



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Verteidigung,
Bevölkerungsschutz und Sport VBS

Bundesamt für Bevölkerungsschutz BABS
LABOR SPIEZ

Radioaktivität in historischen Bauten und Materialien der Schweizer Armee

Eine Beurteilung des Kompetenzzentrums Strahlenschutz VBS

Spiez, 30. Mai 2024



Inhaltsverzeichnis

Radioaktivität	3
Ionisierende Strahlung	3
Strahlungsarten	3
Herkunft	4
Biologische Wirkungen	4
Strahlenschutz	5
Gesetzliche Grenzwerte	5
Zuständigkeiten in der Schweiz	6
Zuständigkeiten im VBS	7
Historische Anwendungen von Radionukliden	7
Radiumhaltige Leuchtfarbe	7
Thorium	7
Strontium	8
Tritium	8
Umgang mit radioaktiven Materialien	8
Entsorgung und Weitergabe von historischem radioaktivem Material	8
Historische, radioaktive Gegenstände	9
Uhren und Kompass mit Leuchtfarbe	9
Fahrzeug-, Flugzeug- und Geschützinstrumente	9
Elektronenröhren und Überspannungsableiter	10
Dreh- und Druckknöpfe / Schalter	10
Libellen auf diversen Waffensystemen	11
Glühstrümpfe aus Benzinvergaserlampen	11
Mirage und C-36	11
Weitere Gegenstände	12
Radonrisiko in der Schweiz	12
Gesundheitliche Risiken durch Radon	12
Messung von Radon	13
Gesetzliche Bestimmungen	13
Radonkarte Schweiz	14
Zusammenfassung	14
Radioaktivität und Strahlenschutz	14
Radium	15
Radon	15
Kontaktstellen	16
Referenzen	16

Radioaktivität

Radioaktivität ist die Eigenschaft instabiler Atomkerne spontan zu zerfallen und dabei Energie in Form von ionisierender Strahlung freizusetzen. Der radioaktive Zerfall ist eine Kernumwandlung, was bedeutet, ein radioaktives Atom (Radionuklid) wandelt sich in ein anderes (radioaktives) Atom um. Je instabiler ein solches Radionuklid ist, desto kürzer ist seine Halbwertszeit, also die Zeit, nach der die Hälfte aller Atome einer bestimmten Stoffmenge zerfallen ist (siehe Abbildung 1). Die physikalische Grösse, die den Zerfall quantitativ beschreibt, ist die Aktivität. Die Einheit der Aktivität ist Becquerel (Bq) und entspricht einer Kernumwandlung pro Sekunde. Abbildung 2 zeigt als Beispiel den Zerfall von Radium zu Radon.

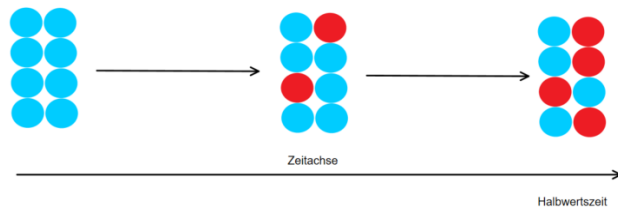


Abbildung 1: Das radioaktive Element A (blau) zerfällt zum Element B (rot). Die Zeit, nach der die Hälfte aller Atomkerne von A zu B zerfallen sind heisst Halbwertszeit.

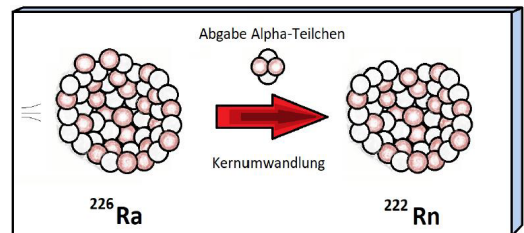


Abbildung 2: Ein Radiumatom zerfällt durch Abgabe eines Alpha-Teilchens zu einem Radonatom
Quelle: www.saarland.de

Ionisierende Strahlung

Energiereiche Strahlung, die in der Lage ist, Elektronen aus den Atomen herauszulösen, wird als **ionisierende Strahlung** bezeichnet, denn dabei entstehen Ionen, also elektrisch geladene Atome und Moleküle. Es gibt viele verschiedene Arten ionisierender Strahlung mit unterschiedlichen Eigenschaften. Alle müssen jedoch eine bestimmte Mindestenergie besitzen, um Elektronen aus Atomen herauslösen zu können. Abbildung 3 zeigt vereinfacht den Prozess der Ionisation.

Strahlung tritt in zwei verschiedenen Formen auf:

- Teilchen (Neutronen, Protonen, Alphastrahlung, Betastrahlung)
- Elektromagnetische Wellen (Gammastrahlung, Röntgenstrahlung)

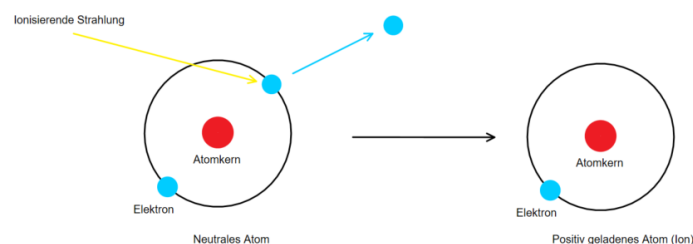


Abbildung 3: Darstellung eines Atoms mit zweifach positiv geladenem Atomkern und zwei negativ geladenen Elektronen. Trifft ionisierende Strahlung auf ein Elektron, so wird dieses aus dem Atom herausgelöst. Zurück bleibt ein positiv geladenes Atom.

Strahlungsarten

Die wichtigsten Arten der von Atomen ausgesandten ionisierenden Strahlung sind die Alpha-, Beta- und Gammastrahlung. Diese werden kollektiv als radioaktive Strahlung bezeichnet und sind in Abbildung 4 dargestellt. Eine weitere wichtige und im Alltag häufig anzutreffende Strahlungsart ist die Röntgenstrahlung. Sie wird durch die Beschleunigung von Elektronen künstlich erzeugt (z.B. in Röntgenanlagen oder Teilchenbeschleunigern) und ist, wie die Gammastrahlung, eine Form der elektromagnetischen Strahlung ohne Masse und Ladung. Abbildung 5 zeigt schematisch die Entstehung von Röntgenstrahlen. Alle Strahlungsarten

unterscheiden sich in ihren physikalischen Eigenschaften, wie z.B. ihrer Energie oder ihrer Fähigkeit, Materie zu durchdringen.

