

## 2. Radonfachtag des VDB



**Radonmessungen  
und  
Blower Door**  
- Fallbeispiele aus  
Bestandsgebäuden



**Dr. Thomas Haumann**

Vorstand Berufsverband Deutscher Baubiologen VDB e.V.  
Sachverständigenbüro für Umweltanalytik und Baubiologie, Essen

Am Ruhrstein 59, D-45133 Essen, Tel: 0201 615 9862, Fax: 0201 615 9863, Email: [thomas.haumann@gmx.net](mailto:thomas.haumann@gmx.net)

## **Inhalt**

- 1. Einleitung, Idee und Aufgabenstellung**
- 2. Die „Blower-Door Prüfung“**
- 3. Auswertung der Literatur zum Thema Radon und Blower-Door**
- 4. Methode und Untersuchungsstrategie - Der **Rn<sub>50</sub>-Test****
- 5. Ergebnisse aus Bestandsgebäuden**
- 6. Wichtige Einflussfaktoren**
- 7. Zusammenfassung und Ausblick**

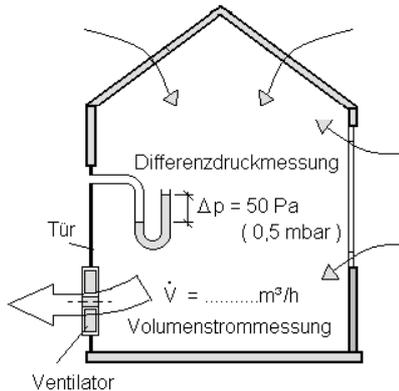
## 1. Einleitung, Idee und Aufgabenstellung

- **Beurteilung der Radondichtheit eines Gebäudes (Bestand, Neubau)**
- **Erleichterte Erkennung von Radon-Eintrittspfaden**
- **Abschätzung des Radon Jahresmittelwertes über Kurzzeitmessungen**
- **Literaturrecherche**  
(Studien aus Deutschland, Österreich, Frankreich und Tschechien)
- **Messung der Radonkonzentration während der Unterdrucksituation unter definierten Bedingungen „worst case“ in bestehenden Objekten**
  - **Differenzdruck** Gebäude vs. Erdreich
  - **Luftwechsel** während der Unterdrucksituation
- **Vergleich mit Radon-Langzeitmessungen nach DIN ISO 11665-4 - Messungen mit *Kernspurexposimeter***

Untersuchungszeitraum: ab August 2016 (Pilotprojekt 2015)

## 2. Die „Blower-Door Prüfung“

Differenzdruck - Messverfahren zur Bestimmung der Luftdichtheit eines Gebäudes



Quelle: wikipedia

Gebäudetyp	$n_{50}$ -Wert	Infiltrationsluftwechsel unter Normalbedingungen (ca.)
Altbau	4 - 12	0,8 - 4 /h
Neubau EnEV, Niedrigenergie	< 1 - 3	0,2 - 0,6 /h
Passivhaus	0,1 - <b>0,6</b>	<< 0,1 - 0,2 /h

DIN EN ISO 9972:2015 (vormals DIN EN 13829:2001-02), **Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden - Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden – Differenzdruckverfahren**

→ Bestimmung des  $n_{50}$ -Wertes = Luftwechsel bei 50 Pa Druckdifferenz als Maß für die Gebäudedichtheit

### 3. Auswertung der Literatur zum Thema Radon und Blower-Door

- a) Maringer et al. 1998 ***“Ein robustes und schnelles Verfahren zur Abschätzung der langfristig mittleren Radon-konzentration in einem Gebäude (erweiterte Blower-Door-Methode)“*** - Messungen in Bestandsgebäuden:  
→ *Radonkonzentration bei 50 Pa Unterdruck in guter Korrelation mit Jahresmittelwert*
- b) Froňka, A., Moučka 2005 ***„Blower Door Method in Radon Diagnostics“***  
→ *Bestimmung der Radon-Eintrittsrates bei verschiedenen Unterdrucksituationen*
- c) Collignan et al. 2014 ***„Procedure for the characterization of radon potential in existing dwellings and to assess the annual average indoor radon concentration“***  
→ *Abschätzung des Jahresmittelwertes durch Bestimmung der flächenbezogenen Radon-Eintrittsrates durch Blower-Door-Messungen*
- BfS-Forschungsvorhaben: ***„Qualifizierung der Luftdichtheitsmessung an Gebäuden zur Ableitung eines Prüfwertes im Hinblick auf die Unterschreitung des Referenzwertes der mittleren Radonkonzentration in Innenräumen“***, 2016 - 2018

## 4. Methode und Untersuchungsstrategie

### Der $Rn_{50}$ -Test - die „erweiterte Radon-Blower-Door Prüfung“

#### Grundlagen - Radon-Quellstärke (Radon-Eintrittsrate)

Die Radon-Quellstärke setzt sich zusammen aus

- **konvektivem Radoneintritt**
- diffusivem Radoneintritt
- Exhalation aus Baumaterialien (Wasser)

Aus zahlreichen Untersuchungen ist bekannt, dass der **konvektive Radoneintritt** die Hauptursache für die Radonproblematik in Innenräumen darstellt.

Differenzdruck Innen / Außen (Erdreich):

Jahresmittel je nach Gebäudetyp **2 - 4 Pascal** (in der Literatur oft 4 Pa als Referenz)

