

RADON IN ÖFFENTLICHEN GEBÄUDEN

-Zusammenfassung wesentlicher Ergebnisse aus dem Abschlußbericht-

Auftraggeber: Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

Ausgangssituation

Die für Wohngebäude gewonnenen Erfahrungen zum Eintritt und zur Ausbreitung von Radon sowie zu der sich daraus ableitenden Strahlenbelastung sind nicht ohne Weiteres auf öffentliche Gebäude übertragbar. Dies ist darin begründet, dass sich die Luftaustauschverhältnisse wegen der verschiedenartigen Nutzung unterscheiden.

Die Radonkonzentration in einem Raum ergibt sich im Wesentlichen aus der Nachlieferung des Radons aus den Radonquellen (z.B. Bodenluft im Gebäudeuntergrund oder Baumaterial) und dem Abtransport durch den Luftwechsel. Der Luftaustausch zwischen den Räumen innerhalb des Gebäudes sowie zwischen dem Gebäudeinnerem und der Außenluft bestimmen maßgeblich die Höhe der Radonkonzentration.

Bei geringem Luftwechsel kann sich beispielsweise die Radonkonzentration langsam aufbauen und hohe Werte erreichen. Durch einen kurzzeitigen, aber starken Luftwechsel (z.B. durch Öffnen von Fenster oder Türen) sinkt die Radonkonzentration sehr schnell ab.

Öffentliche Gebäude unterscheiden sich von Wohngebäuden bezüglich Nutzung und Luftwechsel insbesondere in folgenden Punkten:

- Öffentliche Gebäude werden nur zu bestimmten Zeiten genutzt. An den Wochenenden oder während der Ferien (bei Schulen) erfolgt oftmals keine oder nur eine eingeschränkte Nutzung.
- Die Größe der Räume und deren Lüftung unterscheiden sich von Wohnräumen. Die Räume sind im Gebäude anders verteilt und unter dem Aspekt des Luftaustausches auch anders untereinander gekoppelt.
- Bei einem intensiven Publikumsverkehr in den Nutzungszeiten ist der Luftaustausch in öffentlichen Gebäuden in der Regel intensiver als in Wohngebäuden.
- Heizungen beeinflussen die Druckdifferenzen und damit dem Luftaustausch innerhalb eines Gebäudes, zwischen dem Gebäudeuntergrund sowie der Freiluft und dem Gebäudeinneren. Die Heizperioden unterscheiden sich bei öffentlichen und Wohngebäuden.

Für die Bewertung der Radonsituation in einem Gebäude werden in der Regel Langzeitmessungen über mehrere Wochen bis Monate mit einem passiven integrierenden Messgerät (Dosimeter) durchgeführt. Damit wird ein integraler (mittlerer) Werte über den gesamten

Messzeitraum bestimmt. Dieser schließt die nutzungsfreien Zeiten mit ein. Weil aber gerade in den nutzungsfreien Zeiten wegen des geringen Luftwechsels die Radonkonzentrationen höher sein können als in den Nutzungszeiten, wird mit dieser Messmethode möglicherweise die Radonkonzentration überschätzt.

Weil bisher kaum Daten und Erfahrungen zur Radonsituation in öffentlichen Gebäuden und zur Zweckmäßigkeit der üblichen Messmethoden vorlagen, hat das Landesamt für Umwelt und Geologie ein Fremdleistungsthema zu diesen Fragen beauftragt.

Ablauf und Inhalte der Studie

Auftragnehmer war eine Bietergemeinschaft bestehend aus der IAF - Radioökologie Dresden GmbH, der B.P.S. Engineering GmbH, der Wismut GmbH und dem Bergtechnischen Ingenieurbüro GEOPRAX.

Das Vorhaben lief von 2005 bis 2008. Es wurden zwei Ortsämter, zwei Rathäuser und zwei Schulen untersucht. Diese befinden sich auf unterschiedlichem geologischem Untergrund und unterschieden sich bezüglich ihrer Bauart.

