

Gesundheitsrisiko Radon:

Eine vergleichende Untersuchung der wohnraum- und personenbezogenen Exposition

Lennart Müller, Claudia Röhl

Dezernat Umweltbezogener Gesundheitsschutz

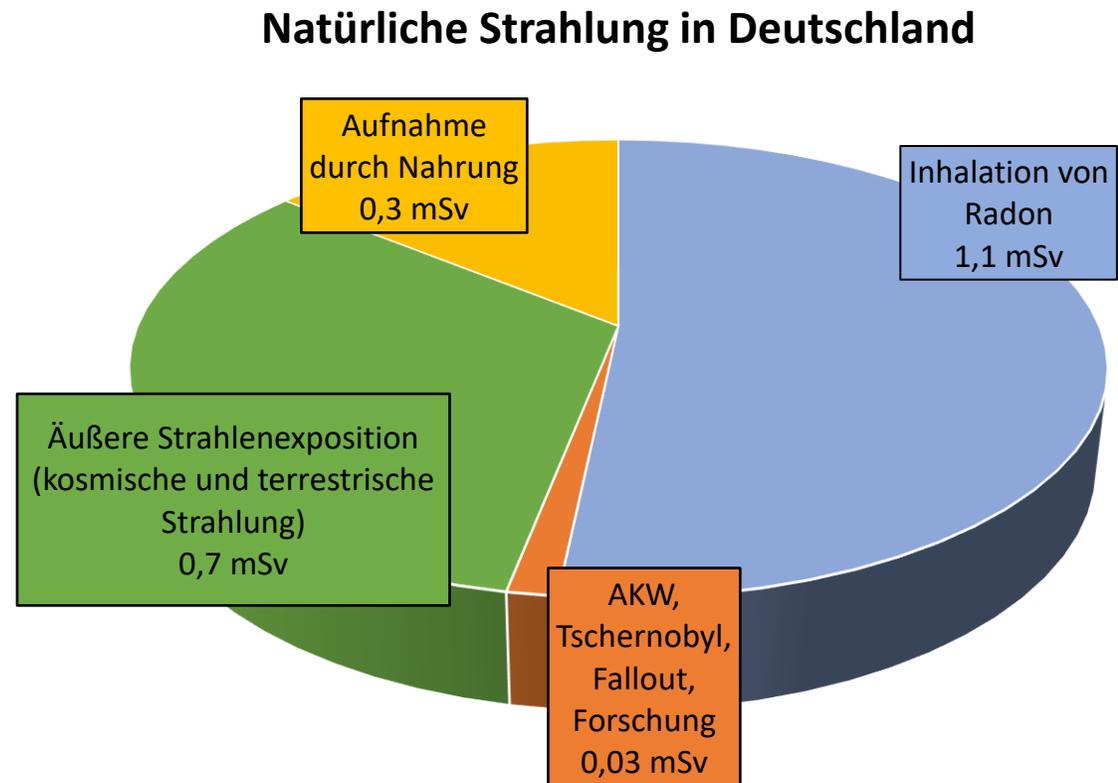
Landesamt für soziale Dienste (LAsD) Schleswig-Holstein, Kiel

Institut für Toxikologie und Pharmakologie für Naturwissenschaftler der
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Ich, Lennart Müller, habe keine finanziellen Interessen/Abkommen oder Verbindungen zu einer oder mehreren Organisationen, die als tatsächlicher oder scheinbarer Interessenkonflikt im Zusammenhang mit dem Thema dieses Vortrags wahrgenommen werden könnten.

Durchschnittliche Strahlenbelastung in Deutschland

- Durchschnittliche jährliche effektive Dosis der Allgemeinbevölkerung in Deutschland beträgt 2,1 mSv (1 – 10 mSv) für die natürliche Strahlung
- Radon stellt die bedeutendste Komponente der natürlichen Strahlung dar
- 300 Bq/m³ entsprechen 10 mSv pro Jahr



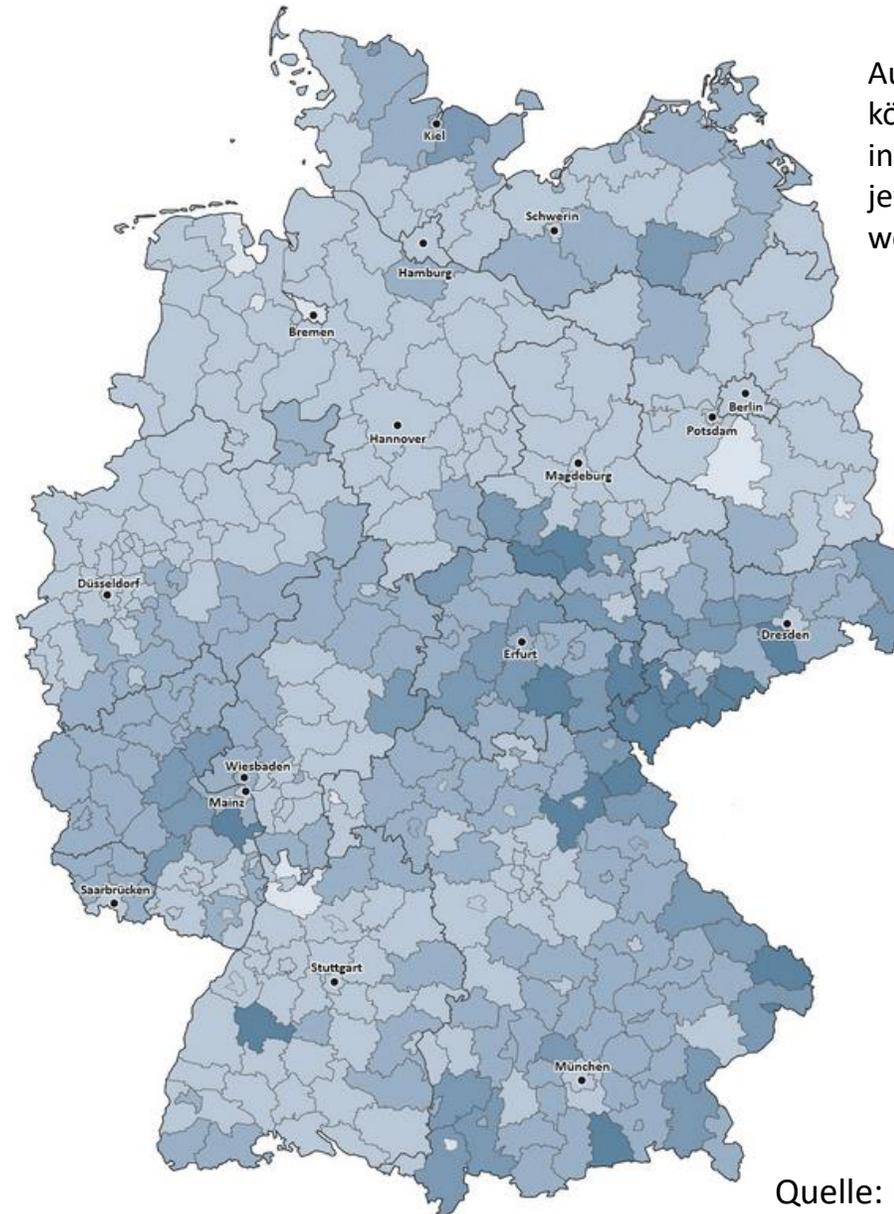
Durchschnittliche Radonkonzentration in Wohnungen

Durchschnittliche Radon-Konzentration (geometrischer Mittelwert) in Wohnungen in Deutschland nach Menzler et. al.

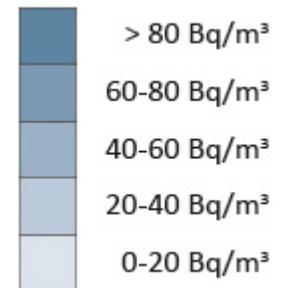
Das zusätzliche Lebenszeitrisiko beträgt $0,6 \times 10^{-5}$ pro Bq/m^3 für Nicht-Raucher und 15×10^{-5} pro Bq/m^3 für Raucher¹

Die Radonkonzentration, die mit einem zusätzlichen Lebenszeitrisiko 1 von 100 einhergeht beträgt $67 \text{ Bq}/\text{m}^3$ für Raucher und $1670 \text{ Bq}/\text{m}^3$ für Nicht-Raucher¹

¹WHO GUIDELINES FOR INDOOR AIR QUALITY (2010); Selected Pollutants. PMID 23741784