## Mechanismus des Radon-Eintrags

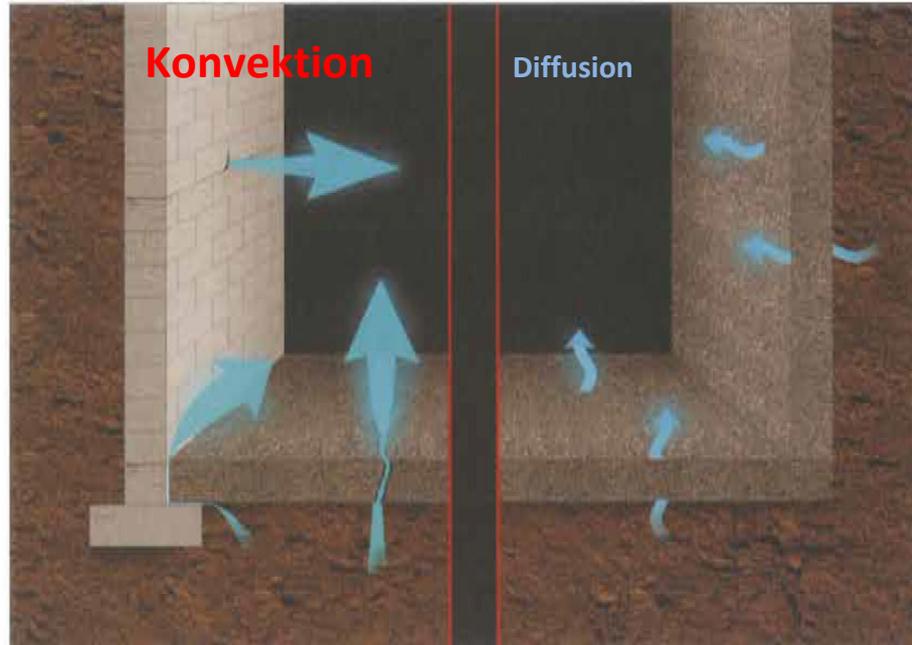


Abb. 4.1 Konvektives Eindringen von radonhaltiger Bodenluft durch Leckstellen (links) und Diffusion von Radon durch Bauteile hindurch (rechts).

Quelle: Radon-Handbuch Deutschland (BfS 2011)

**Formel 1:** Abschätzung der Raumluftkonzentration (Gleichgewichtskonzentration)

$$(1) \quad C_{Rn} = \frac{Q_{Rn}}{(L + 0,0076)}$$

mit

$C_{Rn}$  = Radon-Raumluftkonzentration in Bq/m<sup>3</sup>

$L$  = Luftwechselrate in 1/h

$0,0076$  = Zeitkonstante Radon in 1/h

$Q_{Rn}$  = Radon-Quellstärke in Bq/(m<sup>3</sup>h), volumenbezogen

(1) gilt für Radon-Außenluftkonzentration und Baustoff-Beitrag = 0 Bq/m<sup>3</sup>

**Formel 2:** Radon-Quellstärke bei gegebenem Unterdruck (dP)

$$(2) \quad Q_{Rn} (dP) = C_{Rn} (dP) \cdot (L(dP) + 0,0076)$$

mit

$Q_{Rn} (dP)$  = Radon- Eintrittsrate bei gegebenem Unterdruck (dP) in Bq/(m<sup>3</sup>h)

$C_{Rn} (dP)$  = Radon-Gleichgewichtskonzentration bei gegebenem  
Unterdruck (dP) in Bq/m<sup>3</sup>

$L (dP)$  = Luftwechselrate bei gegebenem Unterdruck (dP) in 1/h

0,0076 = Zeitkonstante Radon in 1/h

dP = Differenzdruck zwischen Bodenluft und Innenraum in Pa

(2) gilt für Radon-Außenluftkonzentration und Baustoff-Beitrag = 0 Bq/m<sup>3</sup>

**Formel 3:** Radonkonzentration in Abhängigkeit der Zeit:

$$(3) \quad C_{Rn}(t) = Q_{Rn} \cdot \frac{1 - e^{-(L + 0,0076) \cdot t}}{L + 0,0076}$$

mit

$Q_{Rn}$  = Radon-Eintrittsrate in Bq/(m<sup>3</sup>h)

