

# Schnelles Ergebnis? Machen Sie Unterdruck!

**Radonmessungen im Unterdruckverfahren** ■ Bislang werden Radonkonzentrationen in Innenräumen anhand eines Jahresmittelwerts bestimmt. Das Verfahren dauert bis zu einem Jahr. Mit dem neuen Strahlenschutzgesetz kommt 2018 erstmals ein verbindlicher Referenzwert für Radon in Gebäuden. Je nach Situation besteht dann Messpflicht. Damit werden schnellere Verfahren zur Bestimmung von Radonkonzentrationen notwendig. **Dr. Thomas Haumann und Uwe Münzenberg**



Abb.: Dr. Thomas Haumann, 2. Radonfachtag des VDB 2017

**Abb. 1:** Das Blower Door Verfahren, bei dem ein Differenzdruck zwischen Innenraum und Umgebung erzeugt wird, bietet messtechnische Möglichkeiten, mit denen sich Radonkonzentrationen in Gebäuden schneller nachweisen lassen als bisher. Normalerweise wird das Verfahren zur Ortung von Luftlecks in der Gebäudehülle verwendet.

**R**adon (Rn-222) ist ein natürliches radioaktives Gas, das in manchen Regionen aus dem geologischen Untergrund austritt und sich in Innenräumen anreichert. Es wird in Deutschland für circa 1900 tödliche Lungenerkrankungen verantwortlich gemacht. Damit ist Radon aktuell der schädlichste Schadstoff in Gebäuden. Bisher fand Radon in der Öffentlichkeit wenig Beachtung, da es unbemerkt als geruchsloses Gas und ohne unmittelbar erkennbare Auswirkungen in Innenräume gelangt. Im Jahr 2004

gab es einen von der rot-grünen Bundesregierung sorgfältig ausgearbeiteten Entwurf zu einem Radonschutzgesetz. Dieser wurde jedoch nach dem damaligen Regierungswechsel verworfen. Im Dezember 2013 hat der Rat der Europäischen Union eine Neufassung der EU-Basic Safety Standards (EU-BSS) erlassen, in der erstmals verbindliche Regelungen für die Begrenzung der Radonkonzentration in Gebäuden aufgenommen worden sind [9]. Die Frist zur Umsetzung in nationales Recht läuft bis 2018.

Die Bundesregierung hat auf der Basis dieser EU-Vorgabe ein Gesetz zur Neuordnung des Rechts zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung erarbeitet [5]. Das „Strahlenschutzgesetz“ wurde im Juli 2017 verabschiedet. Festgelegt wurde ein verbindlicher Referenzwert zum Schutz der Bevölkerung vor Radon in Aufenthaltsräumen und an Arbeitsplätzen. Die Aktivitätskonzentration von maximal 300 Becquerel pro Kubikmeter ( $\text{Bq}/\text{m}^3$ ) im Jahresmittel darf nicht überschritten werden. Andernfalls müssen an Arbeitsplätzen künftig Schutzmaßnahmen umgesetzt werden. Der verbindliche Referenzwert  $300 \text{ Bq}/\text{m}^3$  lässt aus Sicht der gesundheitlichen Vorsorge keinen Spielraum nach oben. Daher entsteht in einigen Gebieten eine Pflicht zur Messung. In der praktischen Umsetzung werden diesbezüglich künftig Radon-Verdachtsgebiete ausgewiesen, in denen erwartet wird, dass der Referenzwert in einer deutlichen Anzahl von Gebäuden überschritten werden könnte.