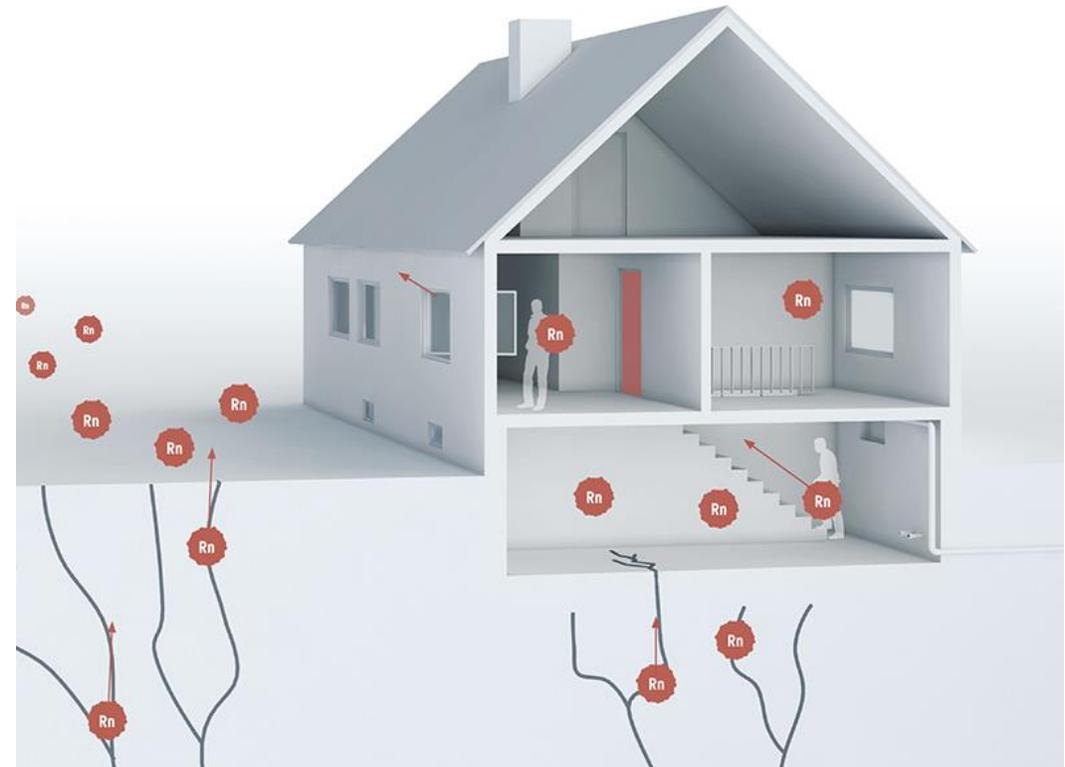
Aussagen zu Einzelgebäuden können ausschließlich durch individuelle Messungen im jeweiligen Gebäude getroffen werden.



Quelle: Bundesamt für Strahlenschutz

Radonvorkommen in Wohnräumen

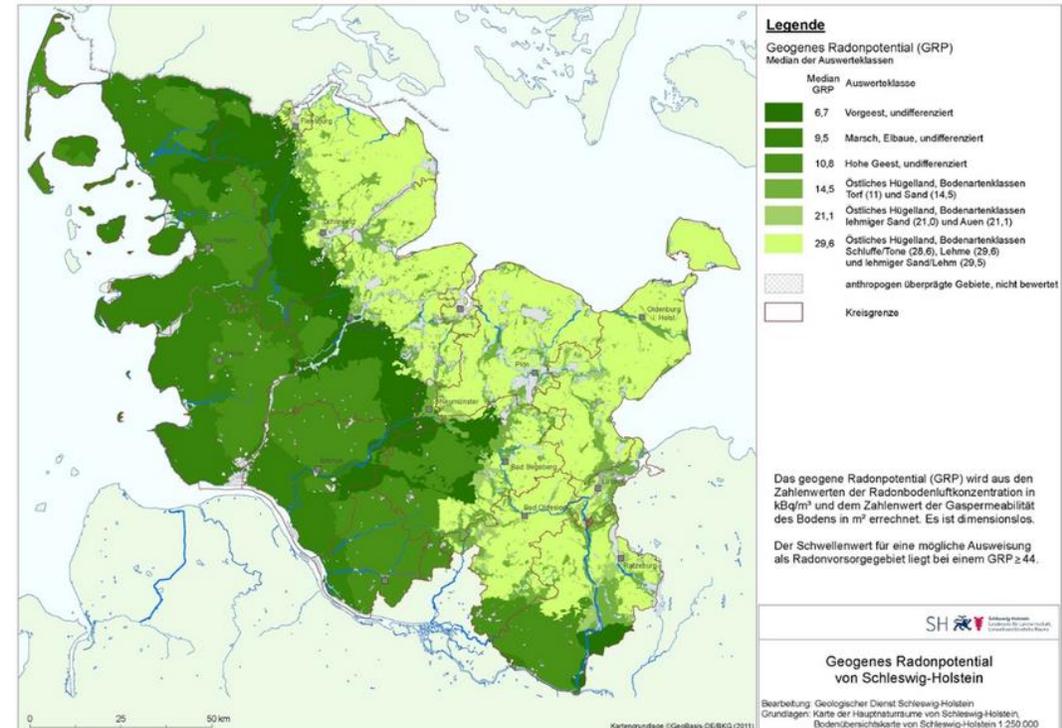
- Durchschnittlich 50 Bq/m³ in Deutschland
- Starke regionale Unterschiede
- Starke Unterschiede innerhalb eines Gebäudes
- Verschiedene Einflussfaktoren auf die Konzentration von Radon in der Innenraumluft



Quelle: Bundesamt für Strahlenschutz

Gesetzlicher Hintergrund

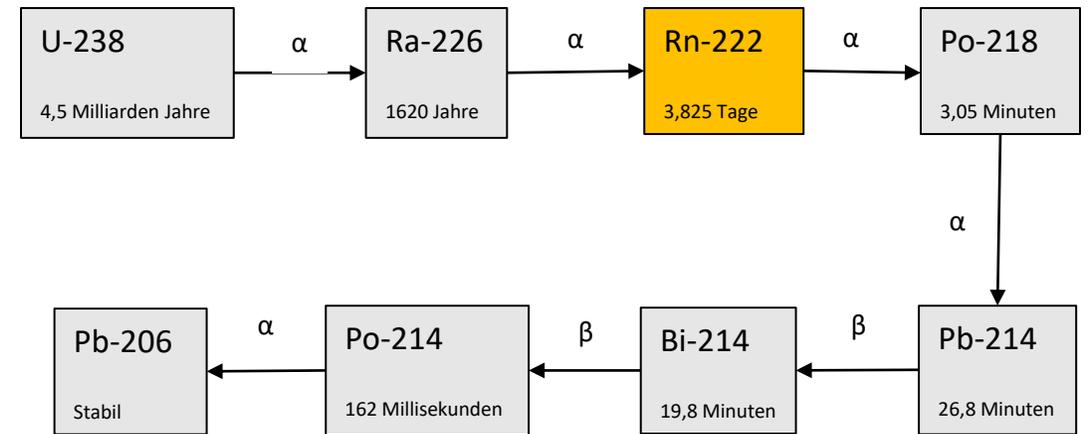
- Strahlenschutzgesetz am 27.06.2017 erlassen
- Referenzwert in Aufenthaltsräumen beträgt 300 Bq/m^3 (§ 124)
- Empfehlung WHO 100 Bq/m^3
- Unterrichtung der Allgemeinbevölkerung über Exposition und Gesundheitsrisiken (§ 125)
- Ausweisung von Radonvorsorgegebieten
- Kein Radonvorsorgegebiet in SH