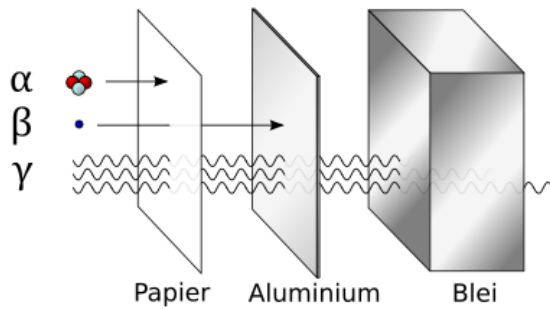


Abbildung 4: Darstellung der Alpha-, Beta- und Gammastrahlung und deren Durchdringungsvermögen durch verschiedene Materialien. Quelle: de.wikipedia.org/Strahlung

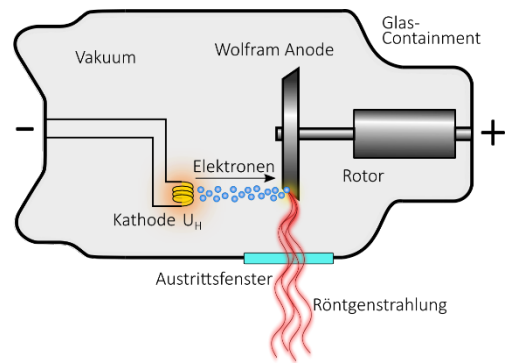


Abbildung 5: Erzeugung von Röntgenstrahlung durch Beschleunigung von Elektronen. Quelle: www.medizinphysik.wiki

Herkunft

Ionisierende Strahlung entsteht einerseits auf natürliche Weise, andererseits kann sie künstlich erzeugt werden (zivilisatorische Strahlenquellen). Beispiele für natürliche Quellen sind die kosmische Strahlung aus dem Weltraum, wodurch z.B. die Polarlichter entstehen, oder natürlich vorkommende Radioisotope der Elemente Uran, Thorium und Kalium im Erdboden. Zivilisatorische Quellen sind meist im Alltag anzutreffen und stammen aus der Medizin (z.B. Röntgenstrahlung), der Industrie, der Forschung und früher auch dem Haushalt.



Abbildung 6: Röntgenröhre als Beispiel für eine zivilisatorische Strahlenquelle. Quelle: www.mta-r.de

Biologische Wirkungen

Ionisierende Strahlung kann in allem, was sie durchdringt, elektrische und chemische Veränderungen hervorrufen und dadurch bei Mensch und Tier zu **Schädigungen von Zellen und Organen** führen. Die biologische Wirkung ionisierender Strahlung wird durch die Äquivalentdosis ausgedrückt, deren Einheit das Sievert (Sv) ist.

Strahlungsgefährdung kann von internen (innerhalb des Körpers) oder externen (ausserhalb des Körpers) Quellen ausgehen. Externe Strahlungsquellen sind z.B. radiumhaltige Instrumente in historischem Armeematerial. Die von ihnen emittierte Strahlung kann in grösseren Mengen und bei längerer Exposition gesundheitsgefährdend sein, eine einzelne Quelle stellt in der Regel nur ein geringes Risiko dar. Problematischer wird es, wenn Gegenstände, die Radium enthalten, undicht sind (Glas oder Abdeckung defekt). Damit ist neben der Ausgasung von Radon (einem gasförmigen, radioaktiven Folgeprodukt von Radium) auch eine Inkorporation von Radium möglich. **Unter Inkorporation versteht man die Aufnahme von Substanzen in den Körper, in diesem Fall von radioaktiven Stoffen.** Sie gelangen über die Atmung, die Nahrungsaufnahme oder über die Haut ins Körperinnere. Viele radioaktive Substanzen, die als externe Quellen, aufgrund der geringen Reichweite ihrer **Alpha- oder Betastrahlung**, nur minimale Strahlenschäden verursachen können, **stellen inkorporiert eine grosse Gefahr dar** und schädigen Organe und Knochen.

Strahlenschutz

Der Schutz des Menschen vor den schädlichen Wirkungen ionisierender Strahlung beruht auf den Empfehlungen der Internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP). In diesem Zusammenhang gelten drei Strahlenschutzgrundsätze¹:

1. Strahlenexpositionen müssen **gerechtfertigt** sein, indem die damit verbundenen Vorteile grösser sind als deren Nachteile.
2. Gerechtfertigte Strahlenexpositionen müssen hinsichtlich Expositionsdauer, Anzahl exponierter Personen sowie Dosis einzelner Personen **optimiert** werden.
3. **Dosisgrenzwerte dürfen** nicht überschritten werden.

Gesetzliche Grenzwerte

Dosis pro Jahr

Einzelpersonen Bevölkerung	1 mSv
Beruflich strahlenexponierte Personen	20 mSv

Radon

Referenzwert (z.B. in Ausstellungsräumen)	300 Bq/m ³
Schwellenwert (z.B. in unterirdischen-Anlagen)	1000 Bq/m ³

Radium

Befreiungsgrenze (gilt nicht als Radioaktiv)	10 Bq
Bewilligungsgrenze (Bewilligung notwendig)	2000 Bq

¹ Die Empfehlungen der Internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP) von 2007, S.83

Dosis pro Jahr

Durchschnittlich erhält die Schweizer Bevölkerung im Alltag eine Strahlendosis von etwa 6 mSv pro Jahr. Zusätzlich darf noch eine effektive Dosis von maximal 1 mSv pro Jahr aufgenommen werden (messtechnisch ermittelt). Für beruflich strahlenexponierte Personen gilt ein Grenzwert von 20 mSv.

