

# Räumliche Verteilung von Radon

Wo sollen Radondosimeter platziert  
werden?

Raphael Grapentin

5. Juni 2024



# Inhalt

## 1. Gebäude

- a. Hauptnutzfläche und Personenbelegung
- b. ISO 11665
- c. Strahlenschutzverordnung
- d. Messprotokoll für Wohnräume und Wegleitung Radon

## 2. Raum

- a. Aufenthaltsbereich
- b. ISO 11665
- c. Platzierung von Radondosimetern

## 3. Forschungsergebnisse zur räumlichen Verteilung von Radon

## 4. Schlussfolgerung

# Gebäude

# Hauptnutzfläche nach SIA 416

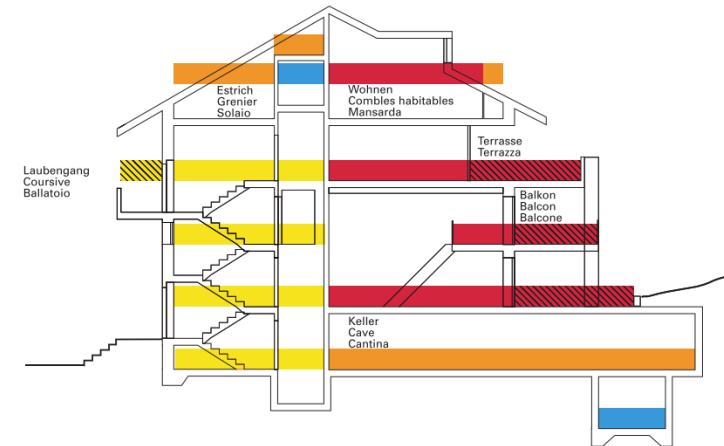
## – Hauptnutzfläche HNF:

Die Hauptnutzfläche ist der Teil der Nutzfläche, welcher der Zweckbestimmung und Nutzung des Gebäudes im engeren Sinn dient.

## – Nebennutzfläche NNF:

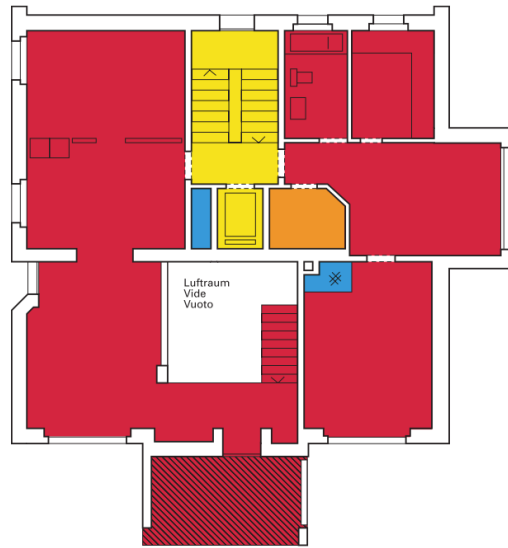
Die Nebennutzfläche ist der Teil der Nutzfläche, welcher die Hauptnutzfläche zur Nutzfläche ergänzt. Sie ist je nach Zweckbestimmung und Nutzung des Gebäudes zu definieren. Zu den Nebennutzflächen gehören z.B. im Wohnungsbau:

- Waschküchen,
- Estrich- und Kellerräume,
- Abstellräume,
- Fahrzeugeinstellräume,
- Schutzräume,
- Kehrtrräume.

