

# **1. Bayerisches Radon-Netzwerk-Treffen**

**Bayerisches Landesamt für Umwelt**

**22. Januar 2013**

## **Radonmessungen in der Raumluft**

**Dr. J. Kemski**

ö.b.u.v. Sachverständiger für Radon, IHK Bonn/Rhein-Sieg

Euskirchener Straße 54, D – 53121 Bonn

[www.kemski-bonn.de](http://www.kemski-bonn.de)

## **Inhalt**

1. Einleitung
2. Klassifikation und Beispiele von Radonmessverfahren
3. Durchführung einer Radonmessung
4. Messprotokoll

## Fragen vor einer Messung der Radonkonzentration in der Raumluft

1. Wie lautet die Zielstellung der Untersuchung?
  - Bewertungsmessung (Wohnung, Arbeitsplatz)
  - Übersichts- bzw. (schnelle) Orientierungsmessung
  - Kontrolle einer Sanierungsmaßnahme
  - Ermittlung eines Durchschnittswertes oder des zeitlichen Ganges
  - Beachtung regulatorischer Vorgaben für eine Bewertung

dann erst Entscheidung

2. Welches Messgerät bzw. Messverfahren soll zum Einsatz kommen?

3. Wie und wo soll eine Messung durchgeführt werden?

4. Wie lange soll eine Messung dauern?

dabei Abwägung bzgl. **Genauigkeit** und **Reproduzierbarkeit** bzw. **Repräsentativität** der Messung

5. Wie wird das Messergebnis bewertet?

## **Radonkonzentration in der Raumluf**t wird beeinflusst durch:

### Baugrund (Hauptquelle!)

- Ankopplung des Gebäudes an Untergrund (**Radontransfer** aus Boden ins Haus)

### Bauweise i.w.S.

- **Fundament**, Unterkellerung, **Erdberührung**, Rohrdurchleitungen, ...
- Zustand der Bausubstanz: Existenz von **Radoneintrittspfaden**
- Ventilation im Gebäude: Geschossabtrennung, Kamin, ...
- Energieeinsparung: Dichtigkeit der Gebäudehülle

### Nutzerverhalten

- **Luftwechselrate**: Lüftung bzw. Begehung von Räumen

### Sonstiges (idR von untergeordneter Bedeutung)

- Exhalation aus Baumaterial
- Freisetzung aus Brauch- und Trinkwasser
- Austausch mit Atmosphärenluft