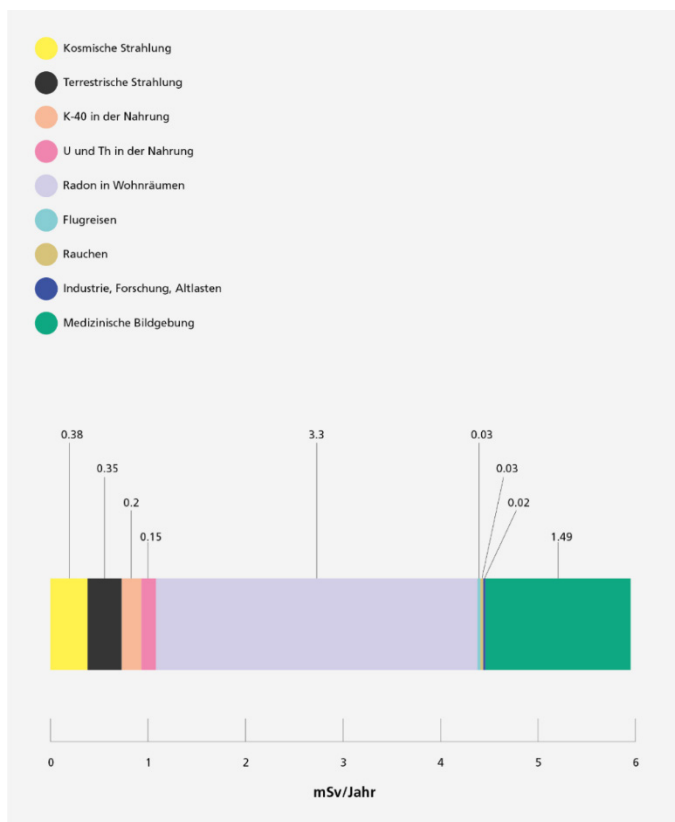


Abbildung 7: Strahlenbelastung der Schweizer Bevölkerung durch natürliche und künstliche Quellen. Quelle: www.bag.admin.ch

Radon

Gemäss Strahlenschutzverordnung (StSV) ist der Referenzwert von 300 Bq/m³ die über ein Jahr gemittelte «Radongaskonzentration, bei deren Überschreitung Massnahmen [...] zu treffen sind». Dieser Grenzwert gilt für «Räume, in denen sich Personen regelmässig während mehrerer Stunden pro Tag aufhalten». Für radonexponierte Arbeitsplätze gilt der Schwellenwert von 1000 Bq/m³. Arbeitsplätze gelten als radonexponiert, wenn der «Schwellenwert sicher oder vermutungsweise überschritten ist». Dazu gehören unterirdische Bauten, Tunnel oder Wasserwerke

Radium

Wird die Befreiungsgrenze nach StSV überschritten, gilt ein Gegenstand als radioaktiv. Wird die Bewilligungsgrenze überschritten, muss eine Umgangsbewilligung für radioaktive Stoffe beim BAG beantragt und eine Strahlenschutz Ausbildung absolviert werden.

WICHTIG: Radiumhaltige Gegenstände wie beispielsweise Instrumente oder Uhren produzieren das radioaktive Gas Radon. Je mehr radiumhaltige Gegenstände sich in einem Raum befinden, desto höher ist die Radonkonzentration.

Zuständigkeiten in der Schweiz

Für die Einhaltung und korrekte Umsetzung der Bestimmungen der StSV sind in der Schweiz verschiedene Behörden zuständig. Das Bundesamt für Gesundheit (**BAG**) ist grundsätzlich für die Erteilung von Bewilligungen für den Umgang mit ionisierender Strahlung und für die Einhaltung des Strahlenschutzes zuständig. Das BAG ist auch die zuständige Behörde im Bereich "Historisches Armeematerial" ([Weisung L-04-04](#)). Die Schweizerische

Unfallversicherungsanstalt (**SUVA**) ist die Aufsichtsbehörde für den Strahlenschutz in Industriebetrieben. Für den Strahlenschutz in Kernanlagen ist das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat (**ENSI**) zuständig. Es überprüft unter anderem die Einhaltung der Abgabegrenzwerte radioaktiver Stoffe aus Kernanlagen.

Zuständigkeiten im VBS

Das [Kompetenzzentrum \(KOMZ\) Strahlenschutz VBS](#) arbeitet im Auftrag des Generalsekretariats VBS, Bereich Raum und Umwelt, als verantwortliche Stelle für den Strahlenschutz im VBS. Es ist fachlich dem LABOR SPIEZ angegliedert und stellt seine Dienstleistungen dem ganzen Departement zur Verfügung. Es kontrolliert die Einhaltung von gesetzlichen Bestimmungen im Strahlenschutz und unterstützt dabei auch die Zentralstelle historisches Armeematerial ZSHAM.

Historische Anwendungen von Radionukliden

Die Armee hat in der Vergangenheit in verschiedenen Systemen und Anwendungen radioaktive Stoffe eingesetzt, welche primär zur Sicherung der Nachtkampftauglichkeit dienten. In Objekten aus den 40er- bis 70er-Jahren wurde vielfach das radioaktive Element Radium (chemische Bezeichnung Ra-226) als Leuchtfarbe verwendet. Radium ist ein radioaktives Zerfallsprodukt von Uran und hat eine Halbwertszeit (HWZ) von 1600 Jahren. Später wurde es durch das ebenfalls radioaktive Tritium (chemische Bezeichnung H-3) ersetzt, welches lediglich eine HWZ von 12 Jahren hat.

Radiumhaltige Leuchtfarbe

Werden radioaktive Substanzen wie Radiumverbindungen mit Zinksulfid oder anderen Leuchtstoffen (Phosphorverbindungen) kombiniert, entstehen radioaktive Leuchtfarben. Besonders bekannt sind radiumhaltige Leuchtfarben, die lange Zeit für Zifferblätter von Uhren und verschiedenen Anzeigeinstrumenten verwendet wurden. Da sich die Zifferblatt-Malerinnen der Gefahr nicht bewusst waren und die Pinsel mit der Zunge befeuchteten, kam es durch die Inkorporation von Radium immer häufiger zu schweren Gesundheitsschäden, so dass radiumhaltige Leuchtfarben schlussendlich verboten wurden. Radium wird, da es dem Calcium chemisch ähnlich ist, in die Knochen eingebaut. Beim Umgang mit radiumhaltigen Farben muss daher eine Kontamination oder Inkorporation auf jeden Fall vermieden werden.