## Auch geringere Strahlung kann schädlich sein

Mit  $300 \text{ Bq}/\text{m}^3$  wurde der maximal nach der EU-Vorgabe mögliche Beurteilungswert realisiert, obwohl bereits diese Radonkonzentration signifikant zur Lungenerkrankungsstatistik beiträgt. Zahlreiche Verbände, Institutionen und auch das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS), die WHO [12,13] sowie der Ausschuss für Innenraumrichtwerte (AIR, Umweltbundesamt) empfehlen die Einhaltung von  $100 \text{ Bq}/\text{m}^3$  statt  $300 \text{ Bq}/\text{m}^3$ . Insbesondere gelten  $100 \text{ Bq}/\text{m}^3$  in Fachkreisen als Zielvorgabe für Neubauten und als Sanierungszielwert in Bestandsgebäuden (siehe BVS-Standpunkt 02-2017 [3]). Derzeit wird der Wert von  $100 \text{ Bq}/\text{m}^3$  in Innenräumen in circa 10 Prozent der Bestandsgebäude in



**Abb. 2:** Beim Aufbau der Rn50-Messung werden die Radon-Messgeräte auf der Unterdruckseite vor dem Ventilator positioniert

2

Deutschland erreicht oder überschritten (Quelle: Bundesamt für Strahlenschutz). Nach bisherigen Untersuchungen des Karlsruher Institut für Technologie (KIT) wurde in 36 von 220, das heißt 16 Prozent der untersuchten Schulen in Baden-Württemberg, der neue verbindliche Referenzwert von  $300 \text{ Bq/m}^3$  in genutzten Räumen im Souterrain oder im Erdgeschoss überschritten [1]. In knapp der Hälfte der Schulen fand man Räume mit Werten über  $100 \text{ Bq/m}^3$ .

Betroffen von diesen gesetzlichen Entwicklungen sind nicht nur Arbeitgeber und Hausverwaltungen, sondern alle Planer und ausführende Firmen insbesondere in den noch zuzuordnenden Radon-Verdachtsgebieten. Dabei werden voraussichtlich besonders Arbeitsplätze aller Branchen messpflichtig werden, die sich im Erd- und Untergeschoss befinden.

### Der Jahresmittelwert ist maßgebend

Der Radongehalt im Boden und die Größe und Menge an Undichtigkeiten in der erdberührenden Gebäudehülle bestimmen, wie viel Radon ins Gebäude gelangt. Daher ist es leicht nachvollziehbar, dass die Radonkonzentrationen in der Innenraumluft aufgrund von natürlichen Druck- und Klimaveränderungen sehr großen Schwankungen unterworfen sind. Bewertungen in Bezug auf den Jahresmittelwert auf der Basis von Kurzzeitmessungen über wenige Stunden oder auch Tage sind unter normalen Bedingungen daher bisher nicht möglich. Verbindlich als Bewertungsmessungen sind Messungen mit Kernspurexposimetern über mehrere Monate bis zu einem Jahr, wobei mindestens die Hälfte der Zeit in der Heizperiode liegen sollte. Entsprechende Messvorschriften sind in der Normenreihe der DIN ISO 11665 dokumentiert [8] (siehe auch VDB-Richtlinien [2]). Mes-

sungen mit Kernspurexposimetern sind zwar kostengünstig und einfach durchzuführen, sie stellen jedoch durch den notwendigen Messzeitraum beispielsweise bei der Abnahme von Bau- oder Sanierungsmaßnahmen vor erhebliche Probleme. Hier muss in der Regel direkt ein Nachweis erbracht werden, dass die gesetzlich geforderten Rahmenbedingungen eingehalten werden.

### Unterdruckverfahren könnte Messungen beschleunigen

Aufgrund der vielen Einflussfaktoren und starken Konzentrationsschwankungen liegen für Radon bisher keine zuverlässigen Kurzzeitmethoden vor, die eine Absicherung der angestrebten Radonkonzentration in Innenräumen in einem absehbaren Zeitrahmen auch vor der normalen Nutzung ermöglichen.