$C_{Rn}(t)$  = Radon-Konzentration zum Zeitpunkt t in Bq/m<sup>3</sup>

L = Luftwechselrate in 1/h

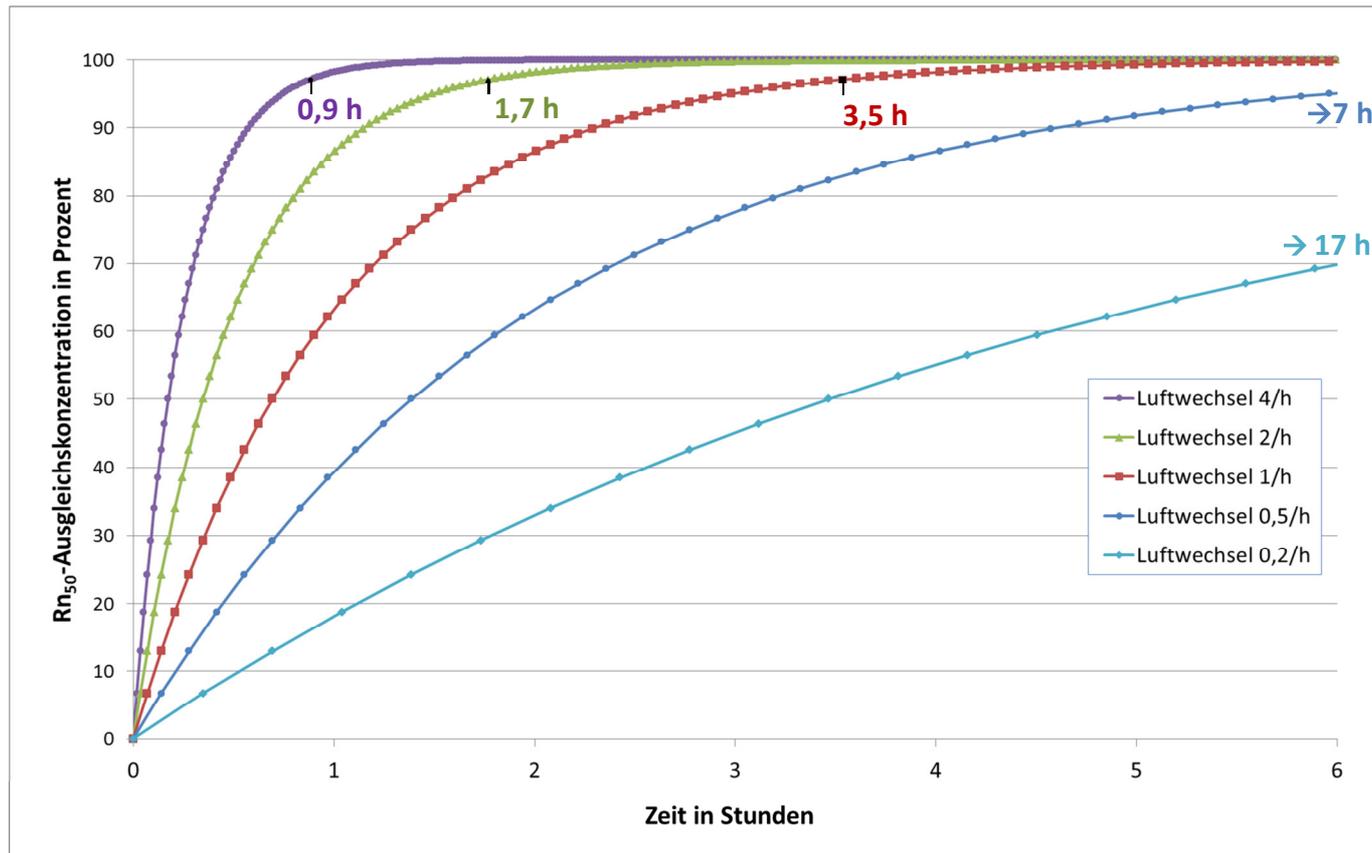
t = Zeit in Stunden

0,0076 = Zeitkonstante Radon in 1/h

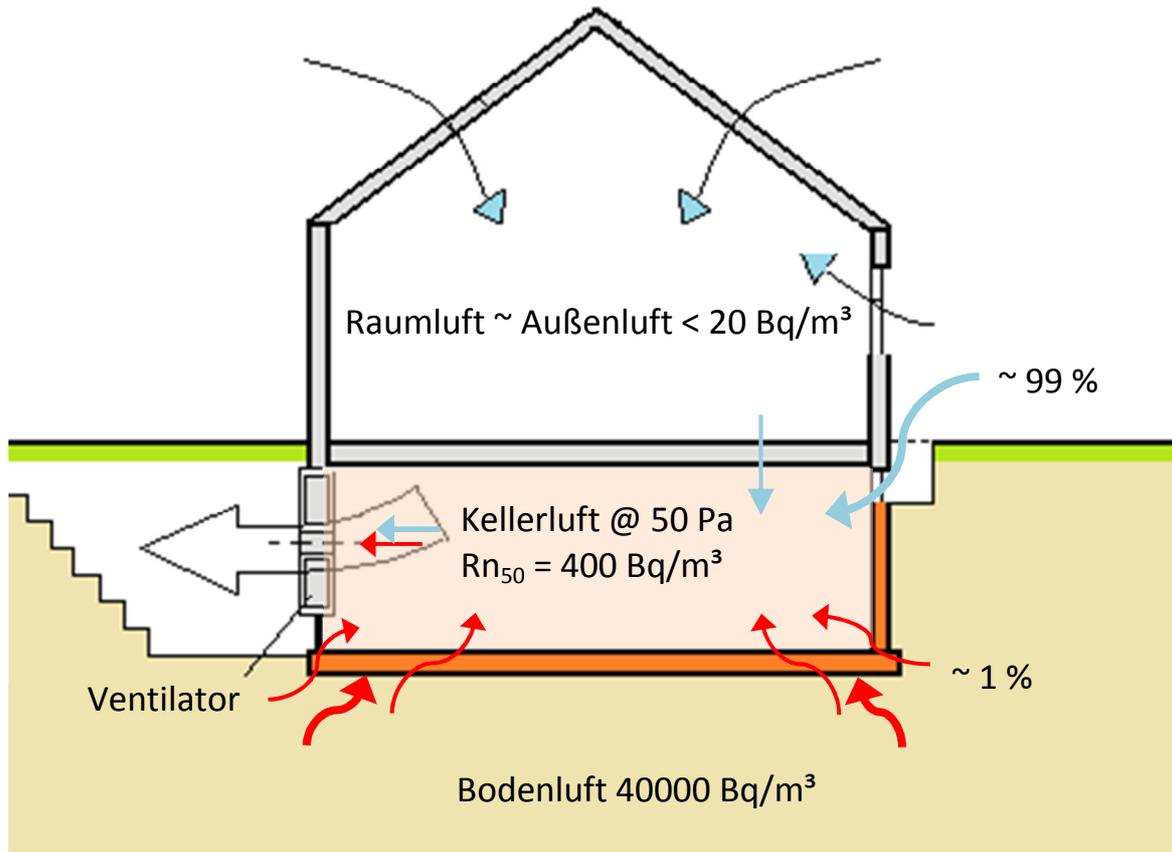
(3) gilt für Radon-Außenluftkonzentration und Baustoff-Beitrag = 0 Bq/m<sup>3</sup>

Hinweis: Bei  $t = 3,47 / (L + 0,0076)$  ist der Term  $e^{-(L + 0,0076)t}$  nur noch 0,031, d.h. ca. 97% der Endkonzentration sind erreicht.

## Zeit bis zur Gleichgewichtskonzentration (97% Max.) bei konstanter Quellstärke



## Schema $Rn_{50}$ -Test



## Der $Rn_{50}$ -Test

### Anstieg der Radonkonzentration während der Unterdrucksituation ( $dP = 50$ Pa)

Radon\*  
Bq/m<sup>3</sup>  
(s. 1P)



Beispiel Objekt 6  $n_{50} = 3,8$  (Luftwechsel pro h bei 50 Pa)  
 $Rn_{50} = 520$  Bq/m<sup>3</sup> (max. Radonkonz. bei 50 Pa)  
Messgerät RTM1688-2 (fast-modus)

## Der $Rn_{50}$ -Test

### Probleme und Lösungen

Problem: Keine Kellertür

Lösung: Abschottung mit Folie oder Messung ganzes Haus / Etage

Problem: Zu hoher Luftwechsel ( $> 10$  /h) - geringe Radonkonzentration

Lösung: Lokalisierung und Abkleben von Undichtigkeiten

Problem: Zu niedriger Luftwechsel ( $< 0,5$  /h) - lange Messdauer bis Gleichgewicht

Lösung: Anpassung mit Zuluftöffnungen

Problem: Inhomogene Verteilung im Quellbereich

Lösung: Verwirbelung mit Ventilatoren

## Untersuchungsparameter

Vorbereitungen: Zu Beginn der Untersuchungen wird intensiv gelüftet auf Radon-Außenluftkonzentration

### a) Raummaße

Genaue Angabe/Messung von Bodenfläche, Raumvolumen (Grundriss)

### b) Luftwechsel bei 50 Pascal bzw. $n_{50}$

Herstellung des Unterdrucks von 50 Pascal in der untersuchten Gebäudezone  
(bevorzugt Kellerbereich bzw. hoher Anteil erdberührende Gebäudehülle/Raumvolumen)