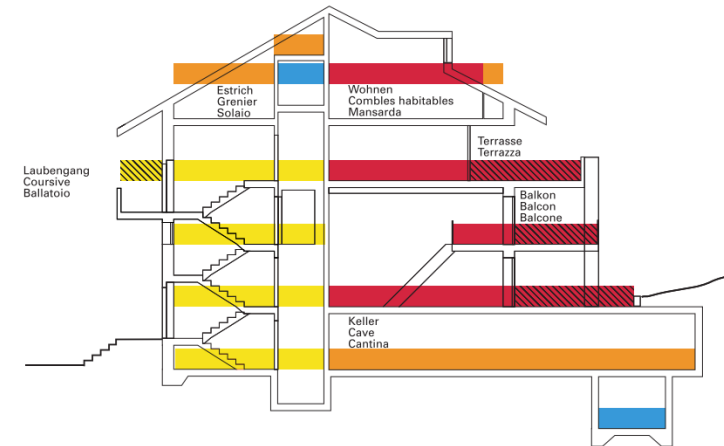


<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: red; margin-right: 5px;"></span> 2.1.1.1 Hauptnutzfläche HNF Surface utile principale SUP Superficie utile principale SUP</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: orange; margin-right: 5px;"></span> 2.1.1.2 Nebennutzfläche NNF Surface utile secondaire SUS Superficie utile secondaria SUS</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: yellow; margin-right: 5px;"></span> 2.1.2 Verkehrsfläche VF Surface de dégagement SD Superficie di circolazione SCIR</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: blue; margin-right: 5px;"></span> 2.1.3 Funktionsfläche FF Surface d'installations SI Superficie delle installazioni SI</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: red; border: 1px dashed black; margin-right: 5px;"></span> 3.1.1 Aussen-Nutzfläche ANF Surface externe utile SEU Superficie utile esterna SUE</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: yellow; border: 1px dashed black; margin-right: 5px;"></span> 3.1.2 Aussen-Verkehrsfläche AVF Surface externe de dégagement SED Superficie di circolazione esterna SCIRE</li> </ul>	<p>2.1.1 Nutzfläche NF Surface utile SU Superficie utile SU</p>
---	---

# Hauptnutzfläche nach SIA 416



- 2.1.1.1 Hauptnutzfläche HNF  
Surface utile principale SUP  
Superficie utile principale SUP
  - 2.1.1.2 Nebennutzfläche NNF  
Surface utile secondaire SUS  
Superficie utile secondaria SUS
  - 2.1.2 Verkehrsfläche VF  
Surface de dégagement SD  
Superficie di circolazione SCIR
  - 2.1.3 Funktionsfläche FF  
Surface d'installations SI  
Superficie delle installazioni SI
  - 3.1.1 Aussen-Nutzfläche ANF  
Surface externe utile SEU  
Superficie utile esterna SUE
- } 2.1.1 Nutzfläche NF  
Surface utile SU  
Superficie utile SU



- 2.1.1.1 Hauptnutzfläche HNF  
Surface utile principale SUP  
Superficie utile principale SUP
  - 2.1.1.2 Nebennutzfläche NNF  
Surface utile secondaire SUS  
Superficie utile secondaria SUS
  - 2.1.2 Verkehrsfläche VF  
Surface de dégagement SD  
Superficie di circolazione SCIR
  - 2.1.3 Funktionsfläche FF  
Surface d'installations SI  
Superficie delle installazioni SI
  - 3.1.1 Aussen-Nutzfläche ANF  
Surface externe utile SEU  
Superficie utile esterna SUE
  - 3.1.2 Aussen-Verkehrsfläche AVF  
Surface externe de dégagement SED  
Superficie di circolazione esterna SCIRE
- } 2.1.1 Nutzfläche NF  
Surface utile SU  
Superficie utile SU

# Raum mit Personenbelegung nach SIA 180

## – Raum mit Personenbelegung

Raum oder Bereich innerhalb von Gebäuden, der für einen längeren Aufenthalt von Personen bestimmt oder geeignet ist. Als Räume mit Personenbelegung gelten insbesondere die Hauptnutzflächen gemäss SIA 416

Wände, Böden und Decken, welche die Räume mit Luftverunreinigungsquellen oder Feuchtequellen (z.B. Garagen, Keller, Räume mit hoher Radonbelastung) von den Räumen mit Personenbelegung trennen, müssen möglichst luftdicht sein. Türen und Durchführungen zwischen diesen Zonen müssen so ausgeführt sein, dass der Luftvolumenstrom bei 50 Pa Druckdifferenz dividiert durch die Gesamtfläche der Trennwände unter  $2 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$  liegt.