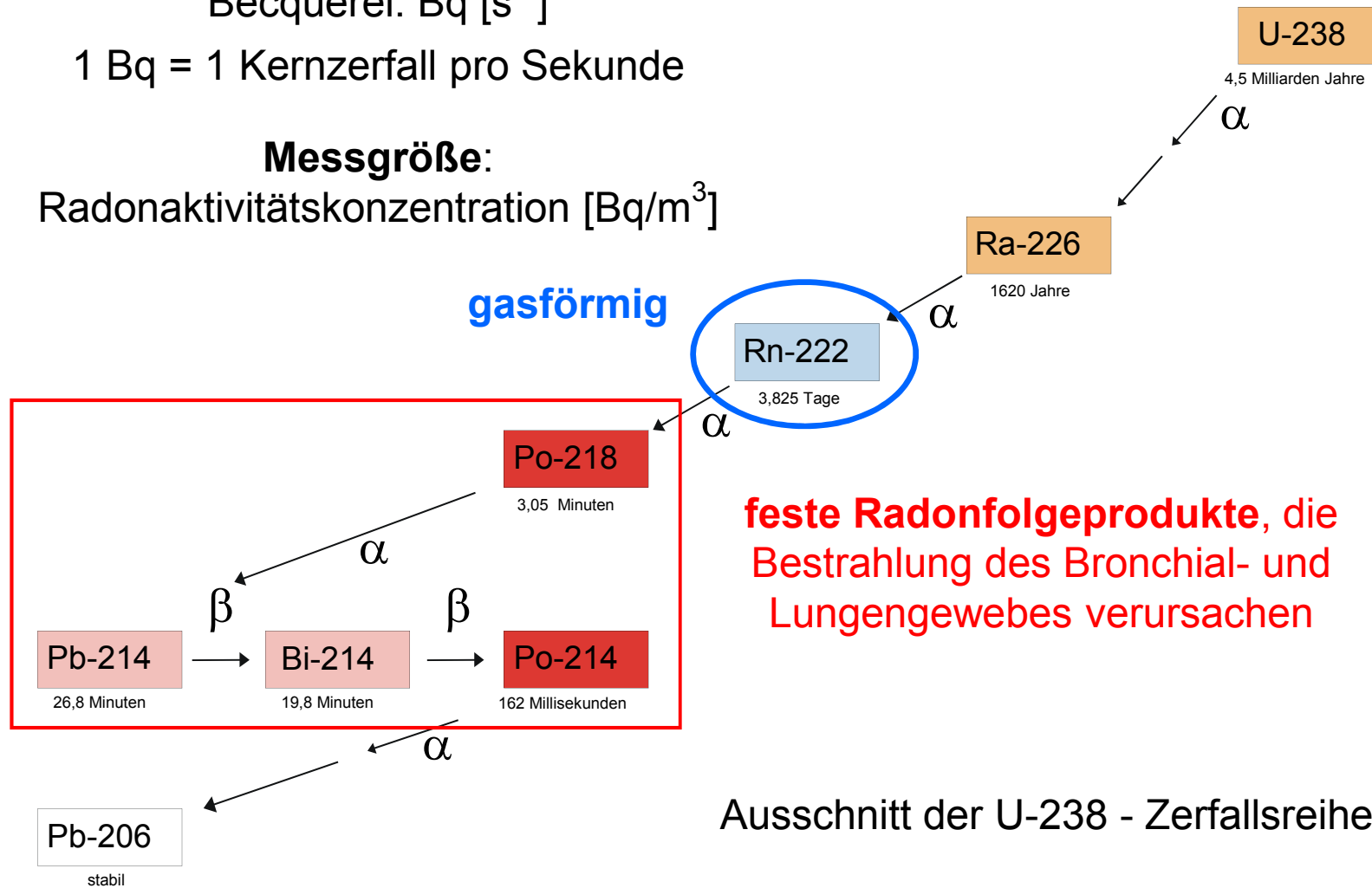
## Radonmessung

Becquerel: Bq [ $s^{-1}$ ]

1 Bq = 1 Kernzerfall pro Sekunde

**Messgröße:**

Radonaktivitätskonzentration [ $Bq/m^3$ ]



Ausschnitt der U-238 - Zerfallsreihe

## **Klassifikation von Radonmessverfahren**

verschiedene Unterscheidungskriterien und physikalische Messprinzipien

### Funktionsweise

- aktiv: mechanische und/oder elektronische Bauteile, externe Energieversorgung
- passiv: ohne mechanische und/oder elektronische Bauteile und externe Energieversorgung

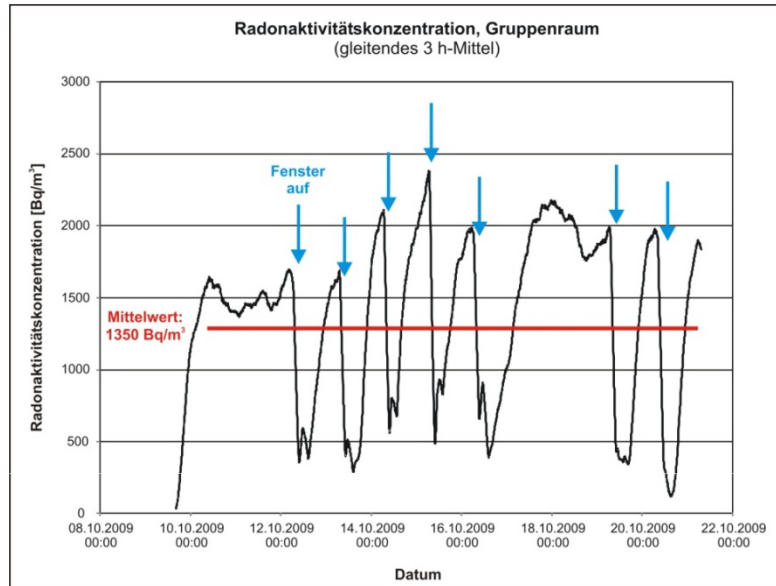
### Messdauer

- Kurzzeitmessung: wenige Tage (bis Wochen)
- Langzeitmessung: (wenige) Monate bis 1 Jahr

