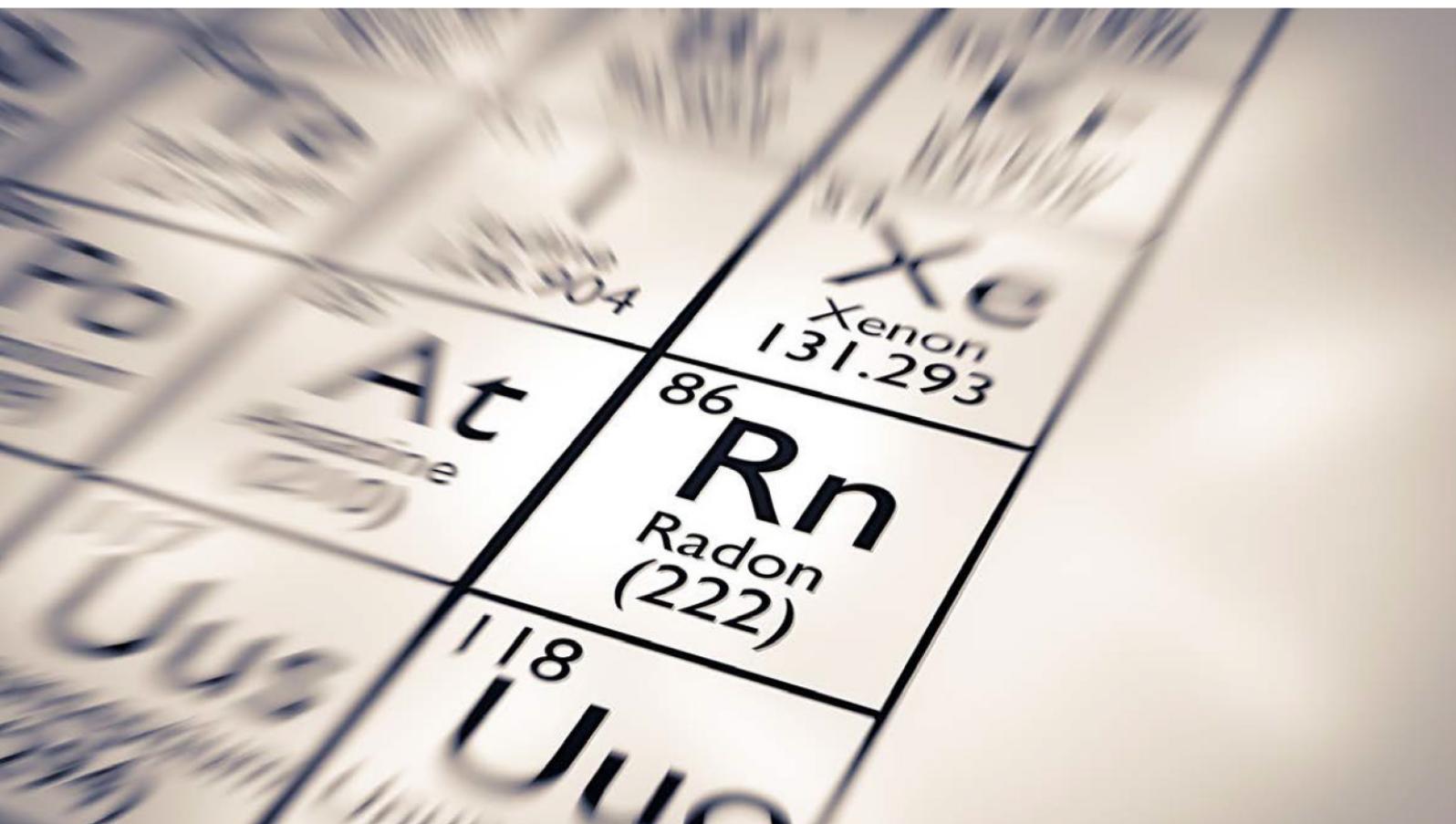




# Radon Jahresbericht 2021

des Eidgenössischen Departements für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport VBS