# ISO 11665-8

Measurement of radioactivity in the environment — Air: radon-222 — Part 8: Methodologies for initial and additional investigations in buildings

## – «Homogene Zone»:

- Bodenbeschaffenheit
- Lüftungssystem
- Temperaturbereich
- Wasserversorgung
- Wassernutzung

## – Nicht repräsentative Bereiche sollen vermieden werden:

- Keller
- Garagen
- Ein-/Durchgänge
- Dachboden

### 5.4 Location of the measuring points

#### 5.4.1 General

The installation of the measuring devices follows a three-stage protocol which determines:

- the homogeneous zones in the building under investigation;
- the number of devices per homogeneous zone required to take the representative measurements;
- the locations of the measuring points in the homogeneous zones.

#### 5.4.3 Number of measuring devices to be installed

At least one measuring device shall be installed in each selected homogeneous zone, with a minimum of two devices per building.

In the case of large homogeneous zones, one device is installed for every 200 m<sup>2</sup>.

#### 5.4.4 Installation of measuring devices

The measuring device(s) shall be installed in an occupied volume of the building for each selected homogeneous zone. Areas not representative of the exposure conditions shall be avoided, particularly entrances, cellars, garages, pathways and attics.

The use of the premises shall dictate the choice of location. Normal conditions of use and occupation of the premises shall not be altered during the measurement.



# Strahlenschutzverordnung

## 3. Kapitel: Radon

### 1. Abschnitt: Allgemeine Bestimmungen

#### Art. 155 Radonreferenzwert

<sup>1</sup> Der Radonreferenzwert entspricht der Radongaskonzentration, bei deren Überschreitung Massnahmen nach Artikel 166 zu treffen sind.

<sup>2</sup> Für die über ein Jahr gemittelte Radongaskonzentration in Räumen, in denen sich Personen regelmässig während mehrerer Stunden pro Tag aufhalten, gilt ein Radonreferenzwert von 300 Bq/m<sup>3</sup>. Vorbehalten bleiben die Bestimmungen nach Artikel 156.

Strahlenschutzverordnung (StSV) SR 814.501

«... regelmässig während mehrerer Stunden pro Tag aufhalten, ...»



# Messprotokoll (für Wohnräume)

## 2 getrennte Wohnräume

«mit langen Aufenthaltszeiten»

– Wohnzimmer, Schlafzimmer:

→ HNF (SIA 416)

→ Raum mit Personenbelegung (SIA 180)

→ Homogene Zone (ISO 11665-8)

→ «mehrere Stunden pro Tag» (StSV)

<b>Einfamilienhaus</b>	<p>Mindestens 2 getrennte Wohnräume mit langen Aufenthaltszeiten (z.B. Wohnzimmer, Schlafzimmer, Kinderzimmer) bevorzugt im Bereich mit Erdkontakt oder auf dem tiefsten bewohnten Stockwerk messen. Orte mit starkem Luftzug oder grosser Feuchtigkeit (z.B. Küche, Badezimmer) eignen sich nicht als Messort.</p> <p>Empfohlen: Zusätzliche Messung im Untergeschoss; in einem Raum mit hohem Radonpotential (z.B. ein Keller mit Naturboden).</p>
<b>Mehrfamilienhaus</b> Die Messung sollte in den Wohneinheiten durchgeführt werden, die in den unteren Stockwerken des Gebäudes liegen.	<p>Pro Wohneinheit sind möglichst 2 getrennte Wohnräume mit langer Aufenthaltszeit (z.B. Wohnzimmer, Schlafzimmer, Kinderzimmer) zu messen. Orte mit starkem Luftzug oder grosser Feuchtigkeit (z.B. Küche, Badezimmer) eignen sich nicht als Messort.</p> <p>Empfohlen: Zusätzliche Messung im Untergeschoss; in einem Raum mit hohem Radonpotential (z.B. ein Keller mit Naturboden).</p>

Messprotokoll für Wohnräume, BAG

	Räume mit langem Personenaufenthalt	Räume mit kurzem Personenaufenthalt	Kein Aufenthaltsraum
<b>Aufenthaltszeit/ Woche</b>	mehr als 30 Stunden	zwischen 15 und 30 Stunden	weniger als 15 Stunden (1)

(1) Bei Schulen und Kindergärten bezieht sich die Aufenthaltszeit nicht auf eine einzelne Person, sondern auf alle Personen, die den Raum nutzen, d.h. auf die Gesamtnutzungszeit des Raumes.