### Verfahren

- integrierend: Mittelwert über gesamten Messzeitraum
- kontinuierlich: zeitaufgelöster Gang der Radonkonzentration

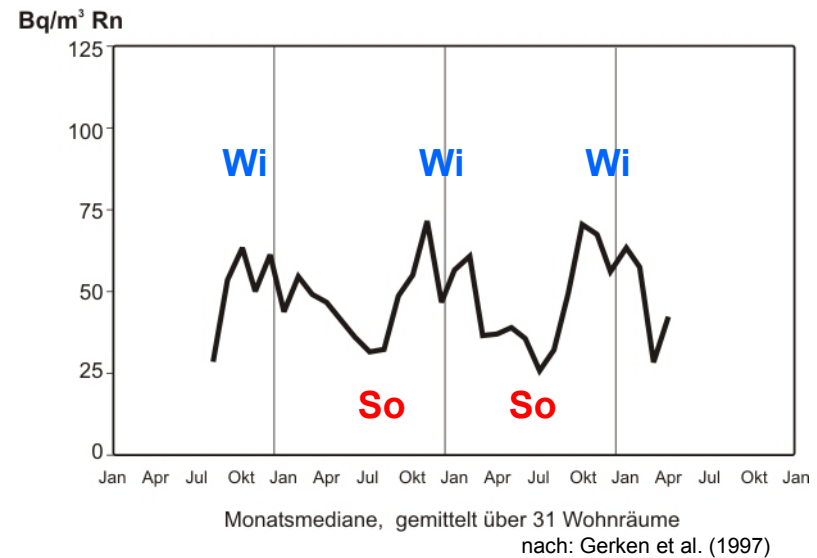
## Variation der Radonkonzentration in der Raumluft



kurzzeitig (Stunden - Tage):

Einfluss von Nutzung und Lüftung eines Raumes (ca. 10-tägige Messdauer)

langzeitig (Wochen - Monate):  
Jahresgang in Wohngebäuden  
(Oberpfalz)



## wichtige Rahmenbedingungen an Radonmessungen

### Einsatz von **fachlich qualifiziertem Personal**

- Schulung zu Aufstellung und Bedienung der Messgeräte
- Kenntnis des aktuellen Regelwerks für Bewertung der Messung

### **Qualitätssicherung** bei Messung

- internes Qualitätsmanagement bei Datenerfassung
- Beachtung datenschutzrechtlicher Vorgaben
- ggf. einfache und verständliche Anleitung für Nutzer

### Verwendung **kalibrierter Messgeräte**

- erfolgreiche Teilnahme an Ringvergleichen, z.B. regelmäßige Vergleichsmessungen für passive Messgeräte beim BfS
- regelmäßige Kalibrierung aktiver Messgeräte (Intervall: 1 bis 2 Jahre) bei akkreditierter Stelle (z.B.: BfS, PTB)

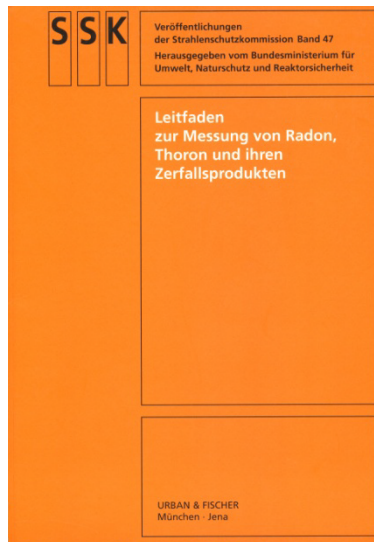


## Regelwerke, Literatur

### DIN-Normen 25 706, Teil 1 (1994)

DEUTSCHE NORM		November 1994
	Passive Radonmessungen Teil 1: Kernspurmeßverfahren	<b>DIN</b> 25706-1
ICS 17.240		
Deskriptoren: Radon, Meßverfahren, Aktivitätskonzentration, Kerntechnik, radioaktiver Stoff		
Passive measurements of radon — Part 1: Track etch method		