Abbildung 8: "Radium girls".
Quelle: swissinfo.ch

Thorium

Ein weiteres Radionuklid, das auch in Haushalten weit verbreitet war, ist Thorium. Dieser Stoff wurde in Glühstrümpfen für Gas- und Petroleum-Lampen verwendet. Um Metalle hitzebeständiger zu machen, wurden sie mit Thorium und Magnesium legiert. Objekte mit Thoriumlegierungen stellen durch ihre tiefe Dosisleistung nur eine geringe gesundheitliche Gefahr dar. Die fachgerechte Entsorgung der Legierungen ist dennoch wichtig, um eine Kontamination von grossen Mengen von Metallen, z.B. beim Einschmelzen, zu verhindern. Zudem besteht die Gefahr durch Inkorporation bei mechanischen Bearbeitungen. Die Strahlenschutzverordnung regelt die Handhabung von thoriumhaltigen Gegenständen wie z.B. Teile aus der Mirage.

Strontium

Neben Radium wurde auch Strontium (chemische Bezeichnung Sr-90) für diverse Markierungen, beispielsweise auf Druckknöpfen, oder in Libellen, verwendet. Mit einer Halbwertszeit von etwa 29 Jahren zerfällt Strontium viel schneller als Radium. Dennoch ist für den Umgang mit diesem Radionuklid Vorsicht geboten. Ohne Brille kann es bei längerem Aufenthalt in geringem Abstand zu einer erhöhten Bestrahlung der Augenlinsen führen.

Tritium

Radium-Leuchtfarbe wurde später häufig durch Tritium ersetzt, da Tritium eine deutlich kürzere Halbwertszeit aufweist (12 Jahre). Noch heute wird Tritium in Systemen eingesetzt, wo früher Radium-Leuchtfarbe eingesetzt wurde, z.B. in Uhrenziffern und Zeigern.

Umgang mit radioaktiven Materialien

Im Gegensatz zu Tritium ist Radium in der Handhabung und Entsorgung wesentlich problematischer. Wie bereits erläutert, stellen geschlossene Leuchtfarbenanstriche im Einzelfall nur ein geringes Gesundheitsrisiko durch externe Strahlung dar. Bei freiliegender Leuchtfarbe besteht jedoch neben der Strahlengefahr die zusätzliche Gefahr der Kontamination und Inkorporation, die zu erheblichen Schäden im Körper und in der Umwelt führen können.

Aus diesen Gründen ist es von grosser Bedeutung, Radium-Leuchtfarbe zu identifizieren und fachlich korrekt damit umzugehen. **Ein gutes Erkennungsmerkmal für radiumhaltige Leuchtfarbe ist ihr unregelmässiger Aufstrich (Handarbeit) und die braun-goldene Farbe.** Zudem ist die Leuchtfarbe eher dick aufgetragen und in den meisten Fällen porös. Eine endgültige Aussage, ob es sich um Radium handelt, ist nur durch eine Messung möglich. Bei sehr alten Gegenständen besteht nämlich auch die Gefahr, dass nachträglich eine andere Leuchtfarbe über das vorhandene Radium aufgetragen wurde, so dass dieses mit blossen Auge nicht mehr erkennbar ist.



Abbildung 9: Wecker mit radiumhaltigem Zifferblatt und Zeiger.
Quelle: www.seilnacht.com

Entsorgung und Weitergabe von historischem radioaktivem Material

Radioaktives Material muss immer fachgerecht entsorgt werden und darf nur unter strengen Bedingungen ausgeliehen oder weitergegeben werden. Um allfälligen Straftaten aus Unwissenheit vorzubeugen, achtet die Zentralstelle Historisches Armeematerial (ZSHAM) seit Jahren darauf, dass radioaktive Gegenstände nicht an Dritte abgegeben werden und stellt mittels Leihverträgen sicher, dass die Veräusserung sowie die Weitergabe der Objekte nicht gestattet ist. Bei Entsorgungsfragen kann die ZSHAM über folgende E-Mail-Adresse erreicht werden: infozsham.astab@vtg.admin.ch.

Die Anlieferung von Abfällen in Kehrverbrennungsanlagen wird heutzutage mit hochsensiblen Messanlagen überwacht, die bereits bei geringsten Mengen (ein einziges Fahrzeuginstrument genügt) von Radioaktivität einen Alarm auslösen. Kann eine dafür verantwortliche Person ausfindig gemacht werden, können nebst einer Strafanzeige hohe Folgekosten die Konsequenz sein.

Zur fachgerechten Entsorgung organisiert das BAG jährlich eine Sammelaktion, bei der solche Gegenstände ohne Strafanzeige abgegeben werden können. Die Entsorgungskosten trägt dabei immer die verantwortliche Person. Nähere Informationen dazu sind auf der Webseite des BAG zu finden².

² Informationen sind unter [Sammelaktion für radioaktive Abfälle aus den Bereichen Medizin, Industrie, Forschung \(admin.ch\)](#) zu finden.

Historische, radioaktive Gegenstände

Im folgenden Abschnitt werden einige Beispiele von Bestandteilen von historischem Armeematerial aufgeführt, die radioaktive Stoffe enthalten können.

Uhren und Kompassse mit Leuchtfarbe

Bei Uhren, Weckern und Kompassen wurde beispielsweise Radium-Leuchtfarbe verwendet, um sicherzustellen, dass wichtige Anzeigen auch in der Nacht und ohne Strom abgelesen werden können. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Tarnung, die durch die geringe Leuchtstärke gewährleistet werden kann.

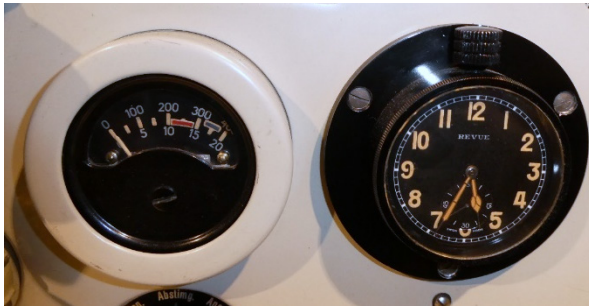


Abbildung 10: Empfänger-Kasten mit Spannungs- und Zeitanzeige.