Quelle: Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume SH

Entstehung und Migration von Radon

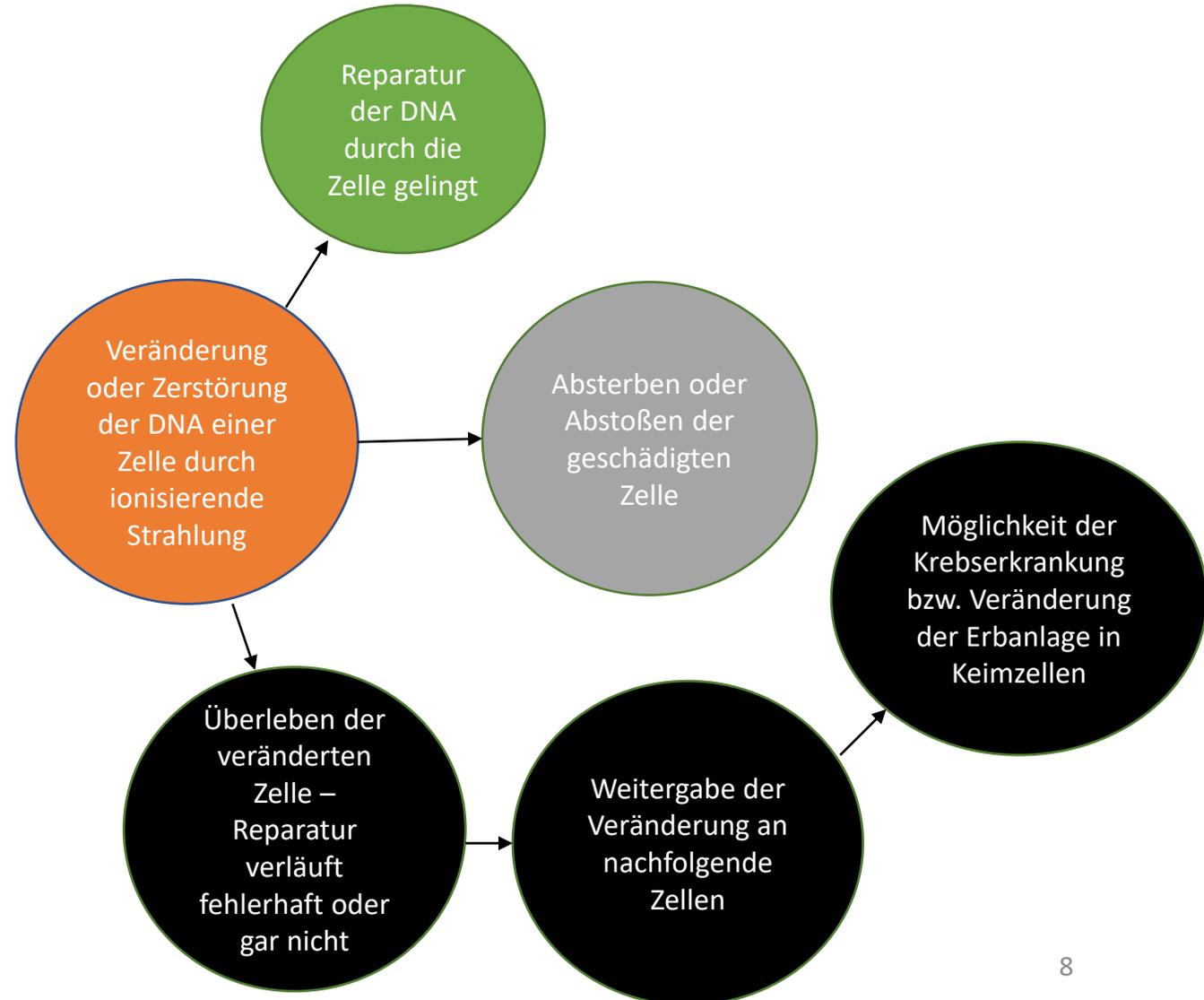
- Uran-238-Zerfallsreihe
- Entstehung radioaktiver Folgeprodukte beim Zerfall
- Vor allem α -Strahlung besitzt eine hohe biologische Wirksamkeit
- Der gasförmige Aggregatzustand und Halbwertszeit von 3,8 Tagen ermöglichen eine Migration vom Boden in Gebäude



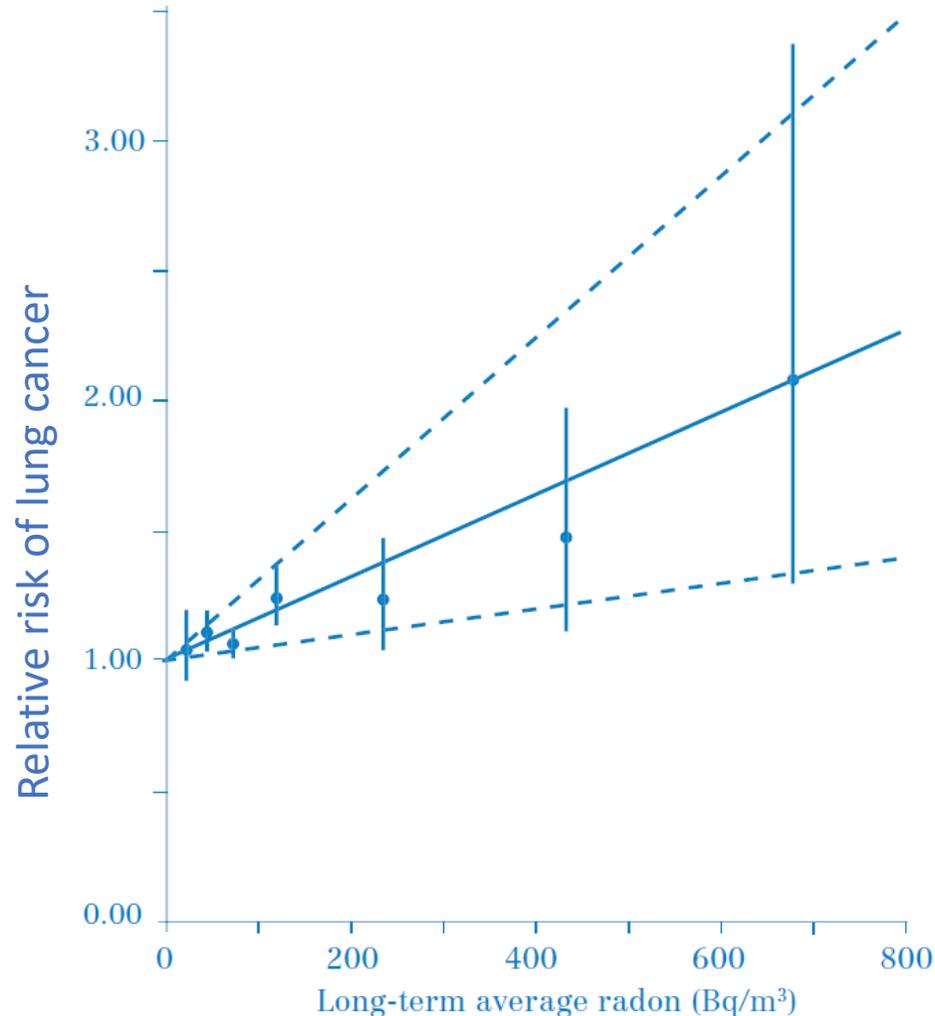
U = Uran
Ra = Radium
Rn = Radon
Po = Polonium
Pb = Blei
Bi = Bismut

Wirkungsmechanismus

- Radon gelangt über Atemluft in den Atemtrakt
- Dort vor allem Anlagerung der kurzlebigen Zerfallsprodukte
- Zerfall unter Aussendung von α -Strahlung führt zu DNA-Schäden der empfindlichen Zellen der Lungen
- Diese DNA-Schäden können zu Lungenkrebs führen
- Von der IARC als erwiesenermaßen krebserregend eingestuft (1988)



Dosis-Wirkungsbeziehung



- Keine Wirkungsschwelle
- Lineare Dosis-Wirkungs-Beziehung
- Anstieg des relativen Risikos um 16% pro 100 Bq/m³ für Lungenkrebs
- Anstieg des relativen Risikos unabhängig vom Alter, Geschlecht oder Rauchstatus
- Absolutes Risiko bei Rauchern höher als bei Nichtrauchern aufgrund des wesentlich höheren Ausgangsrisikos

Gesundheitliches Risiko

Radonkonzentration	Lebenszeitrisiko		Bemerkung
3-6 Bq/m ³	1,8 bis 3,6 x 10 ⁻⁵	1: 55.555 bis 1: 27.777	Mittlere Radonkonzentration im Außenbereich in Schleswig-Holstein
50 Bq/m ³	3 x 10 ⁻⁴	1: 3.333	Durchschnittliche Radonkonzentration in Aufenthaltsräumen in Deutschland
100 Bq/m ³	6 x 10 ⁻⁴	1: 1.666	Empfehlung der WHO
300 Bq/m ³	1,8 x 10 ⁻³	1: 555	Referenzwert in Aufenthaltsräumen laut Strahlenschutzgesetz

Gesundheitliches Risiko

- Zweithäufigste Ursache für Lungenkrebs nach dem Zigarettenrauchen in der beruflich nicht exponierten Bevölkerung¹
- Ca. 5% aller Lungenkrebsfälle in Deutschland durch Radon²
- Ca. 1.900 Lungenkrebstodesfälle pro Jahr in Deutschland durch Radon²
- Passivrauchen ist im Vergleich für etwa 260 Fälle in Deutschland verantwortlich³
- Ca. 2% aller Krebstodesfälle in Europa durch Radon⁴