### SSK-Veröffentl., Bd. 47 (2002)



### FV StrlSch, Loseblattsamml. FS-94-75-AKURA (2000)

Blatt: 1  
Stand: Januar 2000

---

**Fachverband für Strahlenschutz e.V.**



Mitgliedsgesellschaft der  
International Radiation  
Protection Association  
(IRPA)  
für die Bundesrepublik  
Deutschland  
und die Schweiz

Publikationsreihe  
FORTSCHRITTE  
IM STRAHLENSCHUTZ

Publication Series  
PROGRESS IN RADIATION  
PROTECTION

---

### ÜBERSICHT ÜBER DIE MESSUNG VON RADON UND RADONZERFALLS- PRODUKTEN

Survey on Measurement of Radon and Radon  
Decay Products

## Zielstellungen von Radonmessungen

### Bewertungsmessung

- Richt- und/oder Grenzwerte beziehen sich auf **Jahresmittelwerte** der Radonkonzentration
- Ermittlung eines repräsentativen (Langzeit)Messwertes für eine seriöse und belastbare Bewertung der Radonbelastung im untersuchten Gebäude bzw. Raum
- vorzugsweise integrierende Messung

### Orientierungsmessung

- schnelle Ermittlung eines **Anhaltswertes** zur Beurteilung, ob und in welchem Umfang weitere Messungen notwendig bzw. angeraten sind
- wahlweise integrierende oder zeitauflösende Messung

### Kontrolle von **Sanierungsmaßnahmen**

- **Erfolgskontrolle** durchgeführter Sanierungsmaßnahmen
- wahlweise integrierende oder zeitauflösende Messung

## **Kernspurexposimeter**

- **integrierend**, d.h. Mittelwert über gesamte Messzeit
- DIN-Verfahren
- Messzeitraum: wenige Tage bis 1 Jahr
- je Raum ein Exposimeter nötig
- „Passivsammler“
- unterschiedliche Detektormaterialien, z.B.: Polycarbonat (CR-39, Makrofol), Zellulosenitrat (LR-115)

### „Vorteile“

- einfache Handhabung
- kostengünstig
- geeignet für **Bewertungsmessung** (z.B.: Jahresmittelwert)

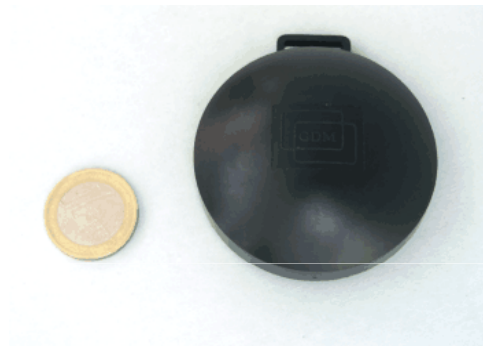
### „Nachteile“

- Laborauswertung nötig, d.h. Ergebnis liegt nicht unmittelbar vor
- keine Aussagen über zeitlichen Gang möglich