Bestimmung des Luftwechsels (L) bei 50 Pascal ( $n_{50}$ ) aus Volumenstrom ( $V_{\text{str}}$ ) und Raumvolumen (V)

Formel:  $V_{\text{str}} [\text{m}^3/\text{h}] / V [\text{m}^3] = L [\text{/h}]$  bzw.  $n_{50}$  *(davon nur 0,2 - 1 % aus Bodenluft)*

Methode: Blower-Door oder geeignetes Unterdruckverfahren gem.  
DIN EN ISO 9972:2015

### **c) Radonkonzentration $Rn_{50}$ - Rn-222 in der Raumluft bei 50 Pascal**

Kontinuierliche zeitauflösende Messung über einen Zeitraum von 2-4 Stunden

Messgerät:	Elektronischer Radon-Thoron Monitor, RTM1688-2 (Sarad, Dresden)
Methode:	Alphaspektrometrie (HL-Detektor, aktive Pumpe)
Messbereich:	3500 bis 9500 keV (Alpha-Energie)
Messgröße:	Radon-Fast-Modus: Auswertung des Signals für Rn-222 und Po-218
Messpunkt:	Blower-Door-Fortluft
Empfindlichkeit:	3 cts/min @ 1000 Bq/m <sup>3</sup> (Rn-fast)
Stat. Fehler:	<b>± 24 %</b> (Rn-fast), Messzeit 1 h bei 100 Bq/m <sup>3</sup> <b>± 11 %</b> (Rn-fast), Messzeit 1 h bei 500 Bq/m <sup>3</sup>

Ebenfalls gut geeignet: Messgeräte mit Ionisationskammer (Alpha-Guard), evtl. Luftionennessgeräte z.B. IM5005 oder IM806V2 von Holbach (indirektes Verfahren)

## Geeignete Messgeräte für kontinuierliche zeitauflösende Messungen des $Rn_{50}$ -Wertes



RTM 1688-2 (aktiv)  
(Sarad, Dresden)



AlphaGuard (aktiv/passiv)  
(Saphymo/Genitron)

## d) Radonkonzentration Rn-222 in der Raumluft - Langzeitmessungen

Integrierende Messung über einen Zeitraum von 3 Monaten bis zu einem Jahr

Messgerät: Kernspurexposimeter

Methode: DIN ISO 11665-4, DIN ISO 11665-8

Messpunkt: Innenraum

Empfindlichkeit: ab 10 Bq/m<sup>3</sup>

Fehler: ± 20 %

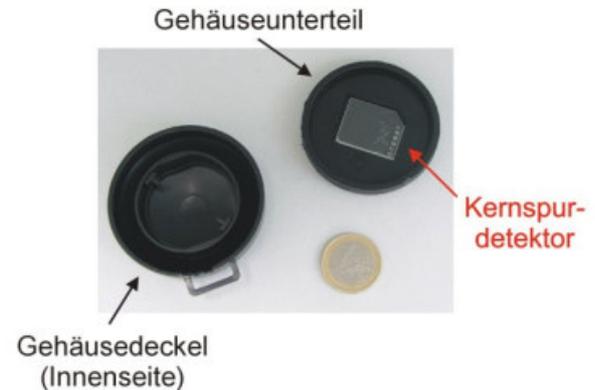


Bild: Kemski und Partner, Bonn ([www.radon-info.de](http://www.radon-info.de))

Ebenfalls geeignet: Elektronische Messgeräte  
(Radon-Scout, Ramon2.2, Corentium/Canary, Radon-Eye)

## 5. Ergebnisse aus Bestandsgebäuden

### Nr. Objekt

---

- 1 Pilotprojekt Wohnhaus in Schmallenberg 2015 - Wohn- und Kellerbereich UG
  - 2 Objekt 1: Wohnhaus 1 in Stuttgart - Wohn- und Kellerbereich UG
  - 3 Objekt 2: Wohnhaus 2 in Stuttgart - Büro- und Kellerbereich UG
  - 4 Objekt 3: Wohnhaus in Fürth - Musikstudio im UG
  - 5 Objekt 4: Schule 1 in Nürnberg - Pausenraum UG
  - 6 Objekt 5: Schule 2 in Nürnberg - Turn- und Computerraum im UG
  - 7 Objekt 6: Schule in Ansbach - Kreativraum im UG
  - 8 *Objekt 7: Wohnhaus in der Nähe von Zwickau - Kellerbereich*
-

## Untersuchungsergebnisse

### *Pilotprojekt Wohnhaus in Schmallingenberg im Sauerland August 2015 - Altbau saniert*

Wohn- und Kellerbereich UG

Raumvolumen: 500 m<sup>3</sup>

Bodenfläche: 200 m<sup>2</sup>

Radonpotential (geog.) mittel

**n<sub>50</sub>:** 2,5

**Rn<sub>50</sub>:** 3600 Bq/m<sup>3</sup>

**Luftionenkonz.:** 30000 Ionen/cm<sup>3</sup>

**Rn<sub>50</sub>-Eintrittsrate:** 9000 Bq/m<sup>3</sup>h

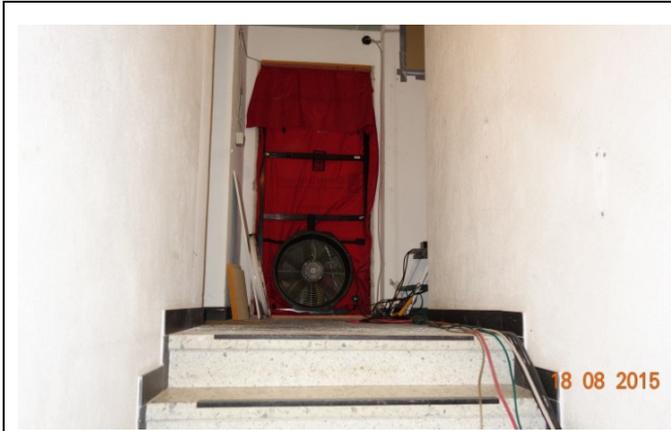
**Rn-Konz. mit EWT:** 200 Bq/m<sup>3</sup>

**Rn-Konz. EWT aus:** > 1000 Bq/m<sup>3</sup>

**Rn-Jahresmittelwert:** ca. > 1000 Bq/m<sup>3</sup>



Besonderheiten: Lüftungsanlage mit Luft-Erdwärmetauscher (Siphon undicht?!)