Die im Raum auftretende Radonkonzentration wird in erster Linie durch das Zusammenspiel der Radon-Eintrittsrate als Quelle und den Luftwechsel als Senke bestimmt. Die Eintrittsrate wird wiederum maßgeblich von den Druckverhältnissen gesteuert. So stellt die zwischen Innenraum und Erdreich vorhandene Druckdifferenz von wenigen Pascal die treibende Kraft für den konvektiven Radoneintritt aus dem Erdreich dar. Im Erdreich liegt in Deutschland die durchschnittliche Radonkonzentration von etwa  $36000 \text{ Bq/m}^3$  im Mittel um den Faktor 1000 höher als im Innenraum mit ca.  $50 \text{ Bq/m}^3$  in Bestandsgebäuden (Quelle: BfS).

### Das Verfahren wurde wiederentdeckt

Als Lösung für dieses Problem wurde schon vor über 20 Jahren mit dem Differenzdruckverfahren (umgangssprachlich als Blower-Door-Methode bezeichnet)

experimentiert (Abb. 1). Es wurden recht gute Übereinstimmungen mit Radonkonzentrationen im Jahresmittel beobachtet. Diese Methode fand jedoch lange Zeit wenig Beachtung, da es keinen Bedarf gab. Mit den neuen gesetzlichen Regelungen könnte es notwendig werden, zu erwartende Radonkonzentration nicht erst nach einem Jahr bestimmen zu können.

Basierend auf bereits dokumentierten und publizierten Erfahrungen von Arbeitsgruppen, unter anderem aus Österreich (Maringer et.al., 1998 [11]), Tschechien (Froňka und Moučka, 2005) und Frankreich (Collignan et.al. 2014 [6]) haben die Autoren Radonkonzentrationen in Gebäuden über Kurzzeitmessungen im Unterdruckverfahren mittels einer Blower Door Messausrüstung erfasst [10].

Für das Projekt wurden Kellerräume und Wohnräume im Untergeschoss von sechs Bestandsgebäuden (älter als 10 Jahre) ausgewählt. Die Messungen erfolgten jeweils einmal im Sommer und ein zweites Mal im Winter, um mögliche Abhängigkeiten von Jahreszeiten erkennen zu können. In der Zwischenzeit wurden über etwa sechs Monate bei normaler Nutzung Langzeitmessungen mit Kernspurexposimetern gem. DIN ISO 11665-4 beziehungsweise -8 durchgeführt [8]. Nachfolgend wird die Vorgehensweise beschrieben.

### So funktioniert ein Rn50-Test

Vor den Untersuchungen werden die Räumlichkeiten intensiv belüftet bis die Radonkonzentration auf Außenluftniveau liegt. Anschließend wird schrittweise ein Unterdruck mit einem Ventilator in Anlehnung an DIN EN ISO 9972 oder der in Deutschland üblichen DIN EN 13829 (Blower-Door-Prinzip) erzeugt [7]. Bevorzugt erfolgt der Aufbau in einem Raumsegment, das eine große Fläche zur erdberührenden Gebäudehülle (Keller) aufweist. Zielwert ist hierbei eine Druckdifferenz von 50 Pascal. Vor dem Start des Ventilators wird im Innenbereich (Unterdruckseite) ein empfindliches Radonmessgerät mit zeitauflösender Messung im 5- bis 10-Minuten-Takt gestartet. Die Radonkonzentration wird kurz vor der Ansaugöffnung (Fortluft) der installierten Blower-Door Messeinrichtung gemessen (Abb. 2). Hierbei kommen Messgeräte mit HL-Detektor oder mit Ionisationskammer

»