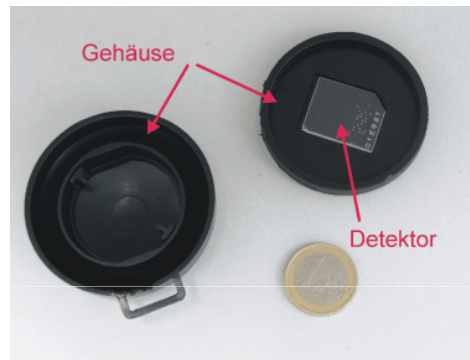
# Radonmessung mit Kernexposimetern

nach DIN 25 706 Teil 1

Exposimeter



geöffnetes Exposimeter



Detektoren

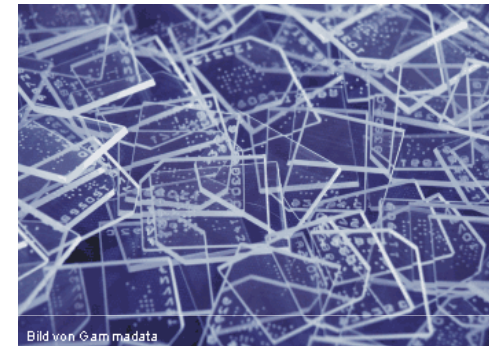


Bild von Gammadata

Ätzapparatur



Bild von Gammadata

Spuren im Film

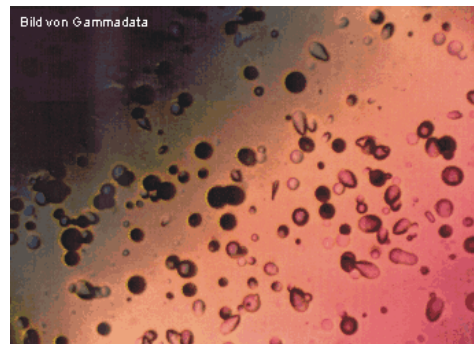


Bild von Gammadata

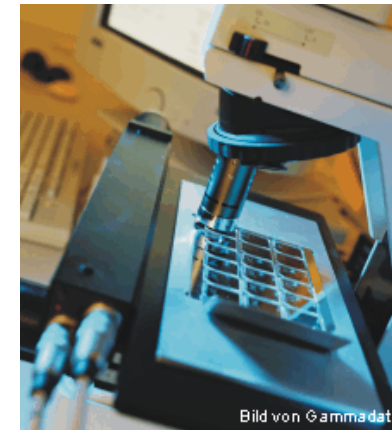


Bild von Gammadata

Spurenauszählung

## **kontinuierliche Messung**

- **zeitaufgelöst** (Messintervall geräteabhängig, z.B.: 1 h)
- Messzeitraum: (wenige Stunden) ... Tage ... Wochen ... Monate ...
- unterschiedliche Messprinzipien, z.B.: elektrostatische Abscheidung, Ionisationskammer

### „Vorteile“

- zeitlicher Gang erkennbar (Radondynamik)
- Ermittlung der Radonkonzentrationen für ausgesuchte Zeitintervalle (z.B.: Arbeitszeiten)
- Korrelierung der Radonkonzentrationen mit anderen Parametern (z.B.: Meteorologie, Raumnutzung, Ventilation)
- Messwerte unmittelbar bzw. zeitnah vorliegend

### „Nachteile“

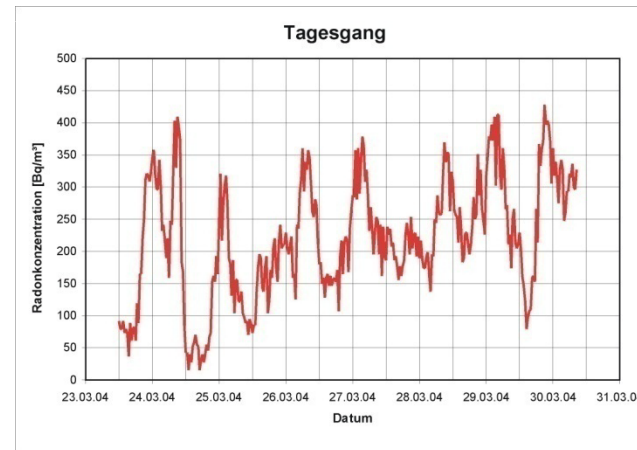
- (Anschaffungspreis für Gerät)
- Folgekosten: regelmäßige Kalibrierung

## kontinuierliche Radonmessung

RadonScout



aktive Verfahren zur **zeitauflösenden** Messung der Radonkonzentration



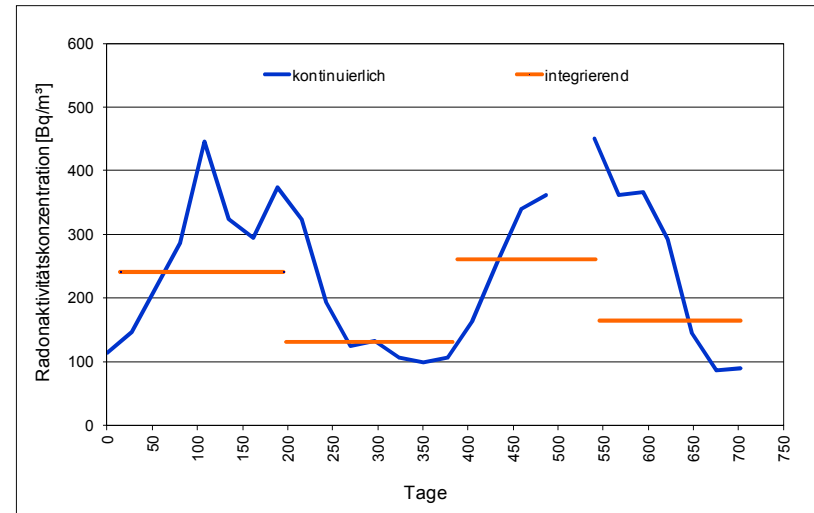
z.B. Ermittlung von Tagesgängen in Abhängigkeit von Raumnutzung bzw. -begehung