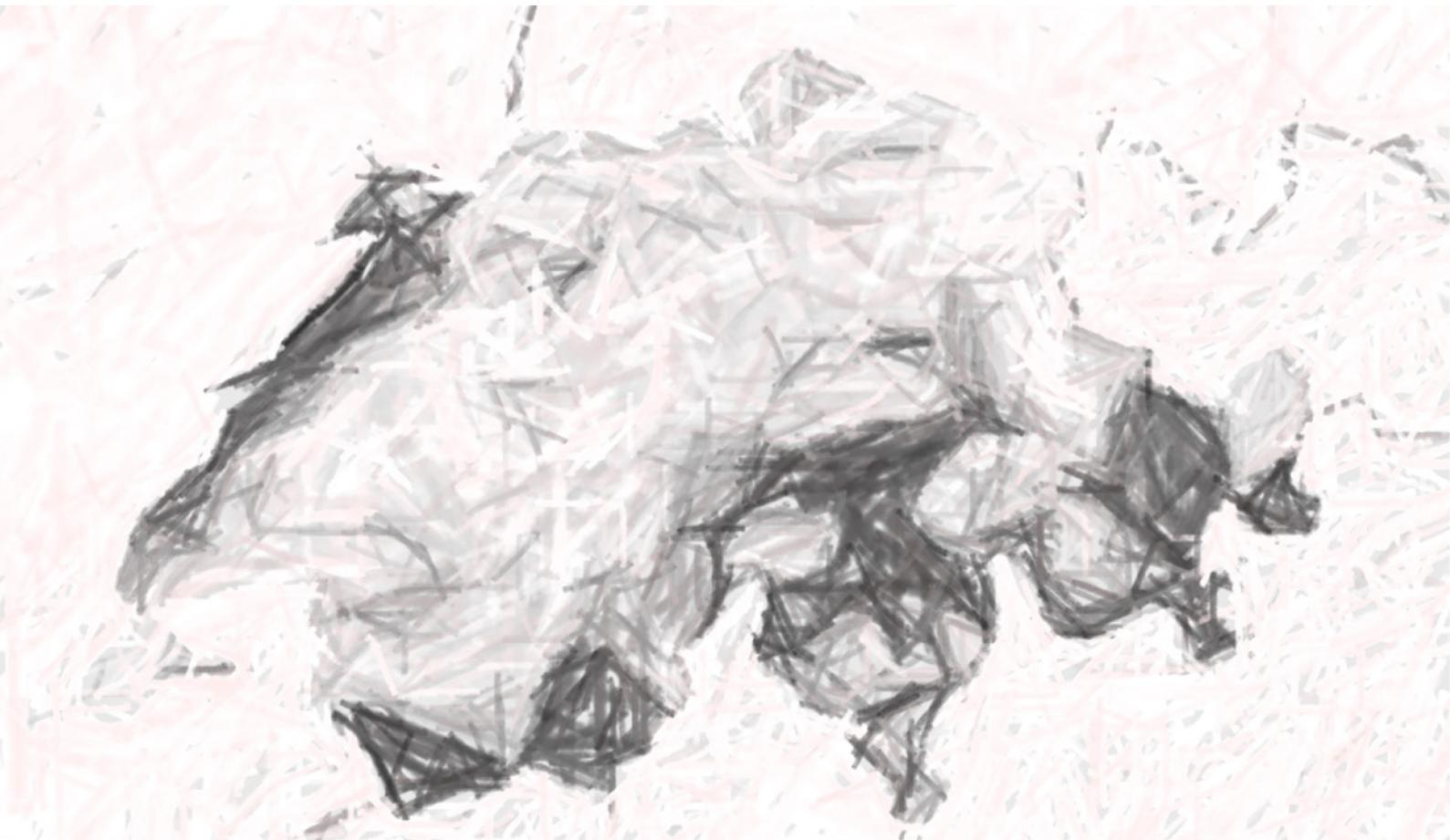


## An wen geht dieser Jahresbericht?

- C LBA, Thomas Kaiser
- C Armeelogistikcenter LBA
- C GS VBS RU, Bruno Locher
- Leiter armasuisse Immobilien, Martin Stocker
- C FUB a.i., Thomas Fankhauser
- C Immobilien V, Frieder Fallscheer
- BAG, Chef Abteilung Strahlenschutz, Sébastien Baechler
- SUVA, Bereich Chemie, Physik & Ergonomie, Michel Hammans
- GL-BABS und GL LS

## Angaben zu den Autoren

Namen	Markus Zürcher, Raphael Grapentin
Funktionen	Chef Gruppe Strahlenschutz und mobile Messmittel Hochschulpraktikant Gruppe Strahlenschutz und mobile Messmittel
Arbeitgeber	Bundesamt für Bevölkerungsschutz, LABOR SPIEZ
Datum	4. April 2022
Ort	Spiez