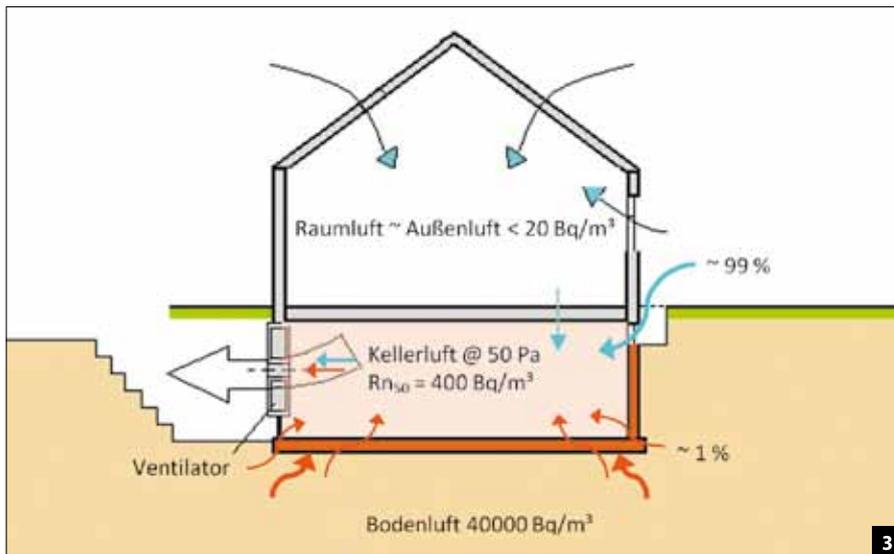


Abb. 3: Das Schema zeigt den Rn50-Test mit der Unterdrucksituation im Kellerbereich.



Abb. 4: Dargestellt ist der rasche Anstieg der Radonkonzentration bis zu einer stabilen Ausgleichskonzentration im Raum während der Unterdrucksituation.

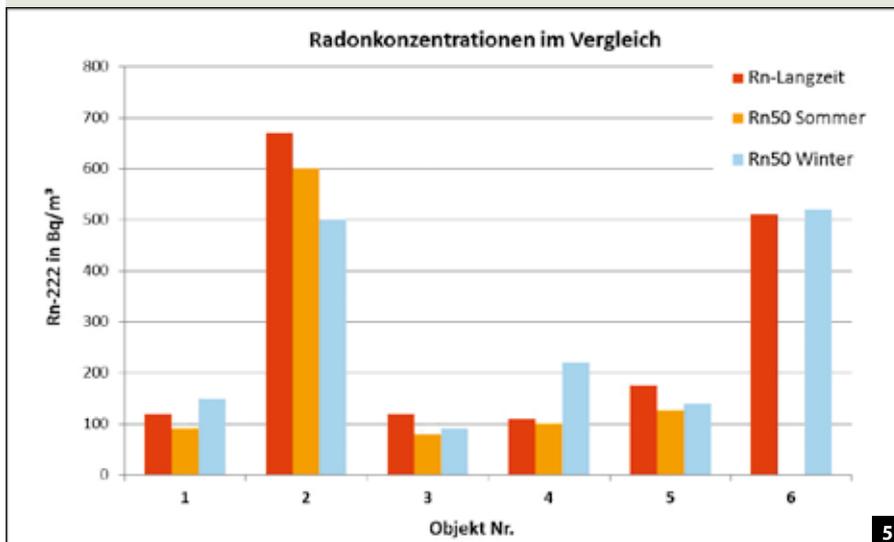


Abb. 5: Untersucht wurden Kellerbereiche von 3 Wohnhäusern (Objekte 1 bis 3) und 3 Schulen (Objekte 4 bis 6). Die Ergebnisse zeigen recht gute Übereinstimmungen zwischen den Ergebnissen der Langzeitmessungen zur Ermittlung des Jahresmittelwertes (Rn-Langzeit) und den Ergebnissen der Rn50-Werte im Unterdruckverfahren.

in Frage. Die Geräte sollten in der Lage sein, im Konzentrationsbereich von 100 Bq/m<sup>3</sup> über einen Zeitraum von zwei bis drei Stunden eine statistische Messgenauigkeit (einfache Standardabweichung von unter 20 Prozent bei 100 Bq/m<sup>3</sup>, bei 300 Bq/m<sup>3</sup> unter 10 Prozent) zu erreichen. Diese Messgenauigkeit wird bei einer gerätespezifischen Impulsausbeute von mindestens drei Impulsen pro Minute bei 1000 Bq/m<sup>3</sup> erreicht.