Wegleitung Radon, BAG

# Messprotokoll (für Wohnräume)

## Empfohlen

«Raum mit hohem Radonpotential»

– Keller mit Naturboden

→ NNF, FF (SIA 416)

→ kein Raum mit Personenbelegung  
(SIA 180)

→ nicht repräsentativ (ISO 11665-8)

→ nicht «mehrere Stunden pro Tag»  
(StSV)

<b>Einfamilienhaus</b>	<p>Mindestens 2 getrennte Wohnräume mit langen Aufenthaltszeiten (z.B. Wohnzimmer, Schlafzimmer, Kinderzimmer) bevorzugt im Bereich mit Erdkontakt oder auf dem tiefsten bewohnten Stockwerk messen. Orte mit starkem Luftzug oder grosser Feuchtigkeit (z.B. Küche, Badezimmer) eignen sich nicht als Messort.</p> <p>Empfohlen: Zusätzliche Messung im Untergeschoss; in einem Raum mit hohem Radonpotential (z.B. ein Keller mit Naturboden).</p>
<b>Mehrfamilienhaus</b> Die Messung sollte in den Wohneinheiten durchgeführt werden, die in den unteren Stockwerken des Gebäudes liegen.	<p>Pro Wohneinheit sind möglichst 2 getrennte Wohnräume mit langer Aufenthaltszeit (z.B. Wohnzimmer, Schlafzimmer, Kinderzimmer) zu messen. Orte mit starkem Luftzug oder grosser Feuchtigkeit (z.B. Küche, Badezimmer) eignen sich nicht als Messort.</p> <p>Empfohlen: Zusätzliche Messung im Untergeschoss; in einem Raum mit hohem Radonpotential (z.B. ein Keller mit Naturboden).</p>

Messprotokoll für Wohnräume, BAG

	Räume mit langem Personenaufenthalt	Räume mit kurzem Personenaufenthalt	Kein Aufenthaltsraum
<b>Aufenthaltszeit/ Woche</b>	mehr als 30 Stunden	zwischen 15 und 30 Stunden	weniger als 15 Stunden (1)

(1) Bei Schulen und Kindergärten bezieht sich die Aufenthaltszeit nicht auf eine einzelne Person, sondern auf alle Personen, die den Raum nutzen, d.h. auf die Gesamtnutzungszeit des Raumes.

Wegleitung Radon, BAG

# Messprotokoll (für Wohnräume)

## Vermeiden

«Orte mit starkem Luftzug oder grosser Feuchtigkeit»

– Küche, Badezimmer

→ HNF (SIA 416)

→ Raum mit Personenbelegung (SIA 180)

→ Homogene Zone (ISO 11665-8)

→ «mehrere Stunden pro Tag» (StSV)

<b>Einfamilienhaus</b>	<p>Mindestens 2 getrennte Wohnräume mit langen Aufenthaltszeiten (z.B. Wohnzimmer, Schlafzimmer, Kinderzimmer) bevorzugt im Bereich mit Erdkontakt oder auf dem tiefsten bewohnten Stockwerk messen. Orte mit starkem Luftzug oder grosser Feuchtigkeit (z.B. Küche, Badezimmer) eignen sich nicht als Messort.</p> <p>Empfohlen: Zusätzliche Messung im Untergeschoss; in einem Raum mit hohem Radonpotential (z.B. ein Keller mit Naturboden).</p>
<b>Mehrfamilienhaus</b> Die Messung sollte in den Wohneinheiten durchgeführt werden, die in den unteren Stockwerken des Gebäudes liegen.	<p>Pro Wohneinheit sind möglichst 2 getrennte Wohnräume mit langer Aufenthaltszeit (z.B. Wohnzimmer, Schlafzimmer, Kinderzimmer) zu messen. Orte mit starkem Luftzug oder grosser Feuchtigkeit (z.B. Küche, Badezimmer) eignen sich nicht als Messort.</p> <p>Empfohlen: Zusätzliche Messung im Untergeschoss; in einem Raum mit hohem Radonpotential (z.B. ein Keller mit Naturboden).</p>

Messprotokoll für Wohnräume, BAG

	Räume mit langem Personenaufenthalt	Räume mit kurzem Personenaufenthalt	Kein Aufenthaltsraum
<b>Aufenthaltszeit/ Woche</b>	mehr als 30 Stunden	zwischen 15 und 30 Stunden	weniger als 15 Stunden (1)

(1) Bei Schulen und Kindergärten bezieht sich die Aufenthaltszeit nicht auf eine einzelne Person, sondern auf alle Personen, die den Raum nutzen, d.h. auf die Gesamtnutzungszeit des Raumes.