## Sie finden in diesem Jahresbericht folgende Informationen

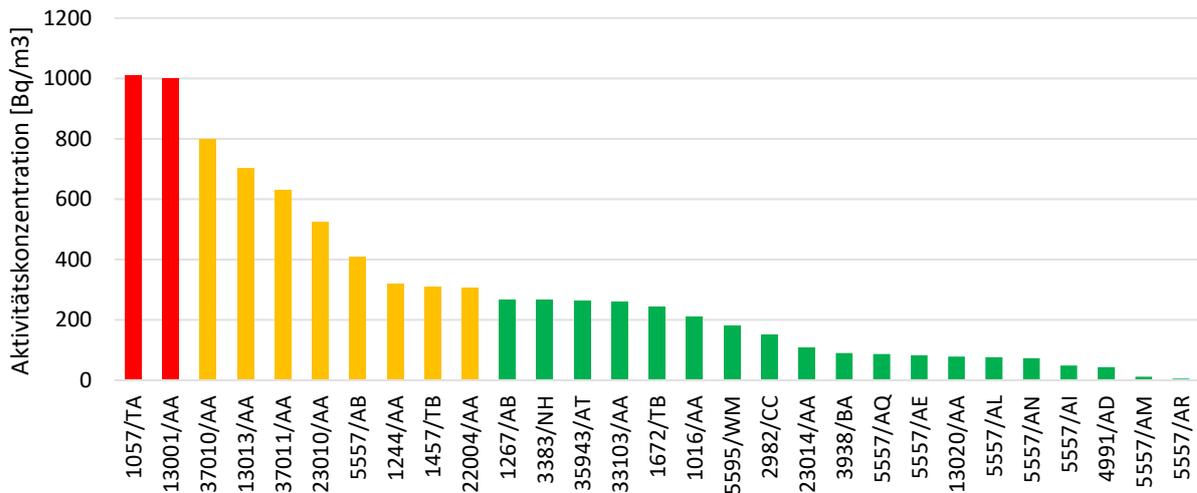
<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>4</b>
<b>Radon und seine Folgen.....</b>	<b>5</b>
Was ist Radon?	
Gesundheitliche Auswirkungen	
Schutzmassnahmen	
Referenz- und Schwellenwert nach Strahlenschutzverordnung (Art. 155 + 156)	
<b>Radonmessungen im VBS.....</b>	<b>6</b>
Aktivmessungen	
Passivmessungen	
Messablauf	
Auswertung	
Radonschutzmassnahmen	
<b>Beurteilung von Radonschutzmassnahmen bzw. Sanierungen .....</b>	<b>7</b>
<b>Die Ergebnisse im Detail .....</b>	<b>8</b>
Statistik	
Objekte mit Radonaktivitätskonzentrationen über 1000 Bq/m <sup>3</sup>	
Objekte mit Radonaktivitätskonzentrationen zwischen 300 und 1000 Bq/m <sup>3</sup>	
Objekte mit Radonaktivitätskonzentrationen unter 300 Bq/m <sup>3</sup>	
<b>Personendosisabschätzungen .....</b>	<b>11</b>
Personendosisabschätzungen in den Objekten 1056/TA, 1057/TA und 1211/TA	
<b>Schlusswort .....</b>	<b>12</b>



## Zusammenfassung

Das VBS hat im Berichtsjahr **29 Objekte** auf ihre Radongasbelastungen geprüft. Die Messdauer pro Objekt betrug mind. drei Monate, konnte aber auch über ein Jahr dauern (abhängig von der jeweiligen Radonaktivitätskonzentration). Alle Messungen wurden mit offiziellen, anerkannten Radonmessmitteln des Labor Spiez durchgeführt.

Für Radonaktivitätskonzentrationen in Räumen mit mehreren Stunden Aufenthalt gilt für das Berichtsjahr ein Referenzwert von  $300 \text{ Bq/m}^3$ . Wasserfassungen und unterirdische Objekte sind als radonexponierte Arbeitsplätze mit einem Schwellenwert von  $1000 \text{ Bq/m}^3$  eingestuft. Die höchste Radonaktivitätskonzentration wurde im Objekt **1057/TA** mit  **$1010 \text{ Bq/m}^3$**  gemessen.



**Abb. 1:** Übersicht aller im Jahr 2021 gemessenen Objekte (Mittelwert pro Objekt in  $\text{Bq/m}^3$ ).

Insgesamt weisen **zwei Objekte** (1057/TA und 13001/AA), welche als radonexponierte Arbeitsplätze eingestuft sind, eine Radonaktivitätskonzentration über  $1000 \text{ Bq/m}^3$  in Einzelräumen auf. Wo erforderlich, wurden Abklärungen getroffen und Massnahmen zur Senkung der Radonaktivitätskonzentration eingeleitet. Die Notwendigkeit wurde anhand der Wegleitung des BAG bestimmt (siehe Auszug Seite 7). Acht Objekte weisen Werte zwischen  $300$  und  $1000 \text{ Bq/m}^3$  auf.

In einigen Objekten wurden mehrere Messungen über verschiedene Zeiträume gemacht. Für diesen Bericht wurden nur die Messungen mit dem höchsten Messwert berücksichtigt. Messungen mit nur einem Dosimeter werden in diesem Bericht nicht aufgeführt, da solche Messungen nicht repräsentativ für ein ganzes Objekt sind.

In zwei Objekten (1457/TB und 1057/TA) wurden radonsenkende Massnahmen in Form von neuen Lüftungsanlagen umgesetzt. Die Arbeiten sind noch nicht abgeschlossen und damit sind auch die Nachmessungen zur Überprüfung der Sanierungen noch offen.

## Radon und seine Folgen

### Was ist Radon?

Radon ist ein im Boden vorkommendes, natürliches radioaktives Edelgas und entsteht in der Uranzerfallsreihe. Uran ist überall im Untergrund vorhanden. Beim natürlichen Zerfall von Uran entsteht unter anderem Radium woraus das Radon folgt. Radonatome können weiter zerfallen. Es entstehen Polonium, Bismut und Blei. Diese sogenannten Radonfolgeprodukte sind auch radioaktiv und schweben in der Atemluft. In Innenräumen können sie sich allmählich an Gegenständen, Staubpartikeln und feinsten Schwebeteilchen, sogenannten Aerosolen, anlagern.

Je durchlässiger der Untergrund, desto eher kann das Radon bis zur Erdoberfläche aufsteigen. Eine hohe Durchlässigkeit finden wir bei feinsten Hohlräumen (Poren), bei grösseren Hohlräumen (Spalten, Klüften, Schutthalden oder in Bergsturzgebieten) und in Karstgebieten oder Höhlensystemen. Durch dichte Tonschichten dringt das Radon kaum hindurch. Lokale Unterschiede sind deshalb sehr ausgeprägt. In der Schweiz gibt es hohe Radonkonzentrationen in den Alpen und im Jura. Aber auch im Mittelland finden wir vereinzelt hoch belastete Gebäude, denn Radon kann überall vorkommen.