**Objekt 1 Wohnhaus 1 in Stuttgart Wohn- und Kellerbereich UG**

Raumvolumen: 157 m<sup>3</sup>  
Bodenfläche: 65 m<sup>2</sup>  
Radonpotential (geog.) mittel

	Sommer 2016	Winter 2016/2017
n <sub>50</sub> :	2,1	2,3
Rn <sub>50</sub> :	90 Bq/m <sup>3</sup>	150 Bq/m <sup>3</sup>
Rn <sub>50</sub> -Eintrittsrate:	190 Bq/m <sup>3</sup> h	345 Bq/m <sup>3</sup> h
Rn-Konz. Langzeit:	120 Bq/m <sup>3</sup>	
		

Besonderheiten: Intensive Kellerbelüftung über Fenster (Langzeit)



**Objekt 2 Wohnhaus 2 in Stuttgart Büro- und Kellerbereich UG**

Raumvolumen: 110 m<sup>3</sup>  
Bodenfläche: 50 m<sup>2</sup>  
Radonpotential (geog.) mittel

	Sommer 2016	Winter 2016/2017
n <sub>50</sub> :	16,4	12,7
Rn <sub>50</sub> :	600 Bq/m <sup>3</sup>	500 Bq/m <sup>3</sup>
Rn <sub>50</sub> -Eintrittsrate:	9800 Bq/m <sup>3</sup> h	6400 Bq/m <sup>3</sup> h
Rn-Konz. Langzeit:	670 Bq/m <sup>3</sup>	
		

Besonderheiten: Hanglage, Tiefkeller mit Radonbrunnen



### Objekt 3 Wohnhaus in Fürth Musikstudio im UG

Raumvolumen: 159 m<sup>3</sup>  
Bodenfläche: 60 m<sup>2</sup>  
Radonpotential (geog.) niedrig/mittel

	Sommer 2016	Winter 2016/2017
<b>n<sub>50</sub>:</b>	2,5	1,9
<b>Rn<sub>50</sub>:</b>	80 Bq/m <sup>3</sup>	90 Bq/m <sup>3</sup>
<b>Rn<sub>50</sub>-Eintrittsrate:</b>	200 Bq/m <sup>3</sup> h	170 Bq/m <sup>3</sup> h
<b>Rn-Konz. Langzeit:</b>	120 Bq/m <sup>3</sup>	
		

Besonderheiten: keine

**Objekt 4 Schule in Nürnberg Pausenraum im UG**

Raumvolumen: 185 m<sup>3</sup>  
Bodenfläche: 71 m<sup>2</sup>  
Radonpotential (geog.) niedrig/mittel

	Sommer 2016	Winter 2016/2017
<b>n<sub>50</sub>:</b>	<b>1,1</b>	<b>1,0</b>
<b>Rn<sub>50</sub>:</b>	<b>100 Bq/m<sup>3</sup></b>	<b>220 Bq/m<sup>3</sup></b>
<b>Rn<sub>50</sub>-Eintrittsrate:</b>	<b>115 Bq/m<sup>3</sup>h</b>	<b>220 Bq/m<sup>3</sup>h</b>
<b>Rn-Konz. Langzeit:</b>	<b>110 Bq/m<sup>3</sup></b>	
		

Besonderheiten: keine

**Objekt 5 Waldorfschule in Nürnberg Turn- und Computerraum im UG**

Raumvolumen: 470 m<sup>3</sup>  
Bodenfläche: 170 m<sup>2</sup>  
Radonpotential (geog.) niedrig/mittel

	Sommer 2016	Winter 2016/2017
<b>n<sub>50</sub>:</b>	<b>0,64</b>	<b>0,60</b>
<b>Rn<sub>50</sub>:</b>	<b>125 Bq/m<sup>3</sup></b>	<b>140 Bq/m<sup>3</sup></b>
<b>Rn<sub>50</sub>-Eintrittsrate:</b>	<b>80 Bq/m<sup>3</sup>h</b>	<b>85 Bq/m<sup>3</sup>h</b>
<b>Rn-Konz. Langzeit:</b>	<b>175 Bq/m<sup>3</sup></b>	
		

Besonderheiten: keine

## Objekt 6 Schule in Ansbach Kreativraum im UG

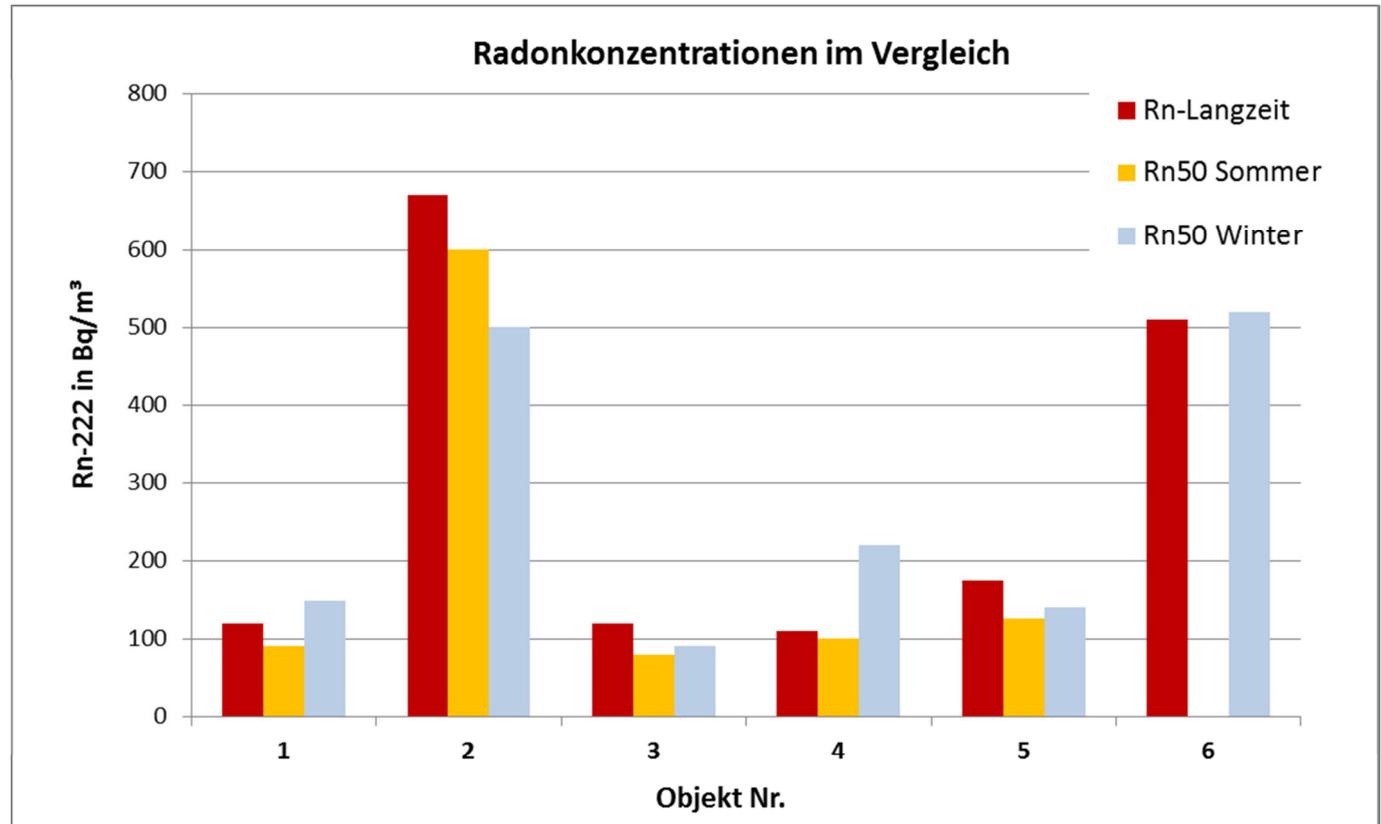
Raumvolumen: 99 m<sup>3</sup>  
Bodenfläche: 28 m<sup>2</sup>  
Radonpotential (geog.) mittel