Atmos



## Vergleich unterschiedlicher Verfahren

- kontinuierliche (1 h) und integrierende (ca. 6 Monate) Radonmessungen in Wohngebäude über ca. 2 Jahre



- Literatur: **widersprüchliche Aussagen** zur Vergleichbarkeit von Kurz- und Langzeitmessungen: ... „fragwürdige Ergebnisse“ ... „systematische Abweichungen“ ... „im Prinzip möglich“ ...

daher **Vorsicht** bei Interpretation von Messungen über wenige Tage oder Wochen hinsichtlich ihrer Repräsentativität für einen Langzeitmittelwert!

... Versuch der Verwendung eines **saisonalen Korrekturfaktors**

## saisonale Korrektur auf Jahresmittelwert

- Bewertungskriterium ist idR ein **Jahresmittelwert**
- Radonkonzentration in der Raumluft unterliegt saisonalem Gang
- bei Messungen, die (deutlich) kürzer als Jahr sind, ist (theoretisch) **saisonale Korrektur** notwendig
- Problem ist bekannt, aber nicht ausreichend untersucht, um allgemeingültige Umrechnungen vornehmen zu können

unterschiedliche „Lösungsansätze“

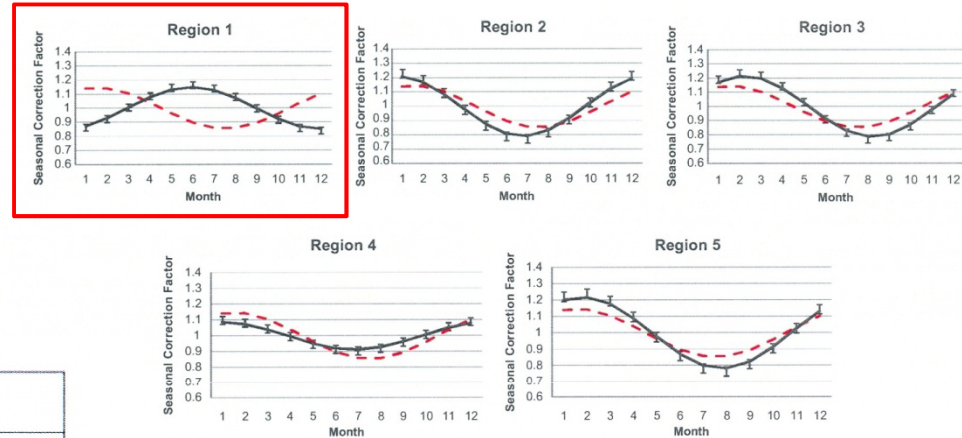
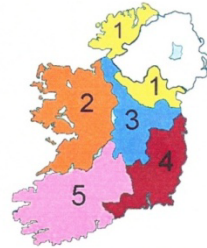
- Schweiz: Korrekturfaktoren, die Anzahl der Messtage im Winter- (Oktober bis März) und Sommerhalbjahr (April bis September) berücksichtigen

Berechnungsformel: 
$$A_0 = A_M \times \frac{N_{Wi} + N_{So}}{1,12 \times N_{Wi} + 0,88 \times N_{So}}$$