Wegleitung Radon, BAG

# Räume

# Aufenthaltsbereich nach SIA 180

## – Aufenthaltsbereich

In einem Raum das Volumen, in dem sich die Personen oft aufhalten. Die Behaglichkeitsanforderungen gelten für den ganzen Aufenthaltsbereich.

Figur 1 Aufenthaltsbereich (links Grundriss, rechts Schnitt)

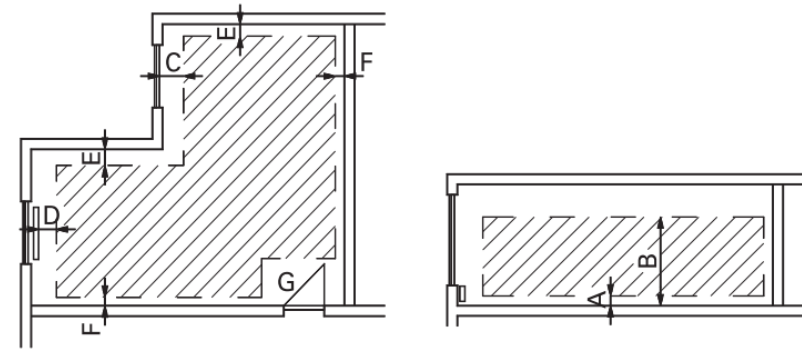


Tabelle 1 Masse A bis G zur Definition des Aufenthaltsbereichs

Distanz von der inneren Oberfläche	Distanz
A von Böden (untere Begrenzung)	0,05 m
B von Böden (obere Begrenzung)	vorwiegend sitzende Tätigkeit 1,3 m vorwiegend stehende Tätigkeit 1,8 m
C von Aussenfenstern und -türen	1,0 m
D von Heizkörpern oder Klimageräten	0,6 m
E von Aussenwänden	0,5 m
F von Innenwänden	0,5 m
G von Türen, Durchgangsbereichen usw.	Ziffer 2.1.2.4

# ISO 11665-8

## Measurement of radioactivity in the environment — Air: radon-222 — Part 8: Methodologies for initial and additional investigations in buildings

- Höhe: 1 – 2 m
- Falls die Wände Thorium enthalten:  
(Granit, Ziegel, Ton, ...)  
20 cm Abstand
- Hitze-, Wasser- und Fettquellen vermeiden
- Nutzung berücksichtigen

### 5.4.4 Installation of measuring devices

The measuring device(s) shall be installed in an occupied volume of the building for each selected homogeneous zone. Areas not representative of the exposure conditions shall be avoided, particularly entrances, cellars, garages, pathways and attics.

The use of the premises shall dictate the choice of location. Normal conditions of use and occupation of the premises shall not be altered during the measurement.

The measuring device shall be placed on a free surface between 1 m and 2 m above the ground, under the following conditions:

- the chosen position is selected with a free space consistent with the detection volume of the measuring device to ensure a measurement representative of the atmosphere of the homogeneous zone; if the walls are made of building materials with a high content of thorium, a free space of at least 20 cm shall be left around the sensor to avoid the influence of the thoron's exhalation from the walls<sup>[8]</sup>;
- the measuring device shall be placed away from:
  - a source of heat (radiator, chimney, electrical equipment, television, direct sunlight, etc.);
  - a water supply outlet (risk of splashing) or a condensation point-source;
  - a source of fat projection;
- the chosen position is such that the installation conditions should not be modified during measuring for whatever reason (books falling, engineers working, curiosity, etc.) and thus recommendations shall be made to occupants to prevent damaging the exposure conditions of the measuring device. The measuring device shall be made secure during its exposure.