### Gesundheitliche Auswirkungen

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

#### **Vision des VBS**

*Bis ins Jahr 2050 erfüllen alle Immobilien des VBS die Radonanforderungen der Strahlenschutzverordnung.*

### Schutzmassnahmen

Gegen hohe Radonkonzentrationen hilft das häufige Belüften von Räumen. Undichtigkeiten gegenüber dem Erdreich fördern das Eindringen von Radon ins Hausinnere. Kellerräume weisen oft die höchsten Konzentrationen auf. Deshalb ist eine gute Abdichtung von Kellerräumen gegenüber bewohnten Räumen wichtig.

### Referenz- und Schwellenwert nach Strahlenschutzverordnung (Art. 155 + 156)

<b>Räume mit mehreren Stunden Aufenthalt</b>	<b>300 Bq/m<sup>3</sup> (Referenzwert)</b>
<b>Radonexponierter Arbeitsplatz</b>	<b>1'000 Bq/m<sup>3</sup> (Schwellenwert)</b>

Als radonexponiert gelten Arbeitsplätze, an denen der Schwellenwert sicher oder vermutlich überschritten wird, zum Beispiel Arbeitsplätze in unterirdischen Bauten, Bergwerken, Höhlen und Wasserversorgungsanlagen ([Strahlenschutzverordnung Art. 156 Abs. 3](#)). Das BAG hat 2019 eine Wegleitung zur Interpretation von Referenz- und Schwellenwerten und über die Dringlichkeit von Sanierungsmassnahmen veröffentlicht. Diese ist auf der [Internetseite des BAG](#) abrufbar und in diesem Bericht auszugsweise auf Seite 7 aufgeführt. Wird der Schwellenwert von 1000 Bq/m<sup>3</sup> überschritten, ist die durch das Radon verursachte jährliche Dosis der exponierten Person zu ermitteln. So können organisatorische und technische Massnahmen zu deren Senkung getroffen werden, sollte sie 10 mSv pro Jahr überschreiten ([Strahlenschutzverordnung Art. 167 Abs. 1,2](#)).

## Radonmessungen im VBS

### Aktivmessungen

Die Aktivmessung erfolgt mit einem elektronischen Messgerät, welches über ein Display die Ablesung der aktuellen Radonaktivitätskonzentration erlaubt. Im Normalfall beträgt die Messdauer mehrere Stunden.

### Passivmessungen

Eine offizielle Radonmessung erfolgt im VBS immer mit passiven Radondetektoren. Diese akkumulieren die Radonaktivitätskonzentrationen über den Auslegezeitraum und werden zwischen drei Monaten und einem Jahr exponiert. So werden auch meteorologische Einflüsse und damit verbundene Schwankungen in den Radonaktivitätskonzentrationen während der Jahreszeiten berücksichtigt.

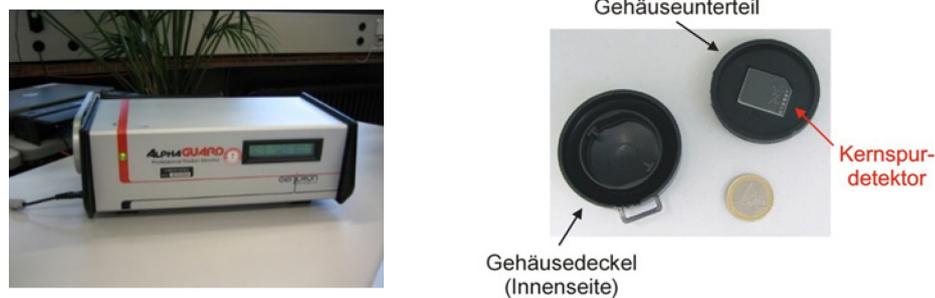


Abb. 2: Aktivmessgerät (links) und Passivdetektor (rechts).

### Messablauf

In der Regel werden pro Objekt zwischen fünf und zwanzig passive Radondetektoren ausgelegt. Die Auslegung erfolgt individuell und ist vom jeweiligen Standort abhängig (Grösse und Nutzung). Die Messdauer ist in der Regel auf ein Jahr festgelegt. Kann aufgrund der hohen Radonaktivitätskonzentration nicht über ein Jahr gemessen werden, z.B. an radonexponierten Arbeitsplätzen, werden die Messzeiten verkürzt.

### Auswertung

Nach der Exposition werden die Detektoren eingezogen und der Auswertestelle zugestellt. Diese meldet die Resultate ca. 4 Wochen später elektronisch an die offizielle Radonmessstelle des VBS.

### Radonschutzmassnahmen

Im Berichtsjahr wurden in verschiedenen Objekten Radonschutzmassnahmen umgesetzt. Dabei wurden Türen und Leitungsdurchführungen zwischen Keller und Wohnbereich abgedichtet, neue Lüftungsanlagen installiert, Felsöffnungen geschlossen und thermische Luftströme mit Rauchgas untersucht.