	Winter 2016/2017
<b>n<sub>50</sub>:</b>	<b>3,8</b>
<b>Rn<sub>50</sub>:</b>	<b>520 Bq/m<sup>3</sup></b>
<b>Rn<sub>50</sub>-Eintrittsrate:</b>	<b>1970 Bq/m<sup>3</sup>h</b>
<b>Rn-Konz. Langzeit:</b>	<b>510 Bq/m<sup>3</sup></b>
	

Besonderheiten: Streifenfundament, vormals Wasserschaden mit Boden-Bohrungen zur Trocknung

## Messergebnisse in der Übersicht:

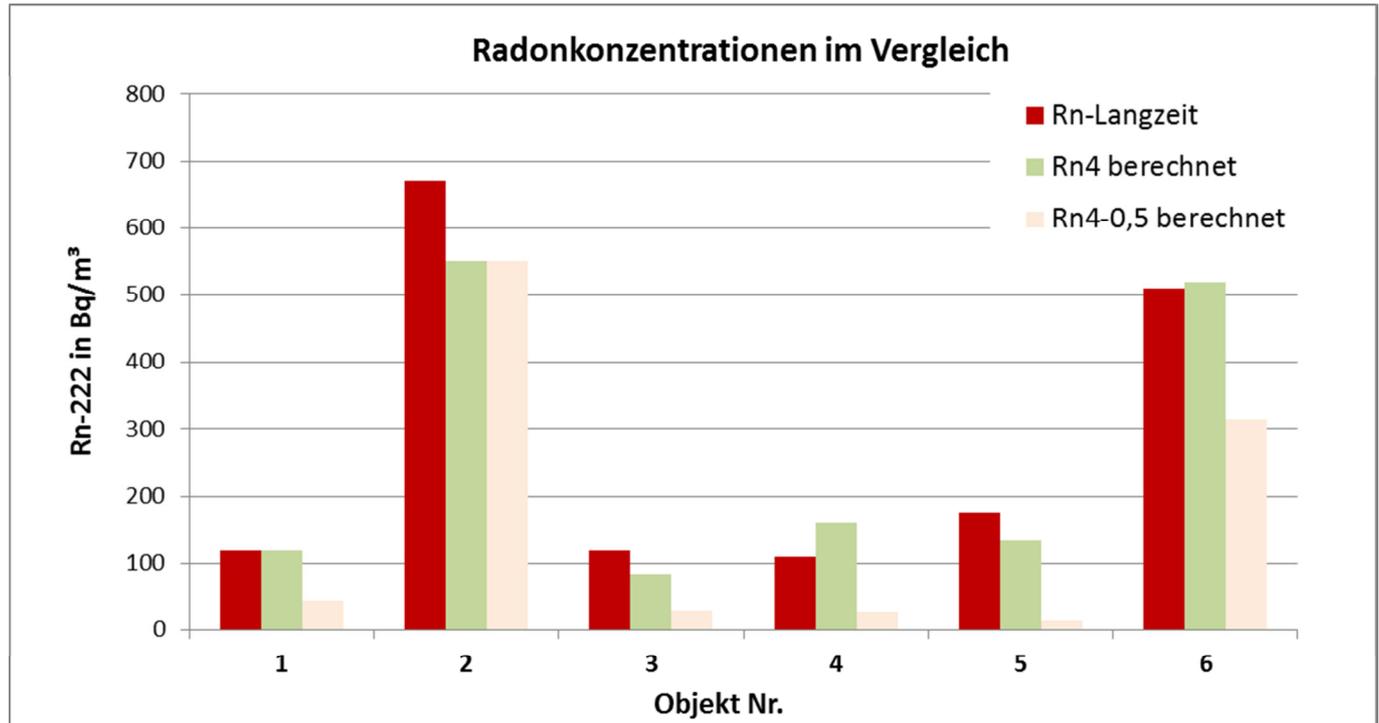
Parameter		Objekt 1	Objekt 2	Objekt 3	Objekt 4	Objekt 5	Objekt 6
$n_{50}$ - Sommer	(/h)	2,1	16,4	2,5	1,1	0,64	--
$n_{50}$ - Winter	(/h)	2,3	12,4	1,9	1,0	0,60	3,8
$Rn_{50}$ - Sommer	in Bq/m <sup>3</sup>	90	600	80	100	125	--
$Rn_{50}$ - Winter	in Bq/m <sup>3</sup>	150	500	90	220	140	520
$Rn_{50}$ - Eintrittsrate S	in Bq/m <sup>3</sup> h	190	9800	200	115	80	--
$Rn_{50}$ - Eintrittsrate W	in Bq/m <sup>3</sup> h	345	6400	170	220	85	1970
$Rn$ -Langzeit	in Bq/m <sup>3</sup>	<b>120</b>	<b>670</b>	<b>120</b>	<b>110</b>	<b>175</b>	<b>510</b>