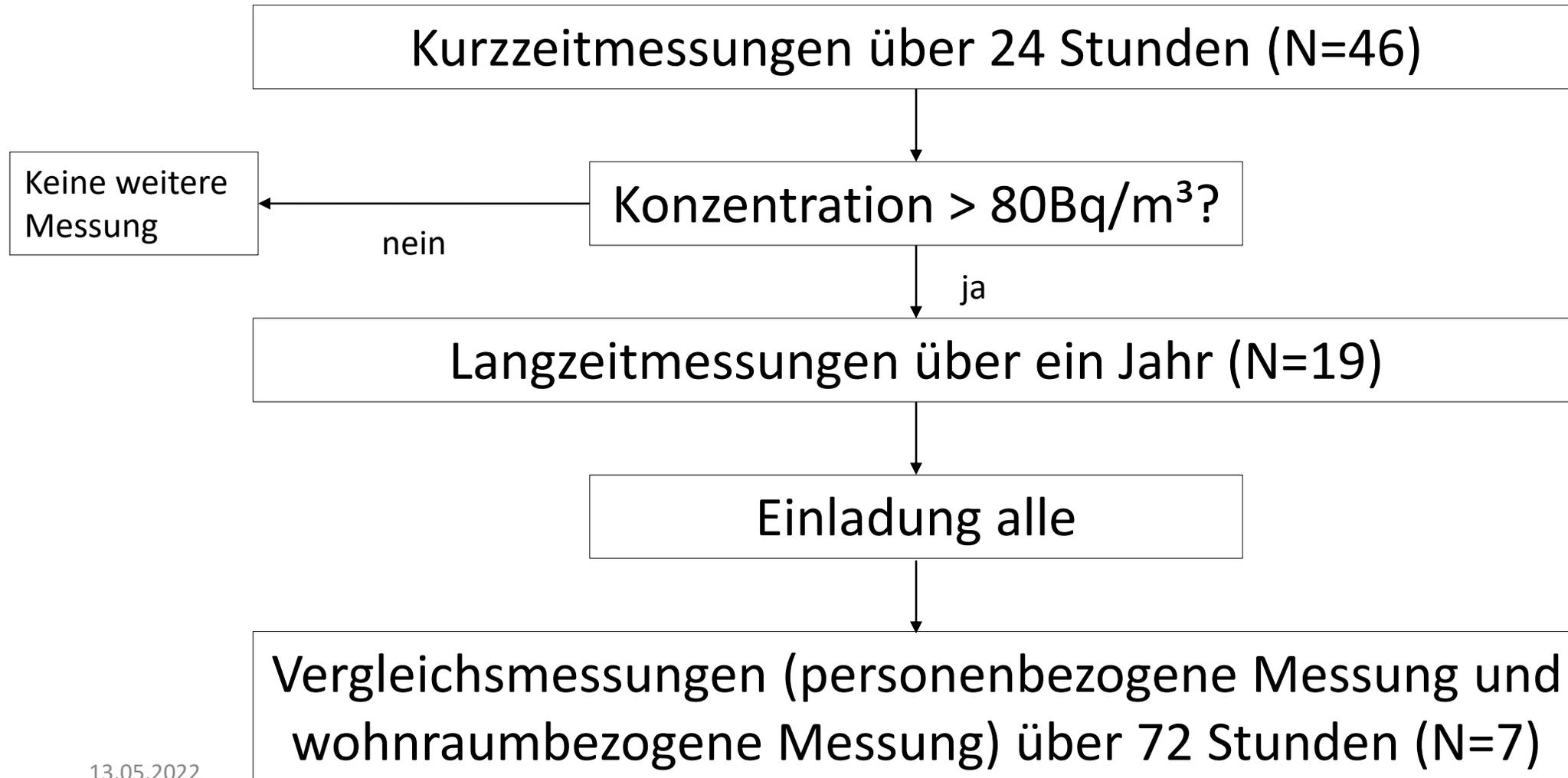
¹WHO (2010) (<https://www.who.int/publications/i/item/9789289002134>)

²Menzler et al. (2008) (10.1097/01.HP.0000309769.55126.03)

³Deutsches Krebsforschungszentrum (2005), Heidelberg

⁴Darby et. al. (2004) (DOI: 10.1136/bmj.38308.477650.63)

Vorgehensweise zur Auswahl der Messräume



Messgeräte

Kurzzeitmessungen und Vergleichsmessungen

- Saphymo AlphaE
- Aktives Messgerät
- Messbereich 20 Bq/m³ bis 10 MBq/m³
- Messintervall 60 min bei erwartet niedrigen bis mittleren Konzentrationen
- Ermöglicht ausreichende Zeitauflösung, bei tolerablen statistischen Schwankungen



Langzeitmessungen

- Karlsruher Radon-exposimeter (KIT)
- Passives Kernspurmessverfahren
- Auslesung der Messgeräte über das KIT



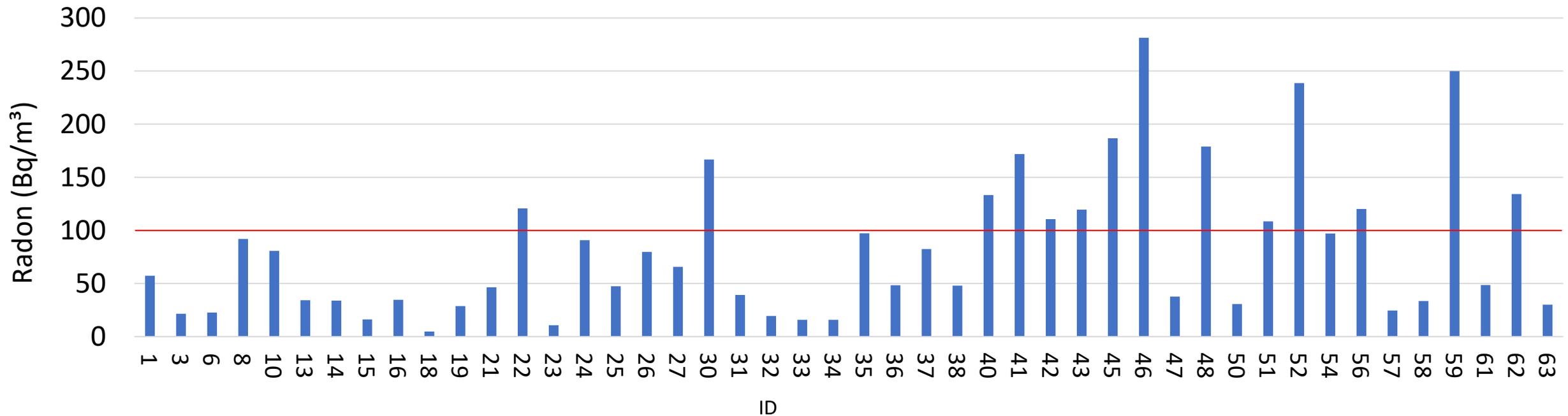
Messbedingungen und Auswahlkriterien der Wohnräume

- Messungen im östlichen Hügelland in SH
- Vier Typen von Messräumen wurden definiert:
 - A) Wohnräume im Untergeschoss
 - B) Wohnräume im Erdgeschoss ohne Unterkellerung
 - C) Wohnräume mit direkter Verbindung zu einem Keller
 - D) Wohnräume im Erdgeschoss mit erdberührenden Wänden
- Messräume müssen als Wohnräume genutzt werden

Kurzzeitmessungen <ul style="list-style-type: none">• Über 24 Stunden• Ausgleichsbedingungen• Aufstellung in 1,5 m Höhe im Wohnraum	Langzeitmessungen <ul style="list-style-type: none">• Über 12 Monate• Nutzungsbedingungen• Aufstellung in a 1,5 m Höhe im Wohnraum
Personenbezogene Messungen <ul style="list-style-type: none">• Über 72 Stunden unter Nutzungsbedingungen• Körpernahes tragen des Messgerätes	Wohnraumbezogene Messungen <ul style="list-style-type: none">• Über 72 Stunden• Nutzungsbedingungen• Aufstellung in 1,5 m Höhe im Wohnraum