In drei Objekten (11051/KA, 22004/AA und 1057/TA) werden laufend **Monitoringmessungen** durchgeführt (Dauerüberwachung mit Aktivmessgeräten). Die Werte halten sich mit Teilsanierungen stabil auf tiefem Niveau.

Im Objekt **22004/AA** wurde nach den Teilsanierungen 2020 eine neue Passivmessung über ein Jahr gestartet. Die Ergebnisse zeigen, dass durch Abdichtungen und neue Lüftungsanlagen eine mittlere Radonaktivitätskonzentration von **305 Bq/m<sup>3</sup>** erreicht werden konnte.

## Beurteilung von Radonschutzmassnahmen bzw. Sanierungen

(Auszug Wegleitung BAG) Das angewendete Modell für die Berechnung der Sanierungsfrist berücksichtigt das Gesundheitsrisiko und soll sicherstellen, dass ab Feststellung einer Referenzwertüberschreitung eine kumulierte effektive Dosis von nahezu 100 mSv durch die Radonbelastung vermieden wird. Dies steht im Einklang mit Empfehlungen der Internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP), welche festhalten, dass bei Dosiswerten von über 100 mSv ein signifikantes Krebsrisiko besteht.

Aufgrund der Machbarkeit werden die berechneten Fristen unter Berücksichtigung einer minimalen Sanierungsfrist von drei Jahren (Zeit, um die Sanierung zu planen und durchzuführen) bzw. einer maximalen Sanierungsfrist von 30 Jahren (Periodizität von wesentlichen Gebäuderenovationen) angepasst. Das Modell berücksichtigt die gemessene Radonaktivitätskonzentration und die geschätzte Aufenthaltszeit pro Jahr.

Als „Räume, in denen sich Personen regelmässig während mehrerer Stunden pro Tag aufhalten“ gelten Räume, in denen sich Personen mindestens 15 Stunden pro Woche aufhalten. Bei kürzeren Aufenthaltszeiten sind keine Massnahmen erforderlich. In Tabelle 1 wird zudem zwischen Räumen mit langer bzw. kurzer Aufenthaltszeit unterschieden. Räume wie Schlafzimmer, Wohnzimmer und Klassenzimmer sind typische Beispiele für Räume mit langem Personenaufenthalt. Die Beurteilung der Aufenthaltszeit richtet sich nach der Person, die die meiste Zeit im entsprechenden Raum verbringt.

**Tabelle 1:** Kategorien von Aufenthaltszeiten:

	<b>Räume mit langem Personenaufenthalt</b>	<b>Räume mit kurzem Personenaufenthalt</b>	<b>Kein Aufenthaltsraum</b>
Aufenthaltszeit/Woche	mehr als 30 Stunden	zwischen 15 und 30 Stunden	weniger als 15 Stunden

In Tabelle 2 sind die Sanierungsfristen für verschiedene Intervalle von Radonaktivitätskonzentrationen und Aufenthaltszeiten ersichtlich. Diese Fristen gelten ab Feststellung der Überschreitung (Datum des Messberichtes). Andere Lösungen oder Abweichungen von den vorgegebenen Sanierungsfristen sind nicht ausgeschlossen, solange der Gesundheitsschutz gewährleistet ist. Sollte ein Raum mit kurzer Aufenthaltszeit zu einem späteren Zeitpunkt zu einem Raum mit langer Aufenthaltszeit um genutzt werden, sind die entsprechenden Sanierungsfristen zu übernehmen.

**Tabelle 2:** Maximale Sanierungsfristen als Funktion der gemessenen Radonaktivitätskonzentration und der Aufenthaltszeit:

<b>Gemessene Radonkonzentration (Bq/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Maximale Sanierungsfristen (Jahre)</b>		
	<b>Räume mit langem Personenaufenthalt</b>	<b>Räume mit kurzem Personenaufenthalt</b>	<b>Kein Aufenthaltsraum</b>
> 300 bis 600 Bq/m <sup>3</sup>	10 Jahre	30 Jahre (1)	Keine Massnahmen notwendig
> 600 bis 1000 Bq/m <sup>3</sup>	3 Jahre	10 Jahre	
> 1000 Bq/m <sup>3</sup> (2)	3 Jahre	3 Jahre	

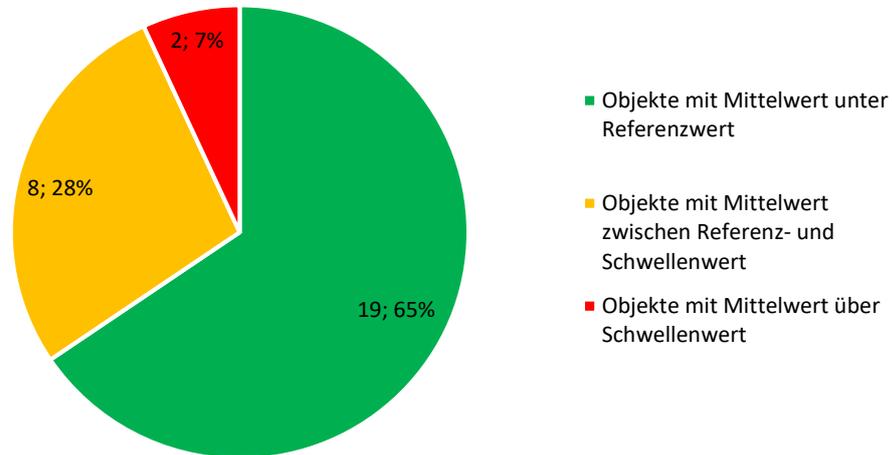
(1) Findet vor Ablauf der Sanierungsfrist ein wesentlicher Gebäudeumbau statt, muss die Radonsanierung gleichzeitig erfolgen.