## Berechnung der Radonkonzentrationen aus der $Rn_{50}$ - Eintrittsrate

Parameter		Objekt 1	Objekt 2	Objekt 3	Objekt 4	Objekt 5	Objekt 6
<b>bei Radon-Blower-Door-Messung 50 Pascal (Mittelwert Sommer-Winter)</b>							
$n_{50}$	(/h)	2,2	14,4	2,2	1,1	0,62	3,8
$Rn_{50}$ - Eintrittsrate	in Bq/m <sup>3</sup> h	270	8100	185	168	83	1970
$Rn_{50}$	in Bq/m <sup>3</sup>	120	550	85	160	133	520
<b>bei normaler Nutzung bei 4 Pascal im Jahresmittel (Faktor 12,5)</b>							
Luftwechsel ( $n_4$ )	(/h)	<b>0,18</b>	1,15	<b>0,18</b>	<b>0,08</b>	<b>0,05</b>	<b>0,3</b>
$Rn$ -Eintrittsrate ( $Rn_4$ )	in Bq/m <sup>3</sup> h	21,4	648	14,8	13,4	6,6	157
$Rn_4$ -Jahresmittel	in Bq/m <sup>3</sup>	120	550	85	160	133	520
<b>bei normaler Nutzung bei 4 Pascal im Jahresmittel (Faktor 12,5) und Mindestluftwechsel 0,5/h (DIN)</b>							
Luftwechsel ( $n_{4,0,5}$ )	(/h)	<b>0,5</b>	1,15	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>
$Rn$ -Eintrittsrate ( $Rn_4$ )	in Bq/m <sup>3</sup> h	21,4	648	14,8	13,4	6,6	157
$Rn_{4,0,5}$ -Jahresmittel	in Bq/m <sup>3</sup>	<b>43</b>	<b>550</b>	<b>30</b>	<b>27</b>	<b>13</b>	<b>315</b>

## Berechnung der Radonkonzentrationen aus der $Rn_{50}$ - Eintrittsrate



## Bewertungsmöglichkeiten

<b>Radon-Rn<sub>50</sub>- Eintrittsrate</b> bei -50 Pa (Blower-Door) in Bq/m <sup>3</sup> h	<b>~ Radon-Rn<sub>4</sub>- Eintrittsrate *</b> bei -4 Pa (~ Jahresmittel) in Bq/m <sup>3</sup> h	<b>Luftwechsel</b>	<b>~ Radonkonzentration</b> berechneter Jahresmittelwert ca. in Bq/m <sup>3</sup>
< 625	< 50	0,5 /h	< 100 Bq/m <sup>3</sup>
625 - 1875	50 - 150	0,5 /h	100 - 300 Bq/m <sup>3</sup>
> 1875	> 150	0,5 /h	> 300 Bq/m <sup>3</sup>
> 6500	> 500	0,5 /h	> 1000 Bq/m <sup>3</sup>

\* bei Verhältnis Raumvolumen zu Raumfläche 2,5 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>

Hinweis: Für Dichtigkeitsprüfungen (Neubauten) wäre eine flächenbezogene Eintrittsrate evtl. einfacher z.B. Bq/m<sup>2</sup>h bezogen auf die erdberührende Gebäudehülle oder Grundfläche zum Erdreich

nach Collignan (2014):

<b>Radon-Rn<sub>4</sub>- Eintrittsrate</b> flächenbezogen bei -4 Pa in Bq/m <sup>2</sup> h	<b>~ Radon-Rn<sub>4</sub>- Eintrittsrate</b> volumenbezogen bei -4 Pa in Bq/m <sup>3</sup> h	<b>Luftwechsel</b>	<b>~ Radonkonzentration</b> berechneter Jahresmittelwert ca. in Bq/m <sup>3</sup>
< 1000	< 400	keine Angabe	< 400 Bq/m <sup>3</sup>
> 2500	> 1000	keine Angabe	> 1000 Bq/m <sup>3</sup>

## 6. Wichtige Einflussfaktoren

### Bei Radonmessungen in Gebäuden

- **Radon-Eintrittsrate** variiert sehr stark durch die meteorologischen Parameter (Differenzdruck durch Temperatur, Wind etc.)
  - wird durch  $Rn_{50}$ -Prüfung „festgesetzt“
  
- **Luftwechsel** variiert sehr stark durch meteorologischen Parameter und Nutzerverhalten (Lüftung)
  - wird durch  $Rn_{50}$ -Prüfung „festgesetzt“
  
- **Geogenes Radonpotential** variiert - in der Regel - nicht so stark über den Jahresverlauf (z.B. Feuchtegehalt des Bodens)
  - Unterschiede  $Rn_{50}$ -Sommer /  $Rn_{50}$ -Winter

## 7. Zusammenfassung und Ausblick

- Die Radon-Blower-Door-Prüfung (**Rn<sub>50</sub>-Test**) ist ein hilfreiches Werkzeug zur
  1. Bestimmung der konvektiven **Radon-Eintrittsrate** in ein Gebäude
  2. Lokalisierung der konvektiven **Radon-Eintrittspfade** beim „Radon-Sniffing“
- Die Messung bei **50 Pascal** Differenzdruck bietet einen deutlichen zeitlichen Vorteil gegenüber einem geringeren Differenzdruck → Messzeit ca. 2 - 4 h
- Die Unterschiede zwischen Sommer und Winter sind vergleichsweise gering
- Die Übereinstimmung zwischen den Radonkonzentrationen Rn<sub>50</sub>-Wert und Jahresmittelwert sind recht gut (siehe auch Maringer et al.) ~ *Abweichungen bis ca. 50 %*
- Aus der bei 50 Pascal Unterdruck gemessenen **Radon-Eintrittsrate** kann die zu erwartende Radonkonzentration im Jahresmittel rechnerisch abgeschätzt werden (mittlere Druckdifferenz, Luftwechsel)
- Kleine Änderungen an der erdberührenden Gebäudehülle und dem Nutzerverhalten (Lüftung, Druckdifferenzen) wirken sich deutlich auf die Rn-Konzentration aus
- Die praktische Umsetzung erfordert sicheren Umgang mit dem Blower-Door-Testverfahren und Messungen mit empfindlichen zeitauflösenden Radonmessgeräten