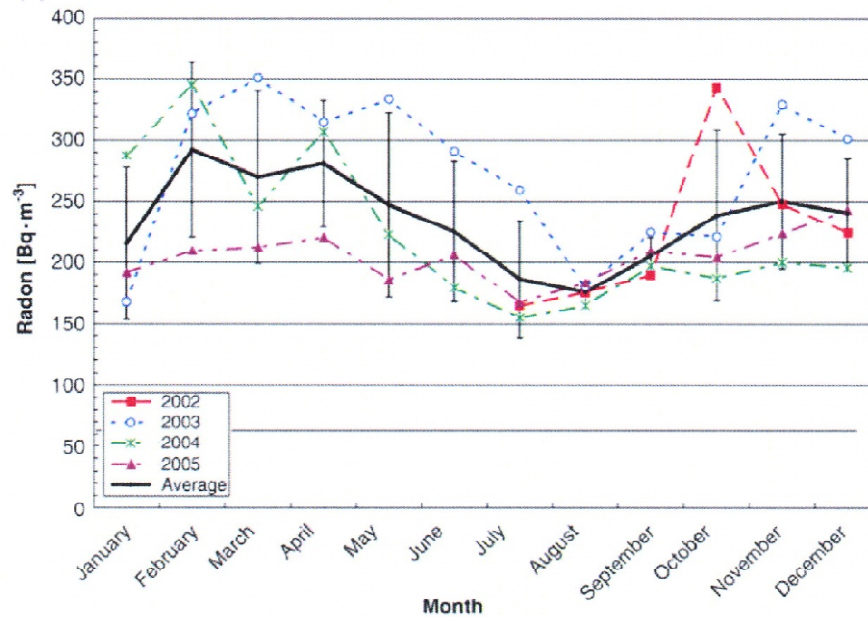


## saisonale Korrektur auf Jahresmittelwert

Irland: monatliche Korrekturfaktoren (Min: 0,85, Max: 1,21), aber regionale Unterschiede (Kriterium: Geologie und Klima)



aus: Burke & Murphy (2011)



aus: Denman et al. (2007)

England: Monatsmittelwerte im selben Haus bei gleicher Nutzung in aufeinanderfolgenden Jahren

## **Durchführung einer Radonmessung**

**Wohngebäude:** kein Standardverfahren, „nur“ allgemeine Empfehlungen, ggf. individuelle Anpassung nötig

(Arbeitsplätze: Beachtung der gesetzgeberischen Vorgaben)

**Was?** ... Ziel ... Mittelwert ... Konzentrationsgang ...?

**Wie?** ... Verfahren ... integrierend ... kontinuierlich ...?

**Wo?** ... Messort ... Etage ... Raum ...?

**Wie lange?** ... Messzeit ...?

**Wann?** ...?

... unter welchen **Randbedingungen** ...?

## **Wohngebäude: Bewertungsmessung**

- Was?** – Ermittlung eines Langzeitmittelwertes
- Wie?** – idR mittels Kernspurexposimetern (wichtig: einfache und verständliche Aufstellungsanleitung)
- Wo?**
- vorrangig in Aufenthaltsräumen
  - vorrangig in unteren Etagen (Keller, Erdgeschoss) in Räumen mit Erdberührung
  - ggf. zusätzlich Messung in nicht bewohnten Kellerräumen, um Eindruck über Radonverteilung im Haus zu erhalten
- Wie lange?** – mindestens drei Monate

## **Randbedingungen**

- bei normaler Raumnutzung

## **Wohngebäude: Orientierungsmessung**

- Was?** – Ermittlung eines Anhaltswertes zur ersten Bewertung
- Wie?** – vorzugsweise mittels Kernspurexposimetern, aber auch kontinuierliche Messung (wichtig: einfache und verständliche Aufstellungs- bzw. Messanleitung)
- Wo?** – Auswahl von Etagen und Räumen wie bei Bewertungsmessungen
- Wie lange?** – ca. 7 bis 14 Tage  
– **keine unmittelbare Ableitung eines Jahresmittelwertes möglich!**

### **Randbedingungen**

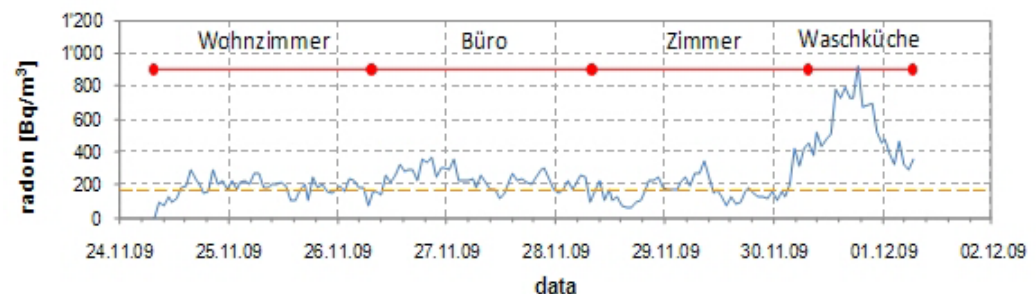
- idR bei normaler Raumnutzung, ggf. „*worst case*“-Szenario mit minimiertem Luftwechsel