(2) Bei einer Überschreitung des Schwellenwerts von 1000 Bq/m<sup>3</sup> am Arbeitsplatz gilt dieser als radonexponiert bzw. es gelten die Bestimmungen aus Artikel 167 der Strahlenschutzverordnung.

## Die Ergebnisse im Detail

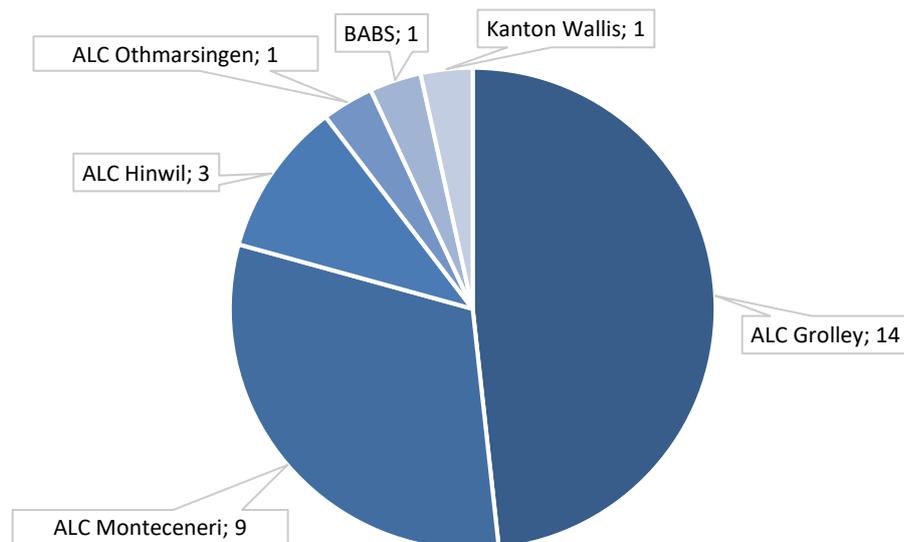
### Statistik

Im Berichtsjahr wurden **29 Objekte** auf ihre Radonaktivitätskonzentrationen geprüft. Die durchschnittliche Auslegedauer der Radondetektoren betrug im Berichtsjahr **381 Tage**.



**Abb. 3:** Anzahl gemessener Objekte eingeteilt nach Radonaktivitätskonzentration in drei Kategorien. Der Referenzwert entspricht  $300 \text{ Bq/m}^3$ , der Schwellenwert  $1000 \text{ Bq/m}^3$ .

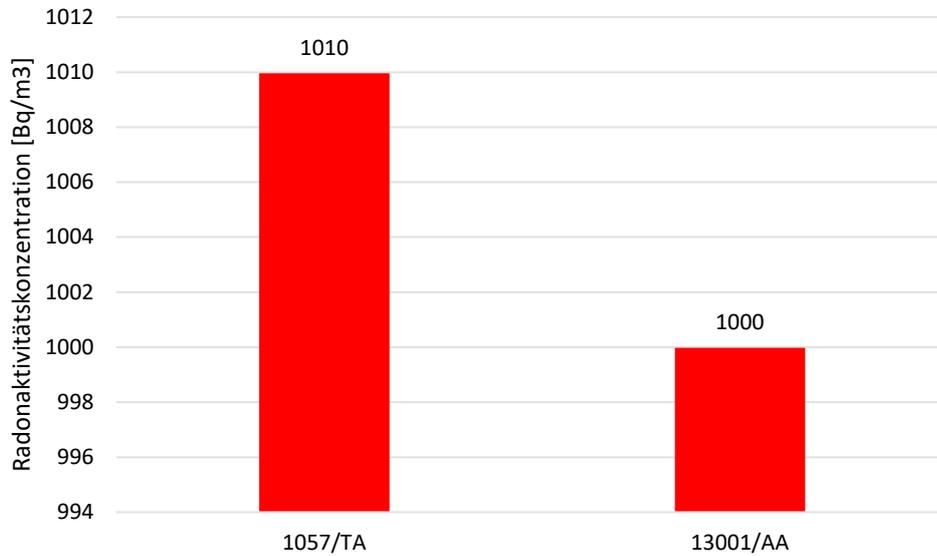
Die Zahl der Objekte unter dem Referenzwert von  $300 \text{ Bq/m}^3$  ist gegenüber dem Jahr 2020 leicht gesunken (73% im Jahr 2020). Im mittleren Bereich zwischen  $300$  und  $1000 \text{ Bq/m}^3$  hat der Anteil der Objekte von 16% auf 28% zugenommen. Die Zahl der Objekte über  $1000 \text{ Bq/m}^3$  hat mit 7% gegenüber dem Vorjahr abgenommen (2020: 11%). Die Abnahme der Anzahl Objekte mit Messwerten über dem Schwellenwert erklärt sich durch die geringere Anzahl an gemessenen Objekten gegenüber dem Jahr 2020 (29 statt 56).