## Ausblick

- Weitere Messungen zur genaueren Validierung Vergleich  $Rn_{50}$ -Wert und Langzeitmessung bzw. Radon-Eintrittsrates für **Bestandsgebäude**
- Entwicklung von Berechnungsmodellen auf der Basis der flächenbezogenen Radon-Eintrittsrates unter Einbezug des geogenen Radonpotentials
  - **Radon-Dichtheitsprüfung für Neubauten**
- Entwicklung einfacherer und zuverlässiger Messtechnik zur Messung des  $Rn_{50}$ -Wertes und zum Radon-Sniffing (Ionisationskammern, Luftionisationsmessgeräte)

## Danksagung

- **Uwe Münzenberg** (Münzenberg und Partner, Fürth), Durchführung der Blower-Door-Messungen Objekte 1 bis 5, Untersuchungsstrategie und Durchführungsplanung
- Sebastian Feige (GRS, Berlin), Untersuchungsstrategie und Durchführungsplanung
- Jörg Thumulla (AnBUS Analytik, Fürth), Untersuchungen in Objekt 6

## Vielen Dank für die Aufmerksamkeit



## LITERATUR UND QUELLEN

1. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, ***Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung, Jahresberichte***
2. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, ***Radonschutzgesetz (Entwurf 2004)***
3. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit + Bundesamt für Strahlenschutz, ***Radon-Handbuch Deutschland***, 2011 (siehe auch unter [www.bfs.de](http://www.bfs.de))
4. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit ***„Leitfaden zur Messung von Radon, Thoron und ihren Zerfallsprodukten“*** Veröffentlichungen der Strahlenschutzkommission SSK, Band 47, BMU 2002
5. Bundesamt für Strahlenschutz, ***„Natürliche Radioaktivität in Baumaterialien und die daraus resultierende Strahlenexposition“***, BfS-SW-14/12, urn:nbn:de:0221-201210099810
6. Breckow, J., Grund, A.-L.: ***Untersuchung des Einflusses baulicher Energiesparmaßnahmen auf die Radonkonzentration in Innenräumen***. Abschlussbericht Projekt BfS 3611 S 10016 Los 2, 192 S., Institut für Medizinische Physik und Strahlenschutz (IMPS); Technische Hochschule Mittelhessen, Gießen (THM): Gießen, 31. März 2015, zitiert am 24. Februar 2016.
7. Collignan, B., Powaga, E.: ***Procedure for the characterization of radon potential in existing dwellings and to assess the annual average indoor radon concentration***, Journal of Environmental Radioactivity, Bd. 137, S. 64–70, DOI 10.1016/j.jenvrad.2014.06.024, 2014.

8. DIN EN ISO 9972:2015: Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden - **Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden - Differenzdruckverfahren** (ISO 9972:2015).
9. DIN ISO 11665-1, Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt - Luft: Radon-222 - Teil 1: **Radon und seine kurzlebigen Folgeprodukte: Quellen und Messverfahren** Beuth Verlag 2013
10. DIN ISO 11665-8, Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt - Luft: Radon-222, Teil 8: **Methodik zur Erstbewertung sowie für zusätzliche Untersuchungen** Beuth Verlag 2013
11. EU-BSS 2013, **RICHTLINIE 2013/59/EURATOM** DES RATES vom 5. Dezember 2013, zur Festlegung grundlegender Sicherheitsnormen für den Schutz vor den Gefahren einer Exposition gegenüber ionisierender Strahlung und zur Aufhebung der Richtlinien 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom und 2003/122/Euratom
12. EU RP-122, Europäische Kommission, Radiation protection 112, "**Radiological Protection Principles concerning the Natural Radioactivity of Building Materials**" EU 1999
13. Froňka, A., Moučka, L.: Blower Door Method in Radon Diagnostic. Proceedings 4th European conference on protection against radon at home and at work.
14. Froňka, A., Moučka, L.: Blower door method and measurement technology in radon diagnosis, International Congress Series, Bd. 1276, S. 377–378, DOI 10.1016/j.ics.2004.11.140, 2005.
15. Froňka, A., Moučka, L.: Complex system of Radon diagnosis methods and specific experimental and theoretical procedures applied in the indoor building environment, Proceedings of the American Association of Radon Scientists and Technologists 2008 International Symposium Las Vegas NV, September 14-17, 2008, S. 40–47, American Association of Radon Scientists and Technologists 2008 International: Las Vegas, 14.09.2008 - 17.09.2008.

16. Froňka, A., Moučka, L., Cechak, T.: Application of the advanced radon diagnosis methods in the indoor building environment, Radiation protection dosimetry, Bd.130, Nr. 1, S.72–75, DOI 10.1093/rpd/ncn102, 2008.
17. Froňka, A., Jilek, K.: Radon entry rate analyses using in situ tracer gas method application, Radiation protection dosimetry, Bd. 160, 1-3, S. 143–148, DOI 10.1093/rpd/ncu074, 2014.
18. Gertis, Karl; **“Radon in Gebäuden”** Fraunhofer IRB Verlag, 2008
19. Maringer, F.J., Akis, C., Kaineder, H., Kindl, P., Kralik, C., Lettner, H., Ringer, W., Stadtmann, H., Winkler, R.: Ein robustes und schnelles Verfahren zur Abschätzung der langzeitlich mittleren Radonkonzentration in einem Gebäude (erweiterte Blower-Door-Methode), RADIOAKTIVITÄT IN MENSCH UND UMWELT, S. 435–440: Lindau, 28. 09. - 02.10.1998.
20. Neugebauer, T., Hingmann, H., Buermeyer, J., Grimm, V., Breckow, J.: Radonquellstärke von Gebäuden und Betrachtung ihrer Einflussgrößen, Jahrestagung 2015 Strahlen - Schutz - Gesundheit, S. 49–54, Jahrestagung 2015: Baden bei Wien, 5.-9. 10. 2015.
21. Weltgesundheitsorganisation, **WHO Air Quality Guidelines**, 2nd edition (www.euro.who.int), Chapter 8.3 **Radon**
22. Weltgesundheitsorganisation, **WHO handbook on indoor Radon**, Radonhandbuch der WHO (WHO 2009)
23. Wichmann, H.E., et al., **Lungenkrebsrisiko durch Radon in der Bundesrepublik Deutschland (West)**, ecomed Verlag, Landsberg 1998