## **Wohngebäude: Orientierungsmessung (Schweiz: „6+1-Verfahren“)**

- kontinuierliche Messung über 7 Tage unter definierten Bedingungen  
6 Tage in bewohnten Räumen (vorzugsweise mit erdberührten Wänden), 1 Tag in Raum mit höchster vermuteter Radonkonzentration
- Messzeit: mindestens 1 Tag je Raum  
gründliche Lüftung vor Messbeginn  
Minimierung des Luftwechsels  
normale Raumnutzung  
tägliche Protokollierung der Witterungsbedingungen

vorher Begehung des Gebäudes notwendig: Auswahl der Messräume, Gebäudemerkmale, Bauzustand, Lüftungsbedingungen u.ä.

anschließend Dokumentation und Bewertung der Ergebnisse mit Interpretation



## **Kontrolle von Sanierungsmaßnahmen**

- Was?** – Erfolgskontrolle einer durchgeführten Sanierungsmaßnahme
- Wie?** – in Wohngebäuden idR integrierende Messung  
– in öffentlich genutzten Gebäuden kontinuierliche Messungen, um Radonkonzentrationen während der Aufenthaltszeit zu erfassen)
- Wo?** – in sanierten Räumen, ggf. an weiteren Orten
- Wie lange?** – Langzeitmessung über (mindestens) drei Monate  
– kontinuierliche Messung über wenige Tage je Raum

## **Randbedingungen**

- bei normaler Raumnutzung

Hinweis: Kontrollmessungen in regelmäßigen Zeitabständen (z.B.: alle 5 Jahre) wiederholen

## **Messprotokoll**

- Messverfahren
- Messort: (Gebäude), Etage, Raum/Raumnutzung, ...
- Expositionszeitraum: Datum von Messbeginn und Messende
- gemessene Radonaktivitätskonzentration (in Bq/m<sup>3</sup>)
- Messunsicherheit
  
- ggf. saisonaler Korrekturfaktor
- ggf. damit korrigierte Radonaktivitätskonzentration (in Bq/m<sup>3</sup>)

### Angabe der Radonaktivitätskonzentration (FS-94-75-AKURA, 2000)

- Werte < 100 Bq/m<sup>3</sup>: Rundung auf volle Zehner  
... 47 Bq/m<sup>3</sup> ... Angabe: 50 Bq/m<sup>3</sup>
- Werte > 100 Bq/m<sup>3</sup>: Angabe von zwei Führungsziffern (Rest: Null)  
... 631 Bq/m<sup>3</sup> ... Angabe: 630 Bq/m<sup>3</sup>  
... 5788 Bq/m<sup>3</sup> ... Angabe: 5800 Bq/m<sup>3</sup>

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !

Weitere Informationen  
zum Thema Radon  
finden Sie im Internet  
unter  
**www.radon-info.de**

The screenshot shows the homepage of the website **radon-info.de**. The header features the logo "radon-info" with a stylized atom symbol and the tagline "Die Informationsseite zum Thema Radon und Radioaktivität". Below the header is a navigation menu with options: Home, Aktuell & Informativ, Wissen, Regional / Lokal, Bauen, and Messen. The main content area includes a welcome message: "Willkommen bei radon-info.de Ihrer Informationsseite!". Below this, it states: "Hier finden Sie einen umfassenden Überblick zu den Themen Radon und Umweltradioaktivität." A central circular graphic contains the text "Radon und Umweltradioaktivität" and "Rn". To the right, there are three sidebar boxes: "Radonmessung" (Officially certified and DIN-compliant radon measurements in residential buildings: **Sonderpreis** for long-term measurement. Further information and ordering options.), "Radon-Analytics" (Active and passive measuring devices for the detection of radon concentration in indoor air, soil air, and water. [www.radon-analytics.com](http://www.radon-analytics.com)), and "Kemski & Partner" (Comprehensive consulting in environmental geology and radioactivity: Concepts, measurements, evaluation.). At the bottom left, there is a small map titled "Aktuelle Karte der Radonverteilung in Privathaushalten in Deutschland." (Current map of radon distribution in private households in Germany).