# Platzierung von Radondosimetern

- Anerkannte Radonmessung gemäss Messprotokolle BAG

## 1.2. Platzierung der Dosimeter

Die Stelle, an der gemessen wird, soll folgende Bedingungen erfüllen:

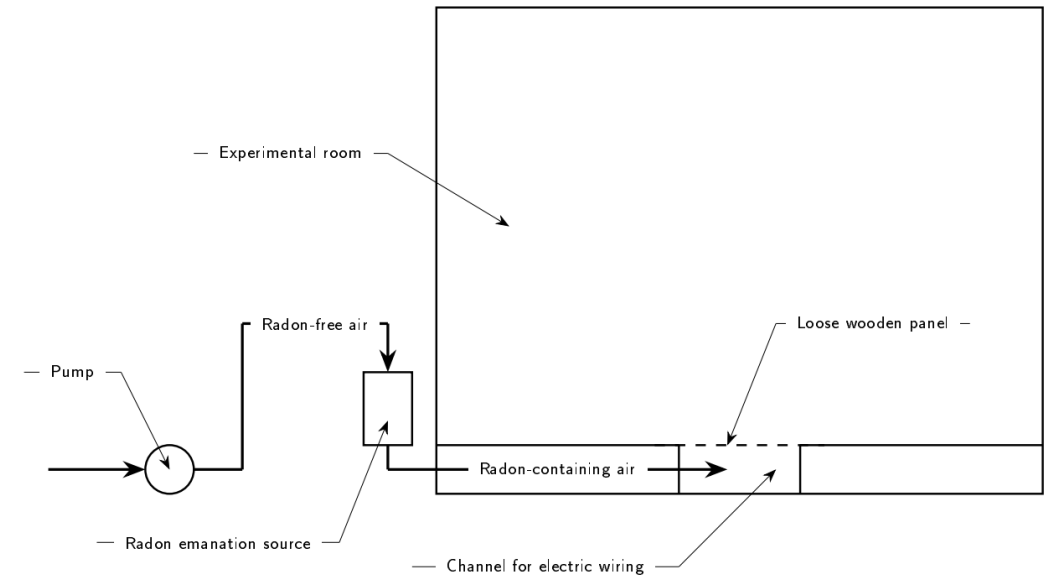
- Etwa auf Atemlufthöhe (z.B. auf einem Möbelstück) und der Raumluft ausgesetzt (nicht in einem Schrank oder einer Schublade)
- 1 Meter Mindestabstand zu Fenstern, Haus- und Gartentüren
- keine direkte Sonnenstrahlung; nicht in der Nähe von Wärmequellen (z.B. Heizkörper, Feuerstelle, Fernsehgerät)
- Die Messung sollte während der üblichen Benutzung der Räume durchgeführt werden
- Die Messbedingungen dürfen während der Messung nicht verändert werden, bzw. die Messmittel dürfen nicht verschoben werden