Ergebnisse Kurzzeitmessung

Radonkonzentrationen (Bq/m³) gemittelt über 24 h

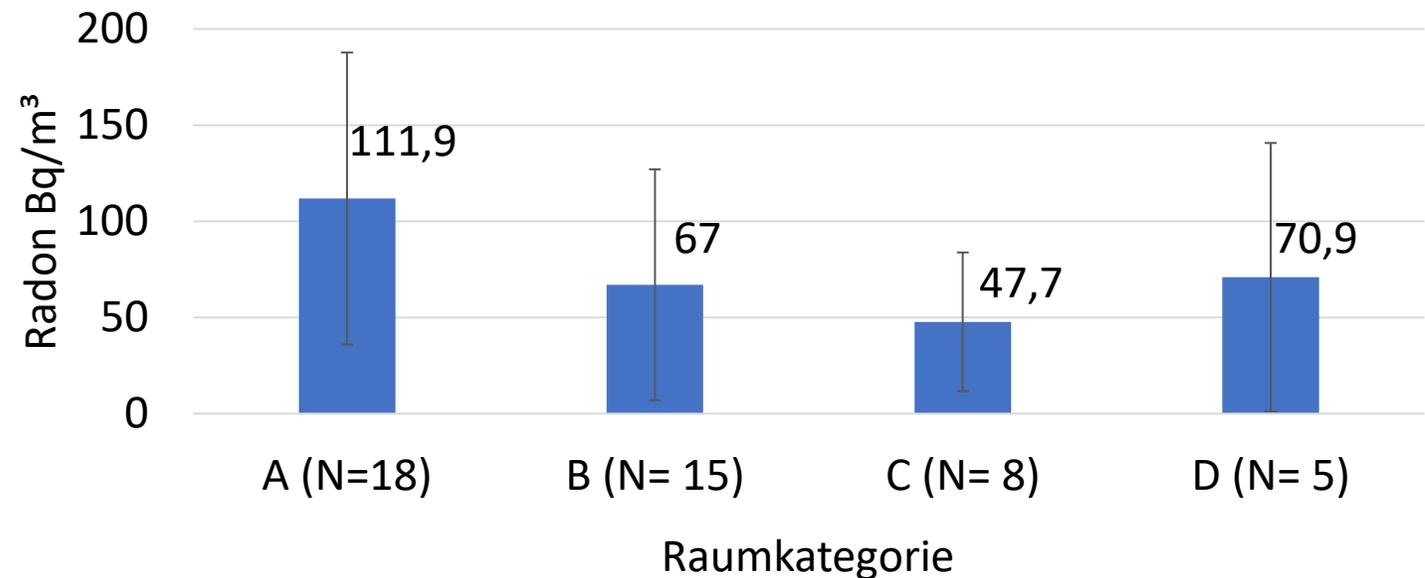


Ergebnisse Kurzzeitmessung

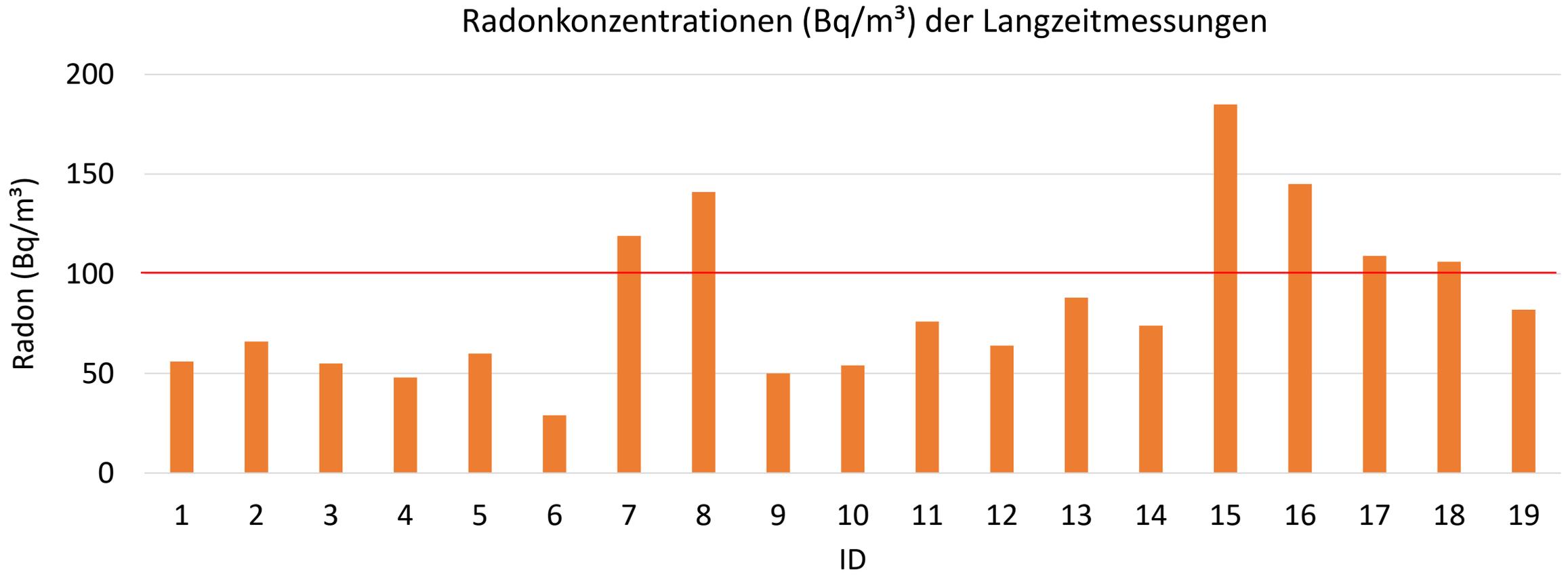
- N=46
- Durchschnittliche Radonkonzentration 81,4 Bq/m³

- | |
|---|
| A) Wohnräume im Untergeschoss |
| B) Wohnräume im Erdgeschoss ohne Unterkellerung |
| C) Wohnräume mit direkter Verbindung zu einem Keller |
| D) Wohnräume im Erdgeschoss mit erdberührenden Wänden |

Durchschnittliche Radonkonzentrationen der Kurzzeitmessungen (Bq/m³) mit Standardabweichung nach Raumkategorie