Abbildung 11: Revue Uhren.

Fahrzeug-, Flugzeug- und Geschützinstrumente

Wind-, Drehzahl-, Temperatur-, Geschwindigkeits- oder Tankanzeigen und andere Instrumente, die Radium-Leuchtfarbe enthalten, wurden weit verbreitet eingesetzt, beispielsweise in verschiedenen Transportmitteln oder Geschützinstrumenten.

Obwohl Radium-Leuchtfarbe seit einiger Zeit nicht mehr zugelassen ist, können solche Anzeigen immer noch in Systemen vorkommen. Dies liegt daran, dass noch intakte Anzeigen oft auch als Ersatzteile weiterverwendet werden.



Abbildung 13: Anzeigen von Schützenpanzer 63/73.



Abbildung 12: Motorspritze.



Abbildung 14: Geschwindigkeitsanzeige

Elektronenröhren und Überspannungsableiter

Überspannungsableiter, die in verschiedenen Anwendungen, beispielsweise in Übermittlungssystemen verwendet wurden, können ebenfalls radioaktiv sein. Vielfach wurden Teile mit radioaktiven Stoffen farblich gekennzeichnet.



Abbildung 15: Reservieröhren zu SE-213.



Abbildung 16: Überspannungsableiter in Reparaturkiste von SE-208.

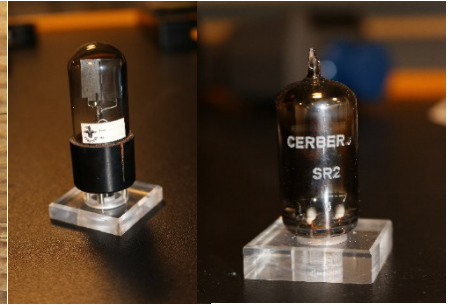


Abbildung 17: Röhren in Reparaturkiste von SE-209.

Dreh- und Druckknöpfe / Schalter

An Funkmaterial, Waffensystemen und in Fahr- oder Flugzeugen wurden wichtige Markierungen mit diversen radioaktiven Leuchtfarben markiert. In diesen Systemen wurde die Farbe auch häufig direkt auf Schalter oder Knöpfe aufgetragen. Diese offene Radioaktivität ist äusserst problematisch, da die oft schon sehr alte spröde Farbe abbröckelt und dadurch eine Kontamination verursachen kann. Bei Berührung oder Aufwirbelung von Staub kann die Farbe inkorporiert werden und sich im Körper ablagern.

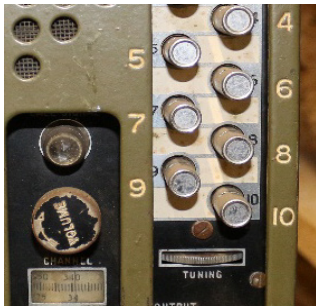


Abbildung 18: MRG-59



Abbildung 19: Eingrenzungsinstrument EJ83



Abbildung 20: Pfeilknopf auf Flab Kanone.



Abbildung 21: Bediengerät BG83.

Libellen auf diversen Waffensystemen

Auf diversen Waffensystemen wie zum Beispiel Flieger- oder Panzerabwehrkanonen wurden Libellen eingebaut. Von blossen Auge gibt es keine Hinweise, ob die Libelle radioaktiv ist. Es wird dringend davon abgeraten, solche Libellen selbstständig auszubauen oder zu ersetzen, da grosse Bruchgefahr besteht.



Abbildung 22: Libellen auf Flak Kanone 20mm.

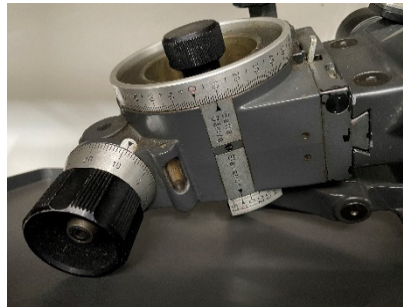


Abbildung 23: Libelle auf 9cm Pak 57.



Abbildung 24: Visiereinheit 6 cm Minenwerfer.

Glühstrümpfe aus Benzinvergaserlampen

Auch heute noch sind radioaktive Glühstrümpfe in Haushalten weit verbreitet. Sie enthalten neben Thorium auch Asbest in den Schnüren.



Abbildung 25: Petroleumlampe mit Glühstrumpf

Mirage und C-36

Einige Flugzeugteile wurden mit einer radioaktiven Magnesium-Thoriumlegierung ausgestattet. Dabei handelte es sich vor allem um Teile, welche besonders hitzebeständig sein mussten, wie z.B. Triebwerke, Luftbremsen oder Mannlochdeckel.



Abbildung 27: Mirage Cockpit mit diversen Ra-226 markierten Instrumenten.



Abbildung 28: Mirage Triebwerk mit Magnesium-Thoriumlegierung.



Abbildung 26: Mirage Teile.

Weitere Gegenstände



Abbildung 29: Funkgerät SE-207



Abbildung 30: Wegweiser mit Ra-226



Abbildung 31: Handgenerator zu K1A-Gerät mit Ra-226 Markierung



Abbildung 32: Kamera FK-24



Abbildung 33: Fahrbahnmarkierung



Abbildung 34: Bussole

Radonrisiko in der Schweiz

Radon (chemische Bezeichnung Rn-222) ist ein natürlich vorkommendes radioaktives Edelgas, das indirekt durch den Zerfall des überall im Untergrund vorhandenen Urans entsteht. Beim natürlichen Zerfall von Uran entsteht unter anderem **Radium, das zu Radon zerfällt** (siehe Abbildung 1). Radon kann daher auch bei der Lagerung von Radium-Strahlenquellen entstehen, weshalb Lagerräume stets gut belüftet sein müssen.