Während der Unterdrucksituation wird der vom System ermittelte Volumenstrom dokumentiert. Er muss während der Messungen möglichst konstant bleiben. Der erreichte Luftwechsel während der Messung bei einem Unterdruck von 50 Pascal wird über den gemessenen Volumenstrom im Verhältnis zum gemessenen Raumvolumen berechnet. Dabei muss darauf geachtet werden, dass die nachströmende Luft überwiegend aus der Außenluft und nicht aus anderen Teilen des Gebäudes stammt. Ist dies jedoch der Fall, müssen eventuell vorhandene Luftundichtigkeiten zu anderen Gebäudeteilen (zum Beispiel Türen, Kabeldurchführungen) temporär abgeklebt werden.

Der Anteil der angesaugten radonhaltigen Bodenluft liegt in der Regel im unteren Prozentbereich und charakterisiert die Quellstärke. Der während der Unterdrucksituation und Radonmessung wirksame Luftwechsel sollte im Bereich von 1/h bis 4/h (pro Stunde) liegen, da die Zeit, in der die Radon-Ausgleichskonzentration nahezu erreicht wird, abhängig vom Luftwechsel ist. Bei einem Luftwechsel von 4/h ist die Radonkonzentration bereits nach einer Stunde stabil, bei einem Luftwechsel von beispielsweise 1/h erst nach dreieinhalb Stunden. Noch geringere Luftwechsel führen zu deutlich längeren Messzeiten. Demgegenüber führen sehr hohe Luftwechselraten aufgrund der starken Verdünnung mit Frischluft zu niedrigen Radonwerten bei kürzeren Messzeiten (Abb. 3).

Die Messung ist abgeschlossen, wenn die Radon-Ausgleichskonzentration erreicht ist und der Wert stabil bleibt. Das ist durch ein Konzentrationsplateau während der Messzeit erkennbar (Abb. 4). Der gemessene Radonwert (Rn50-Wert) ist der Radonwert auf diesem Konzentrationsplateau.

Abb.: Dr. Thomas Haumann, 2. Radonfachtag des VDB 2017

Abb.: Dr. Thomas Haumann

Abb.: Dr. Thomas Haumann, 2. Radonfachtag des VDB 2017

Um die Nachweisempfindlichkeit der Rn50-Messmethode nicht zu unterschreiten, sollte bei Vollunterkellerung möglichst nur das Kellervolumen untersucht werden. Bei Häusern mit offenem Treppenaufgang muss unter Umständen eine Abschottung eingerichtet werden. In Häusern ohne Keller oder mit Teilunterkellerung sollte das untersuchte Volumen möglichst gering sein. Alle Flächen zur erdberührenden Gebäudehülle sollten bei der Untersuchung sicher erfasst werden.

Bei den stichprobenartigen an Untersuchungen an den sechs Objekten sind die Unterschiede zwischen den Sommer- und Wintermessungen gering (Abb. 5). Zu Objekt 6 liegt noch kein Ergebnis zur Sommermessung vor. Bei den Objekten 1, 3, 4 und 5 zeigen sich vergleichsweise niedrige Radon-Langzeitwerte im Bereich von 110 bis 175 Bq/m<sup>3</sup> bei relativ geringen Luftwechselzahlen von 0,6 bis 2,5 pro Stunde bei 50 Pascal Unterdruck (n<sub>50</sub>-Werte).

### Vorsicht bei luftdurchlässigen Böden

Bei einer sehr luftdurchlässigen Bodenschicht direkt unter der Bodenplatte kann die Unterdrucksituation von 50 Pascal eine Verdünnung durch angesaugte Außenluft bewirken, was eine Unterbewertung zur Folge hat. Dann sind weitere Messungen mit geringeren Unterdruckwerten (circa 20 bis 30 Pascal) durchzuführen.