Ergebnisse Langzeitmessungen

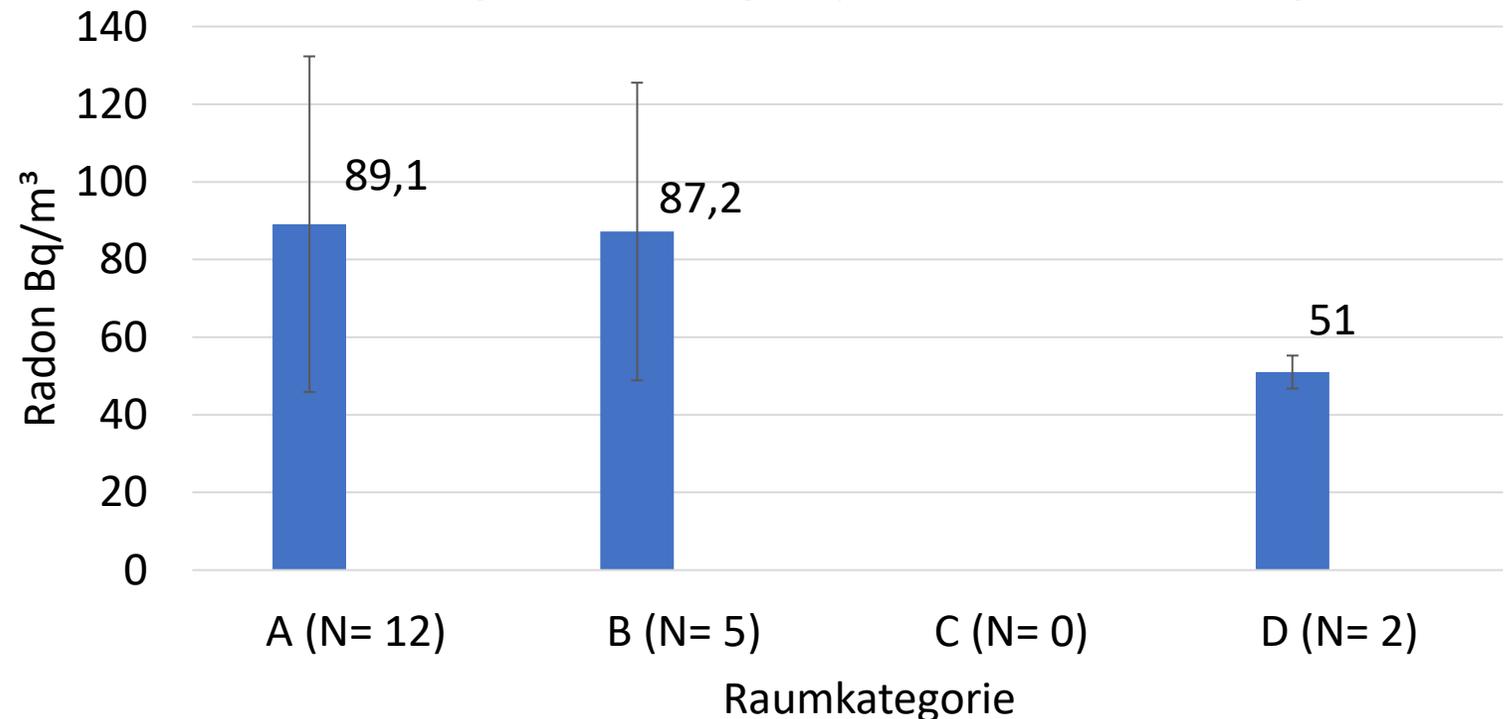


Ergebnisse Langzeitmessungen

- N=19
- Durchschnittliche Radonkonzentration 84,6 Bq/m³

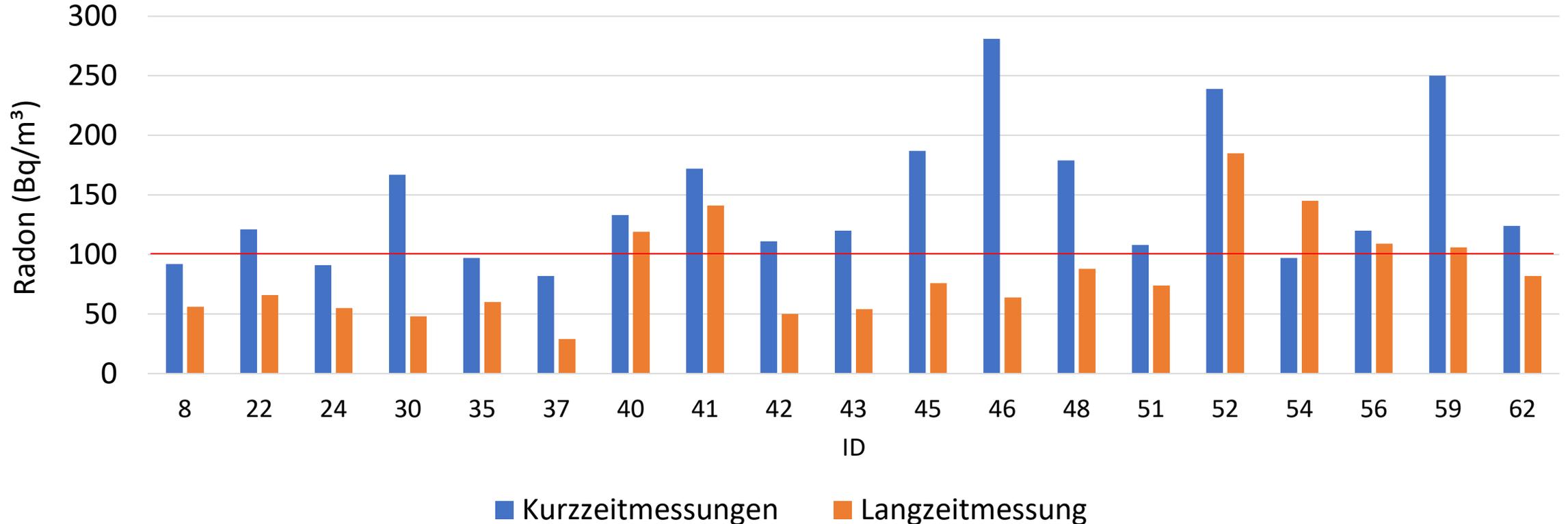
- A) Wohnräume im Untergeschoss
B) Wohnräume im Erdgeschoss ohne Unterkellerung
C) Wohnräume mit direkter Verbindung zu einem Keller
D) Wohnräume im Erdgeschoss mit erdberührenden Wänden

Durchschnittliche Radonkonzentrationen der Langzeitmessung (Bq/m³) nach Raumkategorie



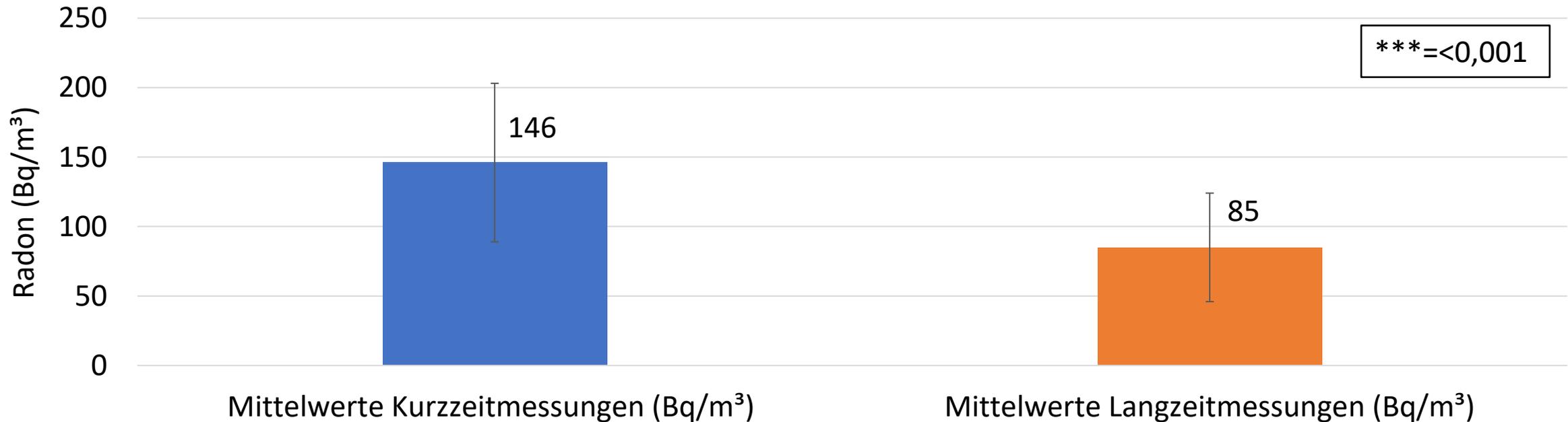
Vergleich der Kurz- und Langzeitmessungen

Radonkonzentrationen der Kurz- und Langzeitmessungen



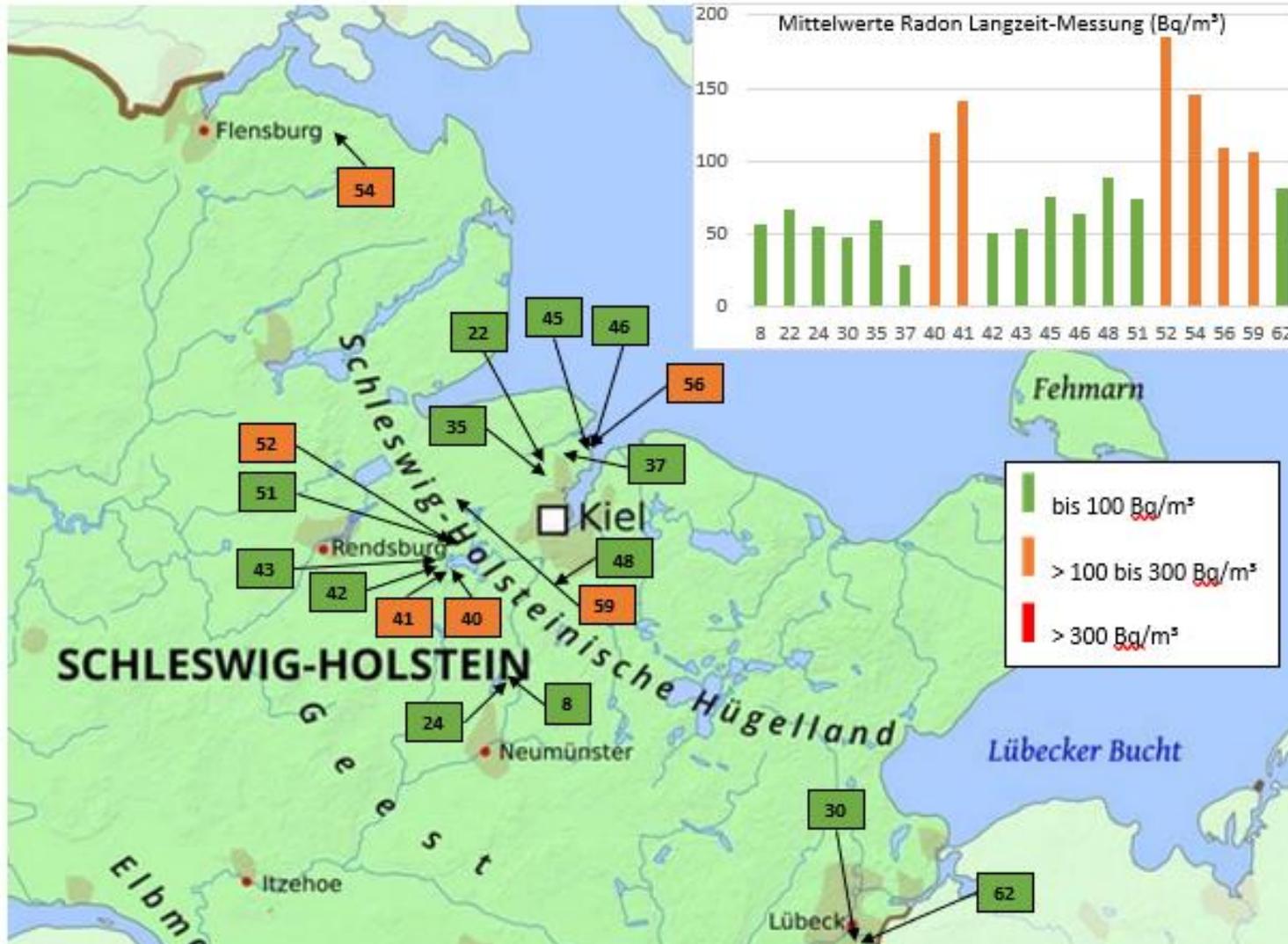
Vergleich der Kurz- und Langzeitmessungen

Durchschnittliche Radonkonzentration der Kurz- und Langzeitmessungen mit Standardabweichung



Anm.: Kurzzeitmessungen beziehen sich hier nur auf die dazugehörigen Langzeitmessungen (N=19)

Regionale Verteilung der Langzeitmessungen



Vergleichsmessung

Personenbezogene Messung

- Tragen des Messgerätes körpernah über 72 Std.
- Protokollführung mit Erhebung von Zeit und Aufenthaltsort