Die instabilen Radonatome mit einer HWZ von 3.8 Tagen zerfallen weiter zu den ebenfalls radioaktiven Radonfolgeprodukten Polonium, Wismut und Blei. Von ihnen geht die grösste Gefahr aus, denn sie lagern sich an Staubpartikeln und Aerosolen ab, welche dann eingeatmet werden und sich so im Atemtrakt und Lungengewebe festsetzen können, wo sie das umliegende Gewebe kontinuierlich bestrahlen. Dies kann im schlimmsten Fall zu Lungenkrebs führen³.

Gesundheitliche Risiken durch Radon

In der Schweiz ist Radon für rund die Hälfte der Strahlenbelastung der Bevölkerung verantwortlich (siehe Abbildung 8). Es ist nach dem Rauchen die häufigste Ursache für Lungenkrebs. Das Lungenkrebsrisiko ist umso grösser, je höher die Radonkonzentration in der

³ [Was ist Radon? \(admin.ch\)](#)

Atemluft ist und je länger diese Luft eingeatmet wird. Die Radonfolgeprodukte lagern sich im Lungengewebe ab und bestrahlen es. Zwischen der Belastung des Lungengewebes und dem Auftreten von **Lungenkrebs** können Jahre bis Jahrzehnte vergehen.

In der Schweiz leben etwa 8.8 Millionen Menschen. Davon sterben durchschnittlich 64'000 Personen pro Jahr, rund 17'000 davon sind auf Krebserkrankungen zurückzuführen. Mit rund 3200 Todesfällen pro Jahr ist Lungenkrebs eine der häufigsten Krebserkrankungen mit Todesfolge. 200 bis 300 dieser Fälle können auf Radon zurückgeführt werden⁴.

Radon im historischen Bereich

Höhere Radonkonzentrationen können insbesondere in unterirdischen Anlagen und Räumen auftreten, z.B. in ehemaligen militärischen Anlagen. Bei der Weiternutzung von solchen Räumen ist eine Radonmessung sinnvoll.

Auch Räume mit Ausstellungsgegenständen wie Vitrinen mit radiumhaltigen Instrumenten können grosse Mengen an Radon freisetzen. Hier ist eine Messung ebenfalls dringend empfohlen.

Messung von Radon

Obwohl die Entstehung und Herkunft sowie die begünstigenden geologischen und klimatischen Bedingungen von Radon bekannt sind, kann die Radongaskonzentration in Innenräumen nur durch Messungen ermittelt werden, da sie letztlich vor allem von der Bauweise des Gebäudes abhängt. Neben der geografischen Lage und der Bodenbeschaffenheit sind bauliche Faktoren wie die Dichtigkeit des Fundaments, Risse in Wänden und Fugen oder undichte Rohrdurchführungen im Gebäude entscheidend.

Insbesondere in unterirdischen Bauten kann die Radongaskonzentration aufgrund der Bauweise sehr hoch sein. Felswände und Naturböden begünstigen das Eindringen von Radon in Innenräume besonders. Wie bereits erwähnt, gelten Arbeitsplätze an solchen Orten gesetzlich als **radonexponierte Arbeitsplätze**. Um die Sicherheit der betroffenen Personen zu gewährleisten, müssen Radonmessungen durchgeführt werden. Dazu werden spezielle Dosimeter verwendet, welche während 3 bis 12 Monaten die über das Jahr gemittelte Radongaskonzentration messen (siehe Abbildung 35). Auf der Webseite des BAG ist unter dem Thema Radon eine Liste der Messstellen publiziert, welche anerkannte Messungen vor Ort durchführen können⁵.



Abbildung 35: Passive Radon-Dosimeter Quelle: www.radonova.de

Gesetzliche Bestimmungen

Am 1. Januar 2018 wurde in der StSV der Grenzwert für die über ein Jahr gemittelte Radongaskonzentration in Räumen mit regelmässigem Personenaufenthalt (siehe Gesetzliche Grenzwerte) von 1'000 Bq/m³ durch einen Referenzwert von 300 Bq/m³ ersetzt. Neben diesem Referenzwert gilt an radonexponierten Arbeitsplätzen ein Schwellenwert von 1'000 Bq/m³ für die über ein Jahr gemittelte Radongaskonzentration.

Wird der Referenz- oder Schwellenwert überschritten, sind Massnahmen notwendig (siehe Abbildung 9). Die Wegleitung zu Sanierungsmassnahmen und weitere wichtige Dokumente sind auf der Webseite des BAG zu finden⁶.

⁴ [Radon verursacht Lungenkrebs \(admin.ch\)](http://admin.ch)

⁵ [Radonkonzentration messen \(admin.ch\)](http://admin.ch)

⁶ [Radon \(admin.ch\)](http://admin.ch)

Radonkarte Schweiz

Um einen Überblick über die Radonsituation in der Schweiz zu erhalten, hat das BAG eine Radonkarte erstellt, die für alle Regionen der Schweiz die Wahrscheinlichkeit einer Überschreitung des Referenzwertes grafisch darstellt.