# Forschungsergebnisse



# Forschungsergebnisse räumliche Verteilung von Radon

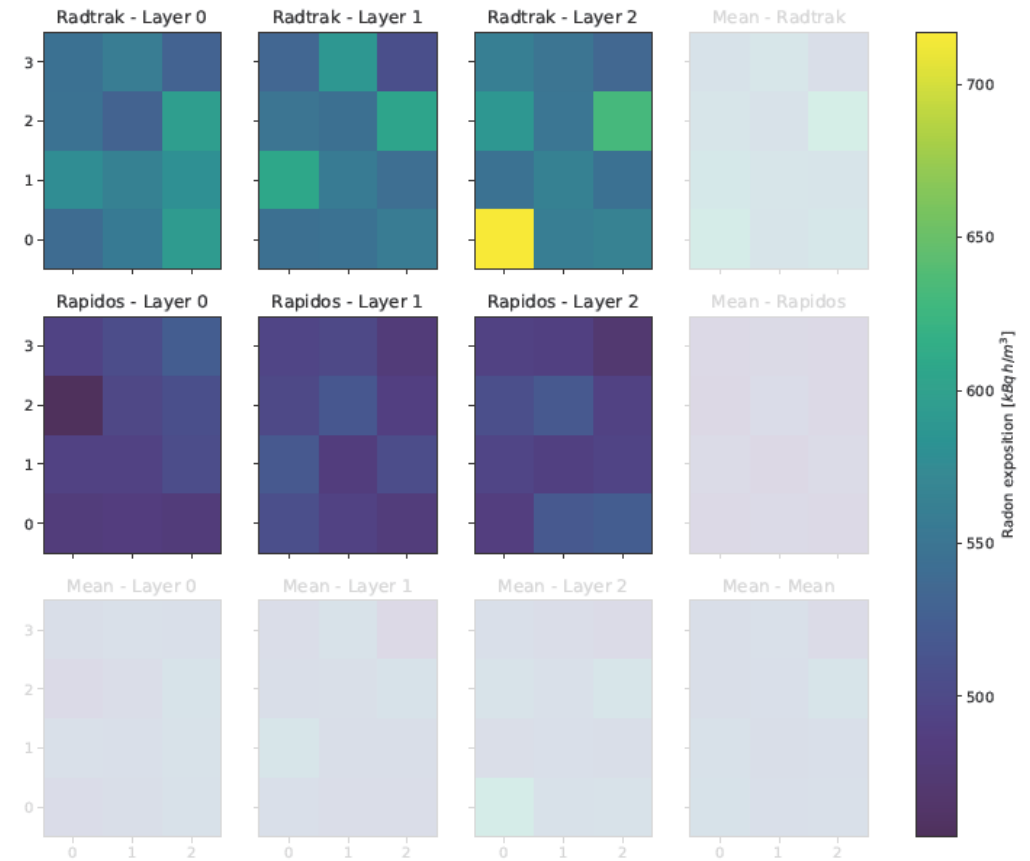
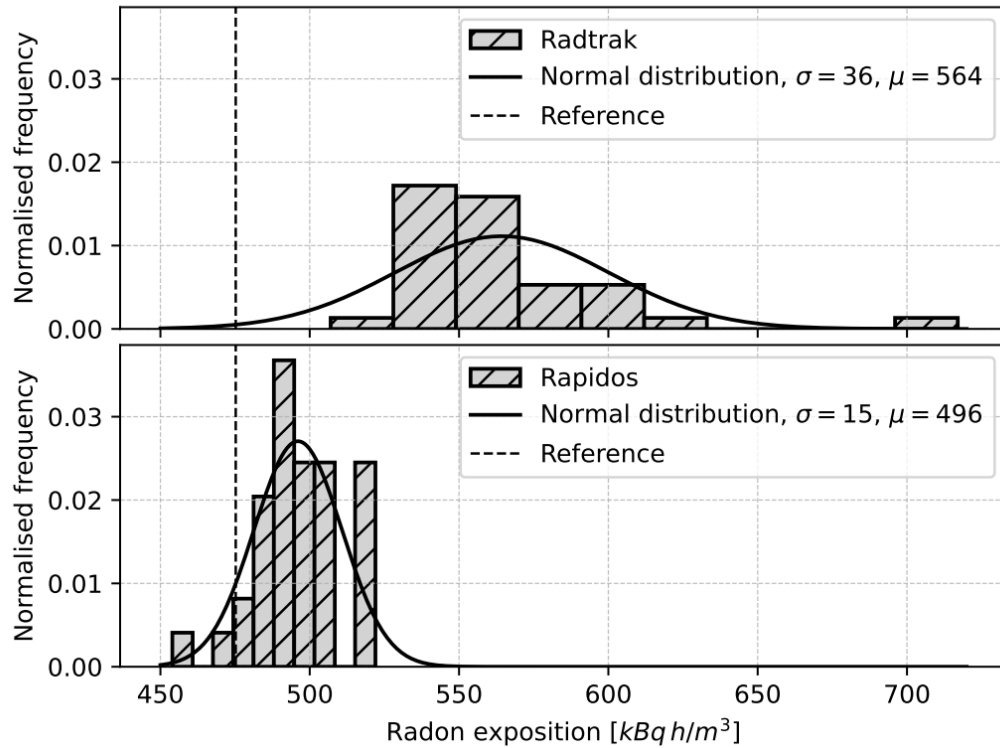
- Radonemanationsquelle
- Radoneintritt in Installationsschacht unter Boden
- Leerer Raum
- 37 Messpunkte mit je
  - Radonova Radtrak
  - Radonova Rapidos
  - Temperatur-Logger
- Messdauer 70 Tage