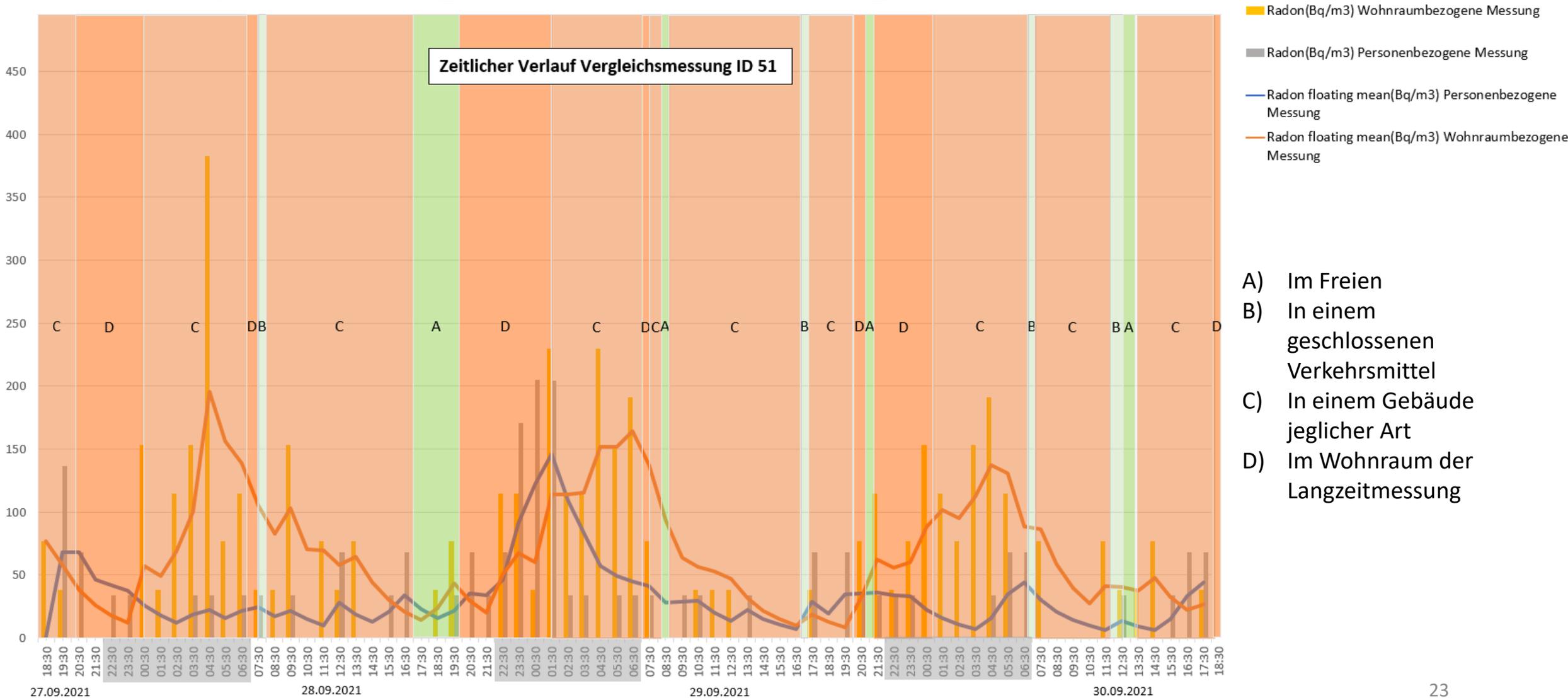
Quelle: radonshop.de

Wohnraumbezogene Messung

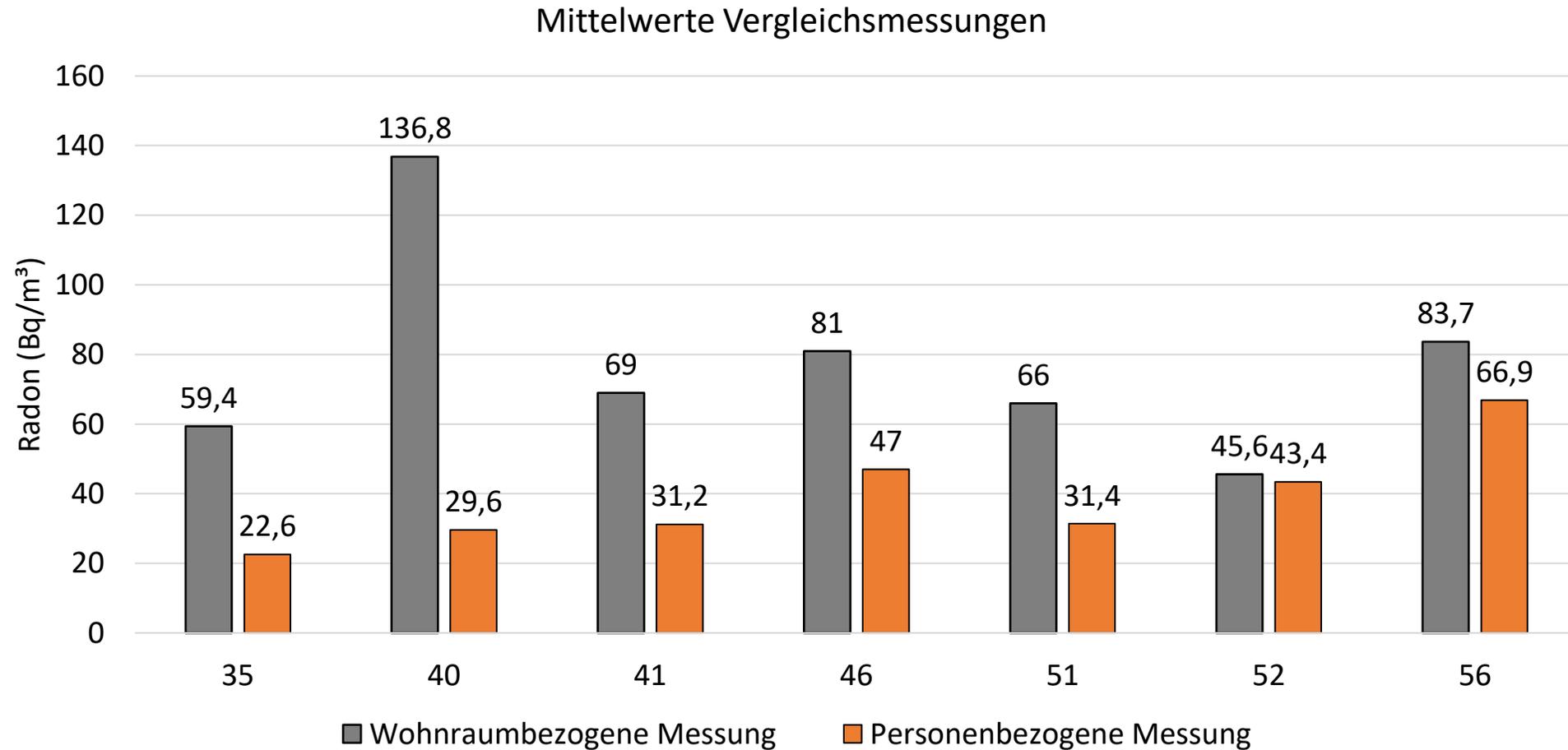
- Parallel zur personenbezogenen Messung durchgeführt
- Am Ort der Langzeitmessung