Außerdem können Radon-Einträge aus dem Erdreich, die durch Diffusion in den Innenraum gelangen und die Radon-Exhalation von Baustoffen mit dieser Methode nicht erfasst werden. Sie tragen jedoch in der Regel nicht wesentlich zur Radonkonzentration in Innenräumen bei und wirken sich eher im Vergleich zu Jahresmittelwerten im Konzentrationsbereich unter 100 Bq/m<sup>3</sup> aus.

### Messen nach energetischen Sanierungen ist sinnvoll

Nach den Erkenntnissen aus der Literatur und eigenen Untersuchungen eignet sich

die Radonmessung im Unterdruckverfahren (Rn50-Test) unter definierten Worst-Case-Bedingungen gut zur Überprüfung der Radon-Dichtheit der erdberührenden Gebäudehülle in Bezug auf konvektive Eintrittspfade mit Kurzzeitmessungen. Die Untersuchungen liefern zeitnahe Beurteilungsmöglichkeiten von Neubauten und Bestandsgebäuden und können vor Ort an einem Tag durchgeführt werden. Im Neubau sind solche Untersuchungen dort denkbar, wo keine hohen Anforderungen an die Abdichtung zum Feuchteschutz bestehen und die Abdichtung damit auch nicht zwangsläufig eine ausreichende Dichtigkeit gegenüber Radon sicherstellt. Dort wo die derzeit gültigen Abdichtungsnormen zum Feuchteschutz eingehalten werden, sollten keine Probleme mit Radon auftreten. Zudem führen Ausführungsfehler nicht selten zu einem erhöhten Radoneintritt, was nicht zwangsläufig mit einem deutlichen sichtbaren Wassereintritt verbunden sein muss. »

Anzeige

216 x 149

Anzeige ###

1/2 quer



Abb.: Dr. Thomas Haumann

**Abb. 6:** Während der Unterdrucksituation werden Radon-Eintrittspfade aktiviert und können leichter mit dem Radon-Sniffing gefunden werden.

### Auf Spurensuche gehen mit leichtem Unterdruck

Der Einsatz des Unterdruckverfahrens erleichtert auch die Radon-Quellensuche (Radon-Sniffing). Hier kann schon ein Unterdruck von 10 - 20 Pascal ausreichend sein, um die wirksamen konvektiven Eintrittspfade mit empfindlichen Messgeräten über aktives Ansaugen aus Ritzen, Spalten, Hohlräumen zu lokalisieren (Abb. 6).

Die Stärke der Methode liegt insbesondere in der zeitnahen Bewertungsmöglichkeit. Grundsätzlich zeigt sich auch eine gute Verwendbarkeit der Methode zur Abschätzung des Jahresmittelwertes. Weitere Untersuchungen werden hierzu auch in einem Forschungsvorhaben des Bundesamts für Strahlenschutz (BfS) durchgeführt: Projekt FKZ 3614S12241 „Qualifizierung der Luftdichtheitsmessung an Gebäuden zur Ableitung eines Prüfwertes im Hinblick auf die Unterschreitung des Referenzwertes der mittleren Radonkonzentration in Innenräumen“.

Für ältere oder sehr alte Bestandsgebäude kann der Rn50-Test verwendet werden, um die Radoneintrittsrate zu bestimmen und ein bereits akutes Radonproblem zu erkennen oder bei einer geplanten energetischen Sanierung zu berücksichtigen. Nur in wenigen Fällen liegen Ergebnisse von Langzeitmessungen vor. Auch in Gebieten mit durchschnittlichen oder niedrigen Radonkonzentrationen im Erdreich können erhebliche Probleme insbesondere nach einer energetischen Sanierung auftreten. Bei Veränderun-

gen an der Gebäudehülle zur Außenluft wird durch den Einbau neuer Fenster und Türen sowie weiterer Abdichtungsmaßnahmen der Infiltrationsluftwechsel oft stark reduziert. Unter Berücksichtigung der messtechnisch erfassten Radoneintrittsrate im Unterdruckverfahren können der notwendige Luftwechsel und/oder notwendige weiterführende Maßnahmen zum Radonschutz geplant werden. Nach der Sanierung bietet der Rn50-Test hier ebenfalls die kurzfristige Plausibilitätsprüfung nach Abdichtungsmaßnahmen.