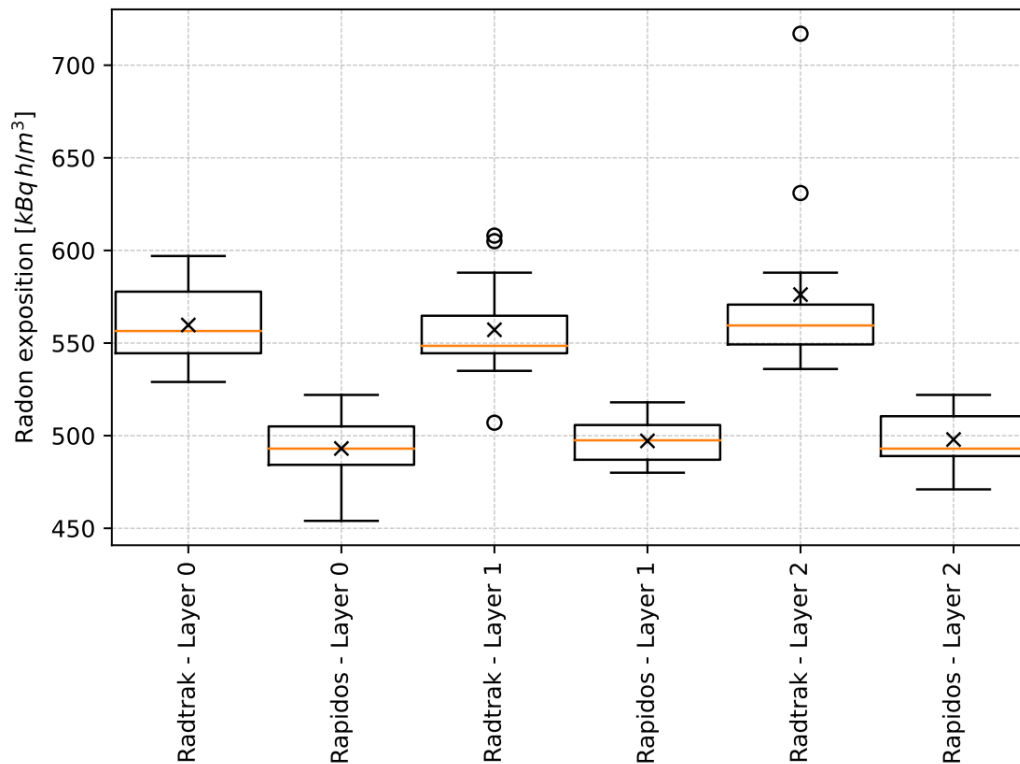




# Ergebnisse



# Interpretation



Radtrak	Layer 0	Layer 1	Layer 2	Rapidos	Layer 0	Layer 1	Layer 2
Layer 0	1.00	0.81	0.32	Layer 0	1.00	0.51	0.48
Layer 1	0.81	1.00	0.27	Layer 1	0.51	1.00	0.90
Layer 2	0.32	0.27	1.00	Layer 2	0.48	0.90	1.00

P-Werte für die Hypothese: «Die Radonexposition der Ebenen ist unterschiedlich». Werte über 0.05 bedeuten, dass der Unterschied nicht signifikant ist.

- Unterschiede der Expositionen ist zufällig
- Dosimeter im Installationsschacht:
  - Rapidos: 739 +/- 55 kBqh/m<sup>3</sup>
  - Radtrak: 813 +/- 55 kBqh/m<sup>3</sup>

# Interpretation

- Typische Situation:  
Undichtigkeit einer Rohrdurchführung in  
Installationsschacht
- Einzelne punktuelle Eintrittsstelle

- Radonverteilung ist homogen
- Platzierung der Dosimeter ist hier nicht  
relevant
- RapiDOS messen «genauer» als Radtrak

## Ausblick:

- Schwachstellen in Gebäudehüllen
- Zusammenhänge zwischen Räumen
- Einfluss von elektronischen Geräten

# Schlussfolgerung

# Gebäude

**NNF**

**Radonmessung durchführen**

**HNF**

**Aufenthaltsbereich**

Mess-  
ergebnisse

Platzierung Dosimeter

Raum mit  
Radonbelastung/-  
potential

Radonmessung  
empfohlen

**VF**

**FF**

Raum mit Personenbelegung