Beispiel Vergleichsmessung

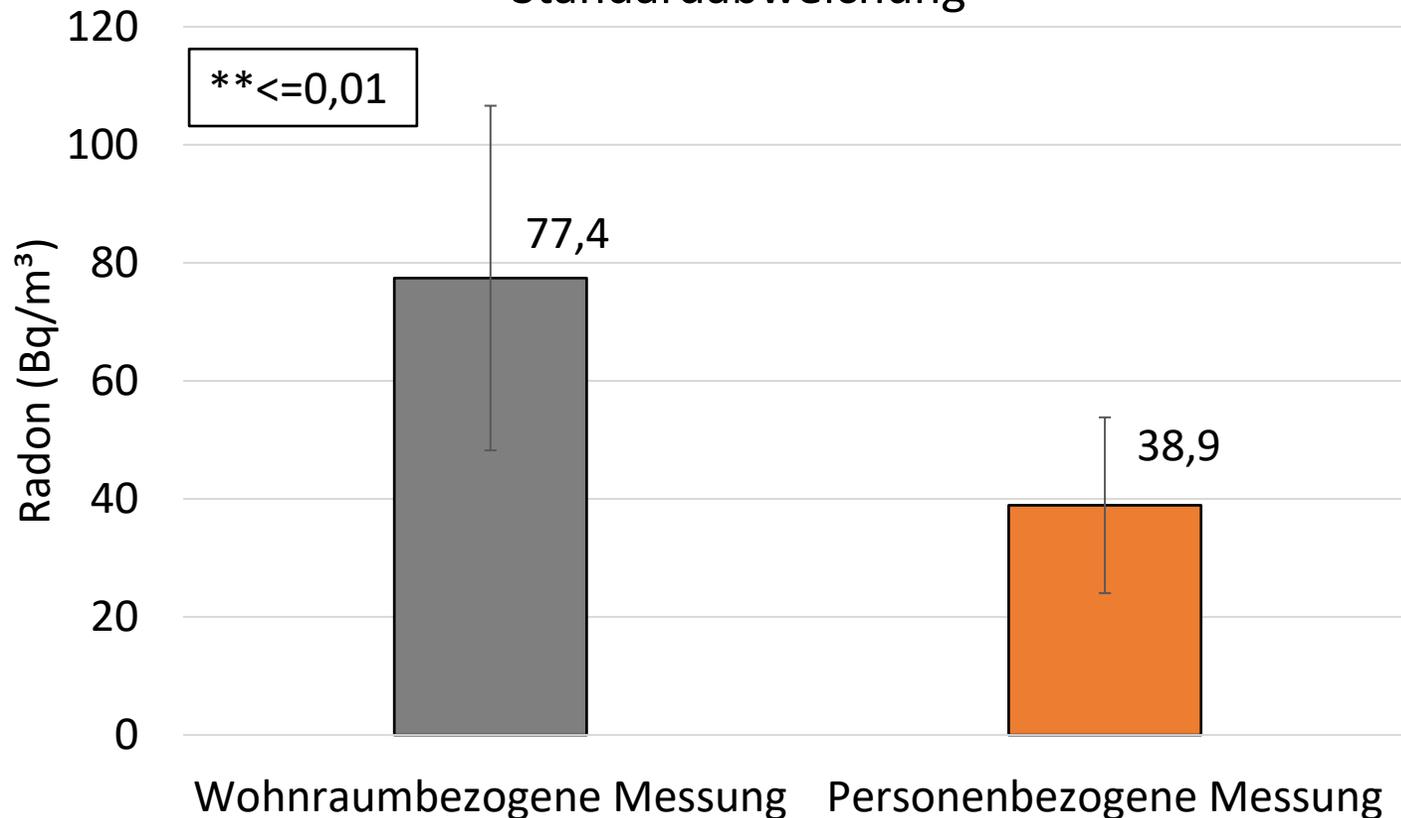


Ergebnisse der Vergleichsmessungen

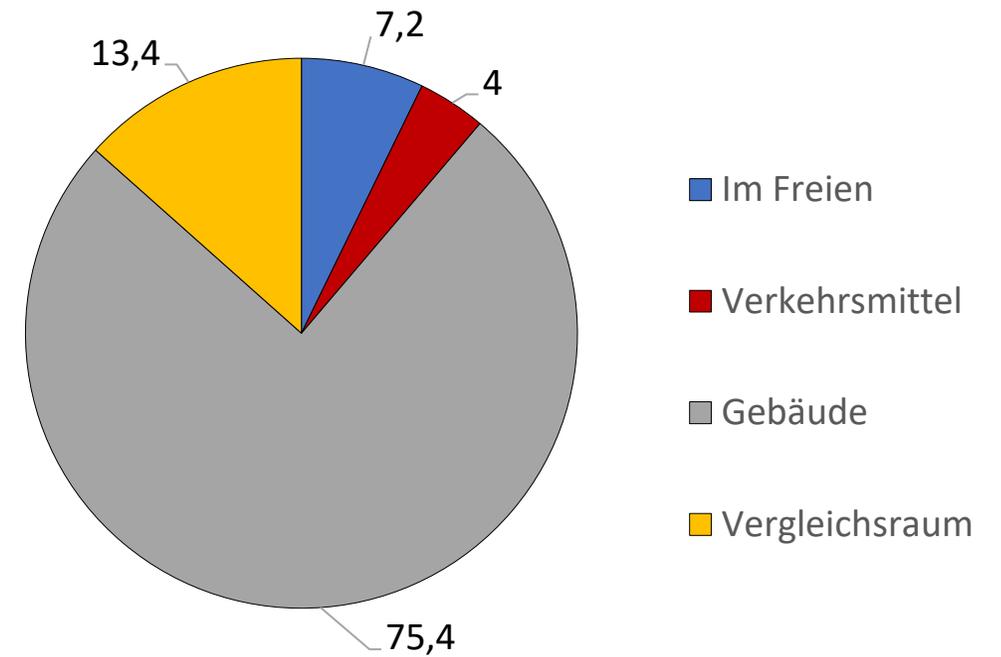


Ergebnisse der Vergleichsmessungen

Mittelwerte der Vergleichsmessungen mit Standardabweichung



Aufenthaltszeit während Vergleichsmessungen in %



Vermeidbare Lungenkrebstodesfälle

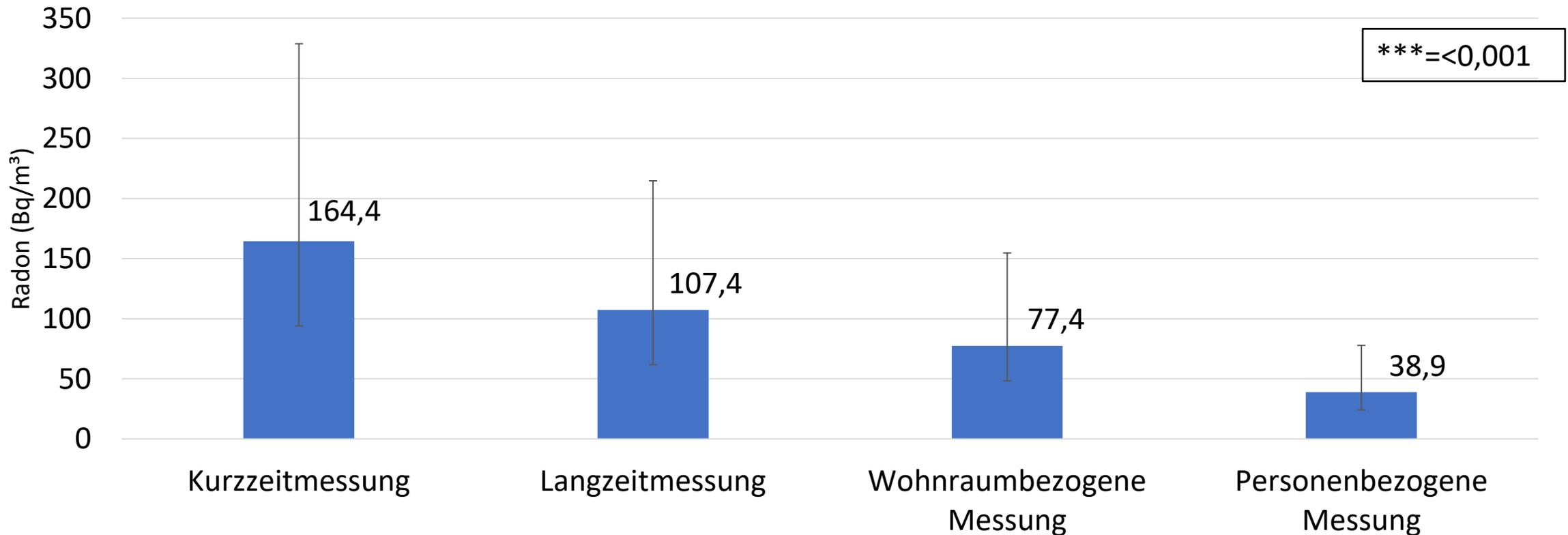
- 37 700 Todesfälle durch Lungenkrebs in Deutschland zum Zeitpunkt der Veröffentlichung
- 1896 Fälle auf Radonbelastung in Innenräumen zurückzuführen¹

Höchstwert in Innenräumen in Bq/m ³	Vermeidbare Lungenkrebsfälle durch Einhaltung Höchstwert	% aller durch Radon verursachten Lungenkrebsfälle in Deutschland
100	302	15,9
200	143	7,5
400	68	3,59

¹Menzler et al (2008) (DOI: 10.1097/01.HP.0000309769.55126.03)
13.05.2022

Vergleich der Messergebnisse

Durchschnittliche Radonmessungen mit Standardabweichung



Anm.: Kurz- und Langzeitmessungen beziehen sich hier nur auf die dazugehörigen Vergleichsmessungen (N=7)

Zusammenfassung I

- Großteil der Teilnehmer:innen war gesundheitliches Risiko durch Radon unbekannt
- Höchste Radonkonzentration der Kurz- und Langzeitmessungen wurde in „Wohnräumen im Untergeschoss“ gemessen
- Regional zeigten sich die höchsten Konzentrationen im Kreis „Rendsburg-Eckernförde“ (nordwestlich von Kiel)
- Teilnehmer:innen verbrachten 88,8 % der Messzeit in Innenräumen, davon 13,4 % im Vergleichsraum
- Meistens erhöhte Konzentrationen nachts / am frühen Morgen in der Vergleichsmessung

Zusammenfassung II

- Durchweg geringere Radonkonzentration der personalisierten Messung im Vergleich zu der parallel durchgeführten Vergleichsmessung
- Aktivitätskonzentration im untersuchten Wohnraum spiegelte nicht die tatsächliche Belastung einer Person wider
- Trotz verhältnismäßig kurzer Aufenthaltsdauer im mutmaßlich am höchsten belasteten Raum wurde lediglich eine Reduktion der Radonbelastung um etwa die Hälfte verzeichnet
- Gemessene durchschnittliche Radonbelastung von 39 Bq/m^3 entspricht gemäß WHO immer noch einem zusätzlichen Lungenkrebsrisiko von $2,3 \times 10^{-4}$, d.h. größer als 10^{-4} bis 10^{-6}

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit