Strafanzeige**, auch sehr hohe **Folgekosten**. Nicht mehr benötigte Gegenstände mit Radium müssen fachgerecht entsorgt werden. Das BAG organisiert jährlich eine Sammelaktion, an welcher solche Gegenstände abgegeben werden können. Die Entsorgungskosten trägt der Verursacher.

4. Radon

Radon ist ein im Boden produziertes natürliches radioaktives Edelgas

Radon entsteht in der Uranzerfallsreihe. Uran ist überall im Untergrund vorhanden. Beim natürlichen Zerfall von Uran entsteht unter anderem **Radium und daraus Radon**. Radon entsteht auch bei der Lagerung von Radiumstrahlenquellen. Radonatome können weiter zerfallen. Es entstehen Polonium, Wismuth und Blei. Diese sogenannten Radonfolgeprodukte sind auch radioaktiv und schweben in der Atemluft. In Innenräumen lagern sie sich allmählich an Gegenständen, Staubpartikeln und feinsten Schwebeteilchen, sogenannten Aerosolen, an. Sie können beim Einatmen in die Lunge geraten, sich auf dem Lungengewebe ablagern und dieses bestrahlen. Dies kann zu Lungenkrebs führen.

4.1. Gesundheitliche Risiken durch Radon

In der Schweiz ist Radon für etwa 40% der Strahlenbelastung der Bevölkerung verantwortlich. Radon ist nach dem Rauchen die wichtigste Ursache für Lungenkrebs. Das Lungenkrebsrisiko ist umso grösser, je höher die Radonbelastung in der Atemluft ist und je länger man diese Luft einatmet. Die Radonfolgeprodukte lagern sich auf dem Lungengewebe ab und bestrahlen dieses. Zwischen der Belastung des Lungengewebes und dem Auftreten von **Lungenkrebs** können Jahre bis Jahrzehnte vergehen.

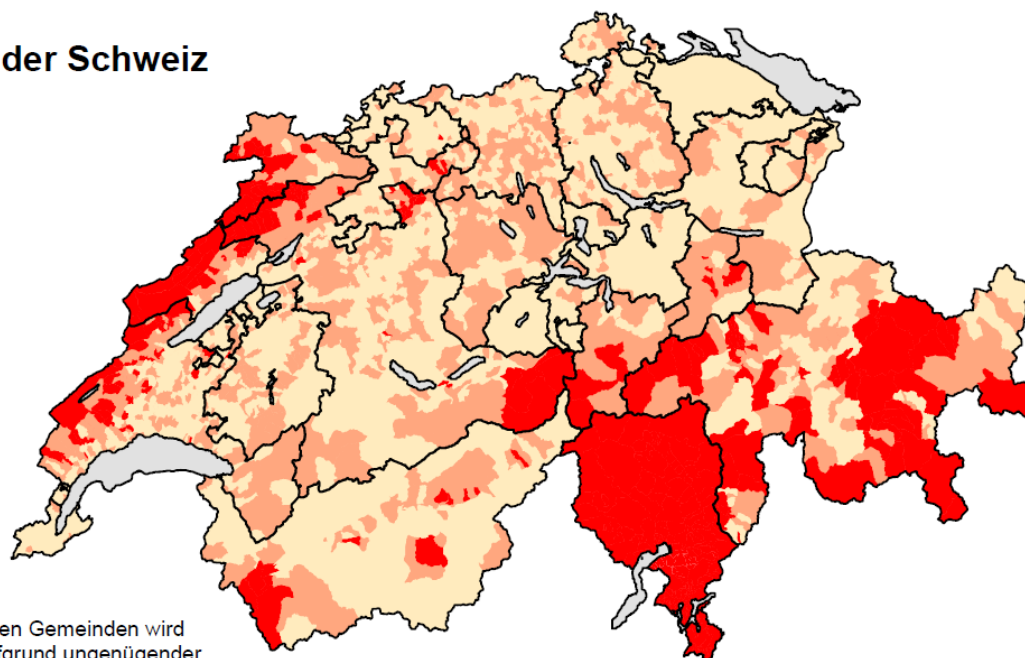
In der Schweiz leben über sieben Millionen Menschen. Rund 70'000 sterben pro Jahr, davon 17'000 an den Folgen von Krebs. Lungenkrebs fordert etwa 2700 Opfer pro Jahr. Davon sind 200 bis 300 dem Radon zuzuschreiben. Radon stellt somit den gefährlichsten Krebserreger im Wohnbereich dar.

4.2. Radonrisiko in der Schweiz

Radonkarte der Schweiz

Radonrisiko*:

-  gering
-  mittel
-  hoch



Stand: Februar 2011

* Bemerkung: in einigen Gemeinden wird das Radonrisiko aufgrund ungenügender Messungen geschätzt (siehe "Suchmaschine nach Gemeinde" unter www.ch-radon.ch).

4.3. Messung von Radon

Speziell in unterirdischen Anlagen der Armee kann die Radonkonzentration aufgrund der Bauweise sehr hoch sein. Fels und Naturböden sind für Radon sehr durchlässige Materialien. Das Radon kann mit speziellen Dosimetern gemessen werden. Auf der Internetseite des BAG (www.bag.admin.ch) ist unter dem Thema Radon eine Liste mit Messstellen publiziert, welche Messungen vor Ort durchführen können.

5. Bilder radioaktiver Gegenstände



Panzer 68



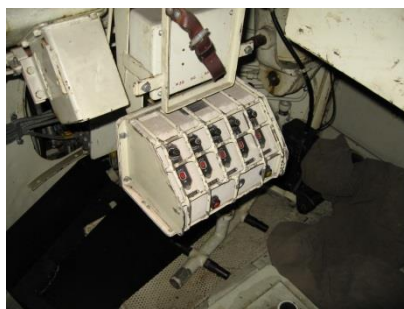
Panzerhaubitze M-109



Schützenpanzer M-113



Unimog S



AMX-13



Panhard



DO-27



Bücker



Mirage



Wegweiser in mil. Anlagen



Geschützanzeigen



Überspannungsableiter

Die hier gezeigten Gegenstände können Radium enthalten und setzen Radon frei. Eine gute Belüftung des Lagerortes ist deshalb unerlässlich. Alle radiumhaltigen Gegenstände sollten intakt und gut verschlossen sein. Offenes Radium stellt eine grosse Gefahr für Mensch und Umwelt dar.

6. Zusammenfassung

Die Erläuterungen in diesem Bericht sollen keine Panik und Hysterie auslösen sondern darauf hinweisen, dass mit wenig Aufwand ein fachgerechter und sicherer Umgang mit historischem Material und radioaktiven Stoffen gewährleistet werden kann. In den meisten Fällen ist nicht die Strahlung vom Gegenstand das Problem, sondern das Weitergeben dieser Materialien an Personen oder Institutionen, welche keine Kenntnisse über das Vorhandensein der radioaktiven Stoffe haben.

Aus diesem Grund müssen die Besitzer von radioaktiven Stoffen dafür sorgen, dass auch nächste Generationen wissen, welches Material ihnen vererbt wurde und welche Gefahren davon ausgehen können.

6.1. Radium

Viele Personen werden zu Hause alte Gegenstände wie eine Uhr oder einen Wecker aufbewahren, welche mit Radiumleuchtfarbe belegt sein könnten. Hier ist es wichtig, die Merkmale der Radiumleuchtfarbe zu erkennen (siehe Seite 5) und den daraus folgenden, sicheren und gesetzeskonformen Umgang zu gewährleisten. Eine allfällige Entsorgung muss fachgerecht erfolgen.



6.2. Radon

Das radioaktive Edelgas Radon verursacht Lungenkrebs. Es tritt, je nach Gebiet, in unterschiedlichen Konzentrationen auf. Weiter sind Faktoren massgebend wie Bodenbeschaffung, Dichtigkeit des Fundamentes, Risse in Wände und Fugen oder undichte Rohrleitungsdurchführungen im Gebäude. Gutes und regelmässiges Lüften reduziert die Radonbelastung stark. Eine definitive Aussage über die persönliche Belastung kann jedoch nur eine Messung vor Ort geben. Radonmessstellen können über die Internetseite des BAG kontaktiert werden.



6.3. Weiteres Material mit radioaktiven Stoffen

- **Mirage** enthält Legierungen mit Thorium (z.B. Triebwerk, Luftbremsen, usw.)
- **Lenkwaffe BL-64** enthält Spanten und Halterungen mit radioaktivem Thorium
- **Munition** mit abgereichertem Uran
- **Objektive** (z.B. Mirage) oder **Fotokameras** mit beschichteten Linsen (Thorium)
- **Simulatoren** (Mirage, Link-Trainer, usw.) mit radioaktiven Instrumenten (Radium)
- **Windmesser** mit Leuchtfarbe (Anemometer mit Radium)
- **Waffen** mit Korn und Nachtvisier (Strontium, Tritium)
- **Glühstrümpfe** aus Benzinvergaserlampen (Thorium, Asbest)
- **Kompasse** mit Leuchtfarbe (Radium)

6.4. Kontaktstellen

VBS

Bundesamt für Bevölkerungsschutz
LABOR SPIEZ
Kompetenzzentrum Strahlenschutz VBS
3700 Spiez
Tel. 033 228 16 43 (direkt), 033 228 14 00 (Zentrale)

Aufsichtsbehörde

Schweizerische Unfallversicherungsanstalt SUVA
Abteilung Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz
Postfach 4358
Rösslimattstrasse 39
6002 Luzern
Tel. 0848 830 830 (Zentrale)

Bewilligungsbehörde

Bundesamt für Gesundheit BAG
Direktionsbereich Verbraucherschutz
Schwarzenburgstrasse 165
3003 Bern
Tel. 031 322 96 14 (Strahlenschutz)