**Abb. 4:** Anzahl gemessener Objekte nach Betreiberorganisation.

### Objekte mit Radonaktivitätskonzentrationen über 1000 Bq/m<sup>3</sup>

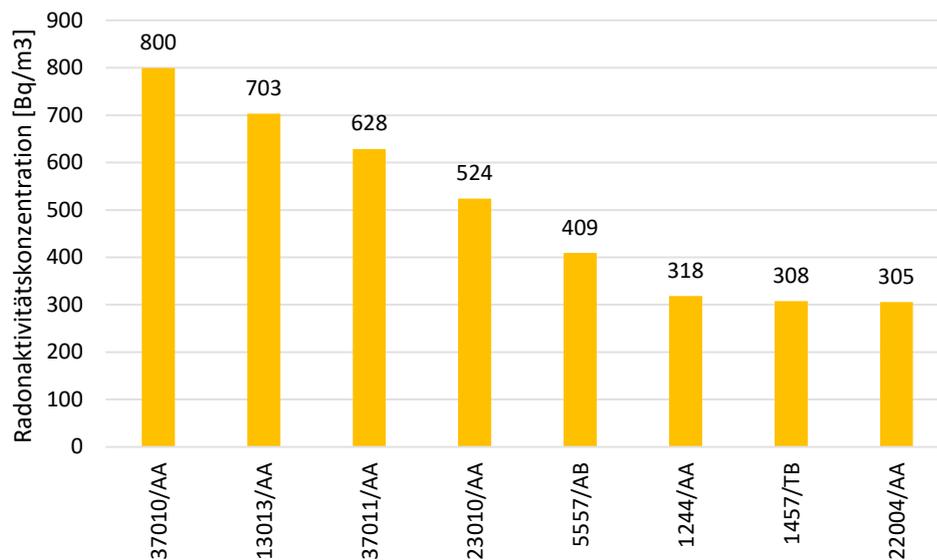
Zwei Objekte weisen mittlere Radonaktivitätskonzentrationen von 1000 Bq/m<sup>3</sup> oder mehr auf.



**Abb. 5:** Die zwei Objekte sind als radonexponierte Arbeitsplätze eingestuft.

### Objekte mit Radonaktivitätskonzentrationen zwischen 300 und 1000 Bq/m<sup>3</sup>

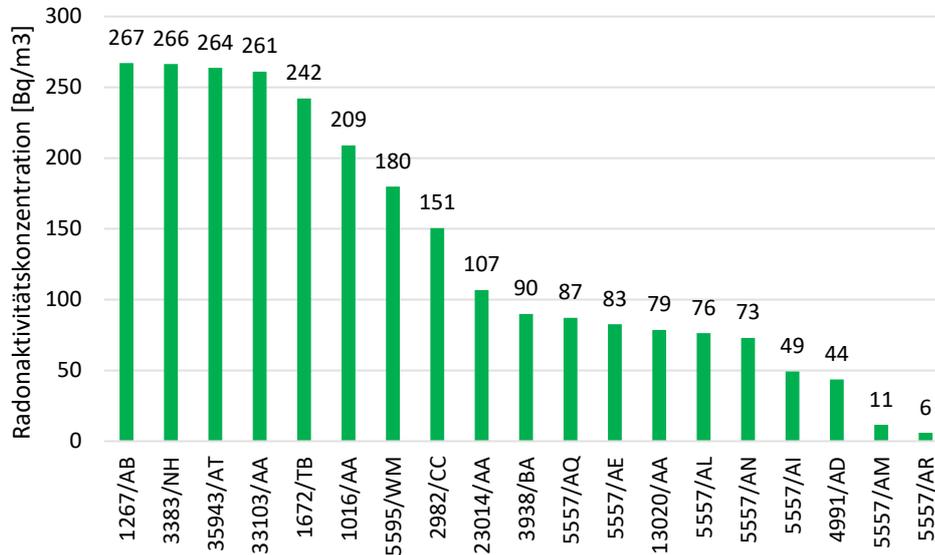
Bei acht Objekten liegen die Radonaktivitätskonzentrationen unter 1000 Bq/m<sup>3</sup> aber über 300 Bq/m<sup>3</sup>. Sieben Objekte sind als radonexponierte Arbeitsplätze eingestuft. Das Objekt 5557/AB gilt nicht als radonexponierter Arbeitsplatz weshalb dort Sanierungsmassnahmen im Dezember 2021 abgeschlossen wurden. Die Nachmessungen in diesem Objekt ist für 2022 angeordnet.



**Abb. 6:** Bei acht Objekten liegen die Radonaktivitätskonzentrationen unter 1000 Bq/m<sup>3</sup> aber über 300 Bq/m<sup>3</sup>.

### Objekte mit Radonaktivitätskonzentrationen unter 300 Bq/m<sup>3</sup>

Bei 19 untersuchten Objekten liegt die Radonaktivitätskonzentration unter dem Referenzwert von 300 Bq/m<sup>3</sup>. Bei diesen Objekten sind keine Dosisabschätzungen und keine radonsenkenden Massnahmen vorgesehen.



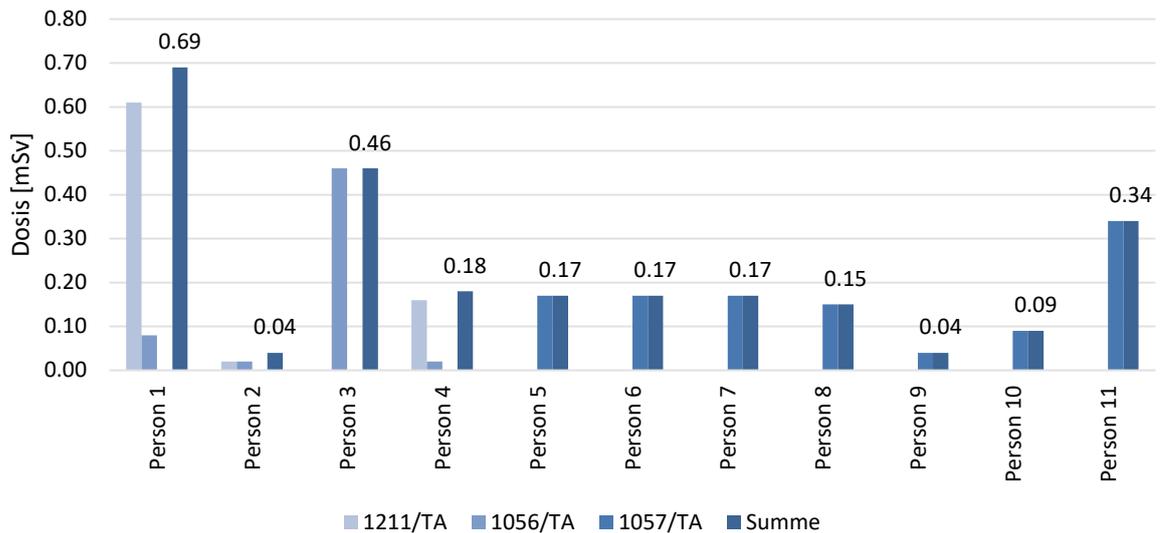
**Abb. 7:** Messwerte für Objekte mit Radonaktivitätskonzentrationen unter 300 Bq/m<sup>3</sup>.

## Personendosisabschätzungen

Laut Strahlenschutzverordnung ([Art. 167](#)) muss der Betrieb bei Überschreiten des Schwellenwerts von  $1000 \text{ Bq/m}^3$  die Dosis der exponierten Personen ermitteln. Dies geschieht mittels Dosisabschätzungen, die auf Raumkonzentrationen beruhen. Andererseits werden auch persönliche Radondetektoren verwendet. Diese entsprechen den üblichen Raumdetectoren, werden aber am Körper getragen während sich die exponierte Person im Objekt aufhält. Ein anerkanntes Radondosimeter zur Bestimmung der Personendosis gibt es in der Schweiz bisher nicht.

### Personendosisabschätzungen in den Objekten 1056/TA, 1057/TA und 1211/TA

In den Objekten 1056/TA, 1057/TA und 1211/TA wurden im Berichtsjahr insgesamt 23 Personen mit persönlichen Radondetektoren überwacht. Alle jährlichen effektiven Einzeldosen waren unter 1 mSv. Bei 11 Personen wurde eine Dosis über 0 mSv berechnet.



**Abb. 8:** Anonymisierte Personendosen für die Objekte 1056/TA, 1057/TA und 1211/TA. Die beschrifteten Werte sind die jährlichen effektiven Einzeldosen der Personen über alle drei Objekte.

## Schlusswort

In Zusammenarbeit mit armasuisse Immobilien konnte im Berichtsjahr die Radondatenbank des VBS mit der Berechnung von Personendosen erweitert werden. Damit ist es möglich, die jährlich durch Radon verursachte effektive Dosis von Personen an radonexponierten Arbeitsplätzen zu ermitteln.

Die Erhebung des Gleichgewichtsfaktors (massgebend für die Dosisberechnung aus Radonkonzentrationen) in unterschiedlichen Objekten des VBS konnte im Berichtsjahr nicht abgeschlossen werden, da zu wenige Messungen vorlagen. In 2022 sind Langzeitmessungen über mehrere Wochen oder Monate dafür geplant. Ergebnisse können ab 2023 erwartet werden.

Im Vergleich zum Vorjahr konnten weniger Radonmessungen durchgeführt werden (29 Objekte 2021, 56 Objekte 2020). Alle gesetzlichen Vorgaben wurden eingehalten und die effektiven Jahresdosen der persönlich überwachten Mitarbeitenden liegen alle unter 10 mSv pro Jahr.

Das Kompetenzzentrum Strahlenschutz VBS dankt allen Personen ganz herzlich für die Unterstützung bei den Radonmessungen. Sie leisten damit einen **wichtigen Beitrag zum Gesundheitsschutz der Mitarbeitenden im VBS.**

Spiez, 4. April 2022

Bundesamt für Bevölkerungsschutz  
LABOR SPIEZ  
Kompetenzzentrum Strahlenschutz VBS  
Markus Zürcher