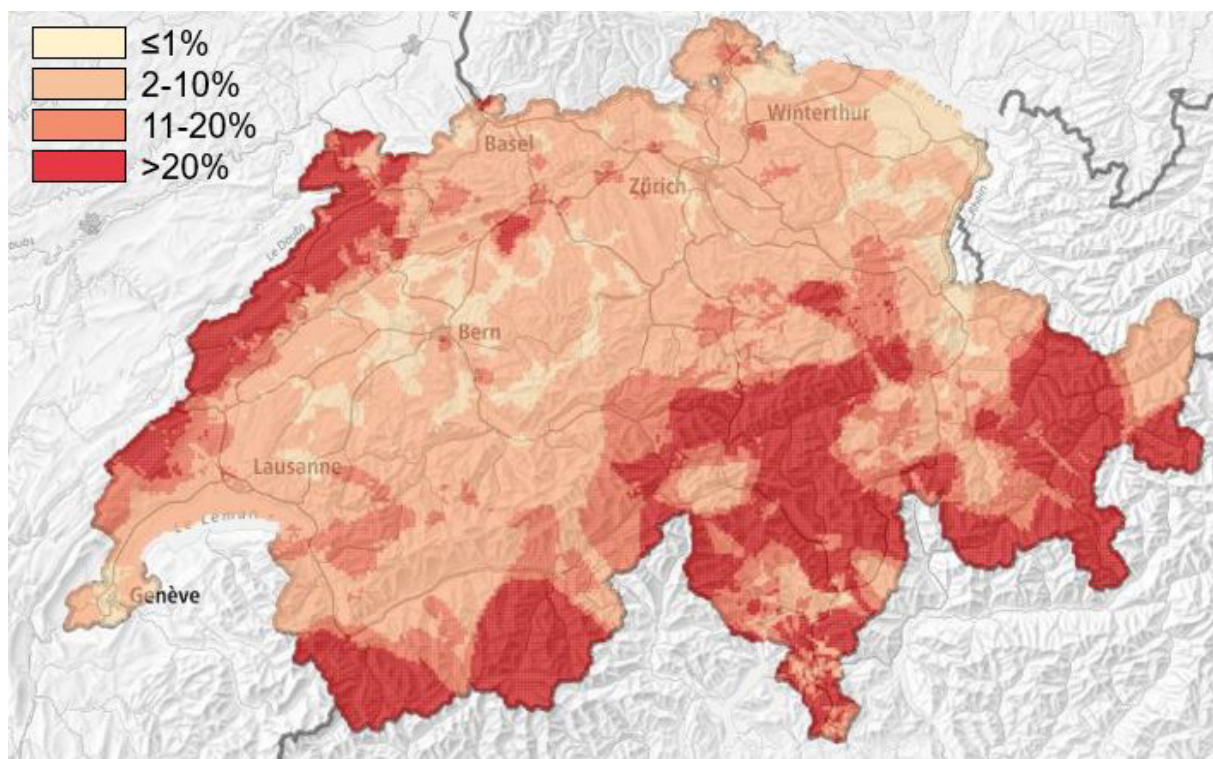


Abbildung 36: Radonkarte der Schweiz Quelle: www.bag.admin.ch

In Abbildung 36 ist gut zu erkennen, dass das Radonrisiko in der Schweiz im Gebirge am höchsten ist. Dies ist darauf zurückzuführen, dass im Jura- und vor allem auch in den Alpen ein grosses Vorkommen an Uran im Gestein vorhanden ist, aus dem Radon entsteht.

Da die Radonkarte lediglich Wahrscheinlichkeiten für eine Überschreitung des Referenzwertes angibt, ist eine Messung unumgänglich, um Gewissheit zu erlangen, denn, wie bereits erwähnt, ist letztlich oft die Bauweise der Gebäude ausschlaggebend für die Radongaskonzentration.

Zusammenfassung

Radioaktivität und Strahlenschutz

Radioaktivität ist die Eigenschaft bestimmter chemischer Elemente unter Aussendung ionisierender Strahlung in andere Elemente zu zerfallen. Es gibt verschiedene Arten von Strahlung, die sich jeweils durch ihre physikalischen Eigenschaften unterscheiden. Die wohl bekannteste Strahlungsart ist die Röntgenstrahlung, die hauptsächlich aus zivilisatorischen Quellen stammt. Wie radioaktive Strahlung (Alpha-, Beta- und Gammastrahlung) kann auch sie aufgrund ihrer hohen Energie Zellen und Gewebe im menschlichen Körper schädigen, weshalb der Strahlenschutz der Bevölkerung von grosser Bedeutung ist.

In der Schweiz sind sämtliche Anwendungen und Situationen mit radioaktiver Strahlung in der Strahlenschutzverordnung geregelt. Verschiedene Behörden wie das BAG, die SUVA und das ENSI sorgen für die Einhaltung und Umsetzung dieser Vorschriften.

Es ist deshalb von grosser Bedeutung, dass man sich beim Besitz von (potenziellen) Strahlenquellen mit der Materie auseinandersetzt und richtig damit umgeht, um sich sowohl vor gesundheitlichen Schäden als auch vor allfälligen Sanktionen zu schützen.

Radium

Das radioaktive Element, das wohl am häufigsten in historischem Material zu finden ist, ist Radium, da es lange Zeit für die Herstellung von Leuchtfarben verwendet wurde. Radium selbst stellt in der Regel nur ein kleines Problem dar, solange es verschlossen und in geringen Mengen vorhanden ist. Die grösste Gefahr entsteht durch eine mögliche Inkorporation, wodurch es schwerwiegende körperliche Schäden anrichten kann.

Deshalb ist es wichtig, Radium-Leuchtfarbe zu identifizieren und entsprechend damit umzugehen. Von blossen Auge ist sie meistens an der braun-goldenen Farbe und dem unregelmässigen Aufstrich zu erkennen. Gewissheit kann jedoch nur eine Messung schaffen. Materialien, die Radium enthalten können, sind zum Beispiel Anzeigeeinstrumente an Fahrzeugen, Libellen an Waffensystemen oder diverse Knöpfe und Schalter.

Aufgrund der Risiken für Mensch und Umwelt muss ab einer bestimmten Menge Radium eine Umgangsbewilligung beantragt werden. Damit wird sichergestellt, dass Personen über die Risiken radioaktiver Stoffe und deren sachgerechter Entsorgung informiert sind.

Radon

Das radioaktive Edelgas Radon kann Lungenkrebs verursachen. Es tritt, je nach Region, in unterschiedlichen Konzentrationen auf. Neben den geologischen Gegebenheiten ist auch die Bauweise der Gebäude entscheidend für die Radongaskonzentration in Innenräumen. Besonders gefährdet sind unterirdische Bauten, da diese von uranhaltigem Gestein umgeben sind. Eine definitive Aussage über die tatsächliche Radongaskonzentration kann jedoch nur durch eine Messung vor Ort gemacht werden. Dazu gibt es in der ganzen Schweiz Radonmessstellen, die über die Internetseite des BAG kontaktiert werden können.

Im Umgang mit radioaktivem Material im historischen Bereich kann Ihnen die ZSHAM mit Unterstützung durch das KOMZ Strahlenschutz VBS behilflich sein. Zögern Sie deshalb nicht, diese Stellen zu kontaktieren.