#### WEITERE INFORMATIONEN

Hintergründe zu Radonvorkommen in Deutschland erläutert der Artikel „Wenn der Untergrund strahlt“ von Joachim Kemski aus B+B BAUEN IM BESTAND, Ausgabe 6- 2014.

#### LITERATUR

- [1] Für die Messkampagne: „Radon in Schulen“ wurden rund 1.600 baden-württembergische Schulen ausgewählt. Im Rahmen des Förderprogramms BWPLUS (Baden-Württemberg Programm Lebensgrundlage Umwelt und ihre Sicherung) wurde das Projekt vom Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft gefördert und ist für teilnehmende Schulen kostenfrei (siehe I. Fesenbeck et.al., Tagungsband 10. Sächsischer Radontag 2016 in Dresden).
- [2] Berufsverband Deutscher Baubiologen VDB e.V.: VDB-Richtlinien Band 2 „Untersuchungen von Radon“, Neuauflage Entwurf 2017, www.baubiologie.net
- [3] Bundesverband öffentlich bestellter und vereidigter sowie qualifizierter Sachverständiger e.V.: BVS Standpunkt „Radon in Gebäuden“ Fachbereiche Innenraumhygiene und Bau 02-2017, Berlin, www.bvs-ev.de
- [4] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit + Bundesamt für Strahlenschutz: Radon-Handbuch Deutschland, 2011, www.bfs.de
- [5] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, BMUB: Gesetz zur Neuordnung des Rechts zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung „Strahlenschutzgesetz“, Bundesgesetzblatt Jahrgang 2017 Teil I Nr. 42, Bonn, www.bmub.de
- [6] 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, 2014
- [7] DIN EN ISO 9972:2015: Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden – Differenzdruckverfahren
- [8] DIN ISO 11665-Reihe: Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt – Luft: Radon-222 – Teile 1 bis 11, Beuth Verlag
- [9] 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
- [10] Haumann, Th.: Radonmessungen und Blower Door – Fallbeispiele aus Bestandsgebäuden, 2. Radon-fachtag des VDB am 4. Mai 2017 im Bauzentrum München
- [11] Maringer et.al.: Ein robustes und schnelles Verfahren zur Abschätzung der langfristig mittleren Radonkonzentration in einem Gebäude (erweiterte Blower-Door-Methode), RADIOAKTIVITÄT IN MENSCH UND UMWELT, S. 435–440: Lindau, 28. 09. - 02.10.1998
- [12] Weltgesundheitsorganisation: WHO Air Quality Guidelines, 2nd edition (www.euro.who.int), Chapter 8.3 Radon
- [13] Weltgesundheitsorganisation: WHO Handbook on Indoor Radon, Radonhandbuch der WHO, 2009

#### AUTOREN

- Dr. Thomas Haumann**  
Sachverständigenbüro für Umwelanalytik und Baubiologie  
Vorstand im Berufsverband Deutscher Baubiologen VDB e.V.  
Radon-Fachperson und Mitarbeiter im DIN-Ausschuss „Bauliche und Lüftungstechnische Maßnahmen zum Radonschutz“ (DIN-SPEC 18117) Essen
- Uwe Münzenberg**  
Münzenberg und Sachverständige  
Vorstand im Berufsverband Deutscher Baubiologen VDB e.V.  
Fürth

**B+B** Bauen im Bestand24.de

#### SERVICE – ARCHIV

Thema:  
**Schadstoffe**  
Schlagworte:  
**Schadstoffsanierung, Radon**