Kontaktstellen

VBS

Bundesamt für Bevölkerungsschutz BABS
Kompetenzzentrum Strahlenschutz VBS
Austrasse 1
3700 Spiez, Tel. +41 58 468 14 00
strahlenschutz@babs.admin.ch

Bewilligungsbehörde

Bundesamt für Gesundheit BAG
Abteilung Strahlenschutz
Schwarzenburgstrasse 157
3003 Bern, Tel. +41 58 462 96 14
str@bag.admin.ch

Aufsichtsbehörde

Schweizerische Unfallversicherungsanstalt SUVA
Physik – Strahlenschutz
Rösslimattstrasse 39
6002 Luzern, Tel. +41 41 419 58 51

Referenzen

Wichtige Webseiten & Dokumente

- Webseite des BAG zu Radon, [Radon \(admin.ch\)](http://Radon.admin.ch)
- Strahlenschutzverordnung, [SR 814.501 – Strahlenschutzverordnung vom 26. April 2017 \(StSV\) \(admin.ch\)](http://SR.814.501)
- Webseite des BAG zur Entsorgung radioaktiver Abfälle, [Sammelaktion für radioaktive Abfälle aus den Bereichen Medizin, Industrie, Forschung \(admin.ch\)](http://Sammelaktion.fur.radioaktive.Abfaelle.aus.den.Bereichen.Medizin.Industrie.Forschung.admin.ch)
- [Wegleitung L-04-04](http://Wegleitung.L-04-04) Anforderungen für den Umgang mit historischem Armeematerial, welches radioaktives Material enthält
- [Faktenblatt- Radiumhaltige Uhren](http://Faktenblatt-Radiumhaltige.Uhren)
- Webseite [Kompetenzzentrum Strahlenschutz VBS](http://Kompetenzzentrum.Strahlenschutz.VBS)
- Webseite [Zentralstelle historisches Armeematerial](http://Zentralstelle.historisches.Armeematerial)

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Das radioaktive Element A (blau) zerfällt zum Element B (rot). Die Zeit, nach der die Hälfte aller Atomkerne von A zu B zerfallen sind heisst Halbwertszeit.....	3
Abbildung 2: Ein Radiumatom zerfällt durch Abgabe eines Alpha-Teilchens zu einem Radonatom Quelle: www.saarland.de	3
Abbildung 3: Darstellung eines Atoms mit zweifach positiv geladenem Atomkern und zwei negativ geladenen Elektronen. Trifft ionisierende Strahlung auf ein Elektron, so wird dieses aus dem Atom herausgelöst. Zurück bleibt ein positiv geladenes Atom.	3
Abbildung 4: Darstellung der Alpha-, Beta- und Gammastrahlung und deren Durchdringungsvermögen durch verschiedene Materialien. Quelle: de.wikipedia.org/Strahlung	4
Abbildung 5: Erzeugung von Röntgenstrahlung durch Beschleunigung von Elektronen. Quelle: www.medizinphysik.wiki	4
Abbildung 6: Röntgenröhre als Beispiel für eine zivilisatorische Strahlenquelle. Quelle: www.mta-r.de	4
Abbildung 8: Strahlenbelastung der Schweizer Bevölkerung durch natürliche und künstliche Quellen. Quelle: www.bag.admin.ch	6
Abbildung 9: "Radium girls". Quelle: swissinfo.ch	7
Abbildung 10: Wecker mit radiumhaltigem Zifferblatt und Zeiger. Quelle: ww.seilnacht.com	8
Abbildung 11: Empfänger-Kasten mit Spannungs- und Zeitanzeige.	9
Abbildung 12: Revue Uhren.	9
Abbildung 13: Motorspritze.	9
Abbildung 14: Anzeigen von Schützenpanzer 63/73.	9
Abbildung 15: Geschwindigkeitsanzeige	9
Abbildung 16: Reserveröhren zu SE-213.	10
Abbildung 17: Überspannungsableiter in Reparaturkiste von SE-208.....	10

Abbildung 18: Röhren in Reparaturkiste von SE-209.	10
Abbildung 19: MRG-59.....	10
Abbildung 20: Eingrenzungsinstrument EJ83.....	10
Abbildung 21: Pfeilknopf auf Flab Kanone.....	10
Abbildung 22: Bediengerät BG83.....	10
Abbildung 23: Libellen auf Flab Kanone 20mm.....	11
Abbildung 24: Libelle auf 9cm Pak 57.....	11
Abbildung 25: Visiereinheit 6 cm Minenwerfer.....	11
Abbildung 26: Petroleumlampe mit Glühstrumpf.....	11
Abbildung 27: Mirage Teile.....	11
Abbildung 28: Mirage Cockpit mit diversen Ra-226 markierten Instrumenten.....	11
Abbildung 29: Mirage Triebwerk mit Magnesium-Thoriumlegierung.....	11
Abbildung 30: Funkgerät SE-207.....	12
Abbildung 31: Wegweiser mit Ra-226.....	12
Abbildung 32: Handgenerator zu K1A-Gerät mit Ra-226 Markierung.....	12
Abbildung 33: Kamera FK-24.....	12
Abbildung 34: Fahrbahnmarkierung.....	12
Abbildung 35: Bussole.....	12
Abbildung 36: Passive Radon-Dosimeter Quelle: www.radonova.de	13
Abbildung 37: Radonkarte der Schweiz Quelle: www.bag.admin.ch	14

Abkürzungsverzeichnis

BAG	Bundesamt für Gesundheit
BABS	Bundesamt für Bevölkerungsschutz
Bq(/m ³)	Becquerel (pro Kubikmeter)
ENSI	Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat
Flab	Fliegerabwehr
H-3	Tritium
HWZ	Halbwertszeit
ICRP	International Commission on Radiological Protection
KOMZ	Kompetenzzentrum
Pak	Panzerabwehrkanone
Ra-226	Radium
Rn-222	Radon
Sr-90	Strontium
StSV	Strahlenschutzverordnung
SUVA	Schweizerische Unfallversicherungsanstalt
(m)Sv	(Milli)Sievert
ui	unterirdisch
VBS	Eidg. Departement für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport
ZSHAM	Zentralstelle Historisches Armeematerial