In Rahmen der Untersuchungen wurden die maßgeblichen Prozesse des Eindringens und Ausbreitens von Radon betrachtet und ein Vorschlag zu Radonmessungen in öffentlichen Gebäuden erarbeitet. Hierzu wurden vergleichende Bewertungen zu integrierenden und zeitaufgelösten Radon-Messungen unter Beachtung der Aufenthaltszeiten durchgeführt. Die Lüftungsbedingungen und deren Auswirkungen auf die Radonsituation unter Berücksichtigung der Nutzungen der Räume wurden betrachtet.

Im Einzelnen wurden folgenden Untersuchungen durchgeführt:

- Analyse der baulichen Eigenschaften der Gebäude,
- Erfassung der Nutzungsbedingungen,
- Messungen der Temperatur außen und innen, meteorologische Parameter, Differenzdrücke im Gebäude,
- Integrierende und zeitaufgelöste Radonmessungen unter Herbst/Winter- und Frühjahr/Sommer-Bedingungen. Der Messzeitraum für die integrierenden Messungen betrug 3 Monate. Bei den zeitaufgelösten Messungen wurde im 10-min- bzw. 1 Stunden-Takt über 1-2 Wochen gemessen.
- Untersuchungen zum Luftwechsel mit Hilfe des Tracergases SF₆.
- Für die gemessenen Tagesgänge der Radonkonzentration wurde ein Modell zur Berechnung erarbeitet.

Wesentliche Ergebnisse

- Die Daten bestätigten, dass die Radonkonzentration in öffentlichen Gebäuden in Nutzungszeiten maßgeblich durch den Luftaustausch geprägt ist.
- Die Radonkonzentration in Nutzungszeiten unterscheidet sich wesentlich von denen in nutzungsfreien Zeiten und ist i.d.R. wegen des höheren Luftwechsels geringer. Mit durchgängigen (24 h pro Tag) integrierenden Langzeitmessungen wird die Radonexposition in öffentlichen Gebäuden meistens erheblich überschätzt.

in

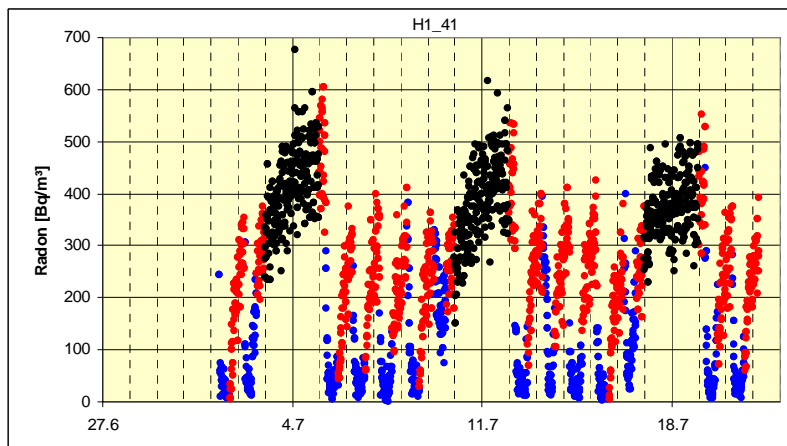


Abb. 1: Beispiel für einen Raum in einem Verwaltungsgebäude

Blau: Nutzungszeit

Rot: nutzungsfreie Zeit der Arbeitswoche

Schwarz: nutzungsfrei zeit am Wochenende

- Es wurde eine Methode entwickelt, wie die Unterschiede zwischen Nutzungszeiten und den nutzungsfreien Zeiten erfasst und dargestellt werden können. Dabei wird ein „mittlerer“ Tagesgang der Radonkonzentration für Nutzungszeiten und nutzungsfreie Zeiten verglichen. Wie dabei vorgegangen wird, ist nachfolgend an einem Beispiel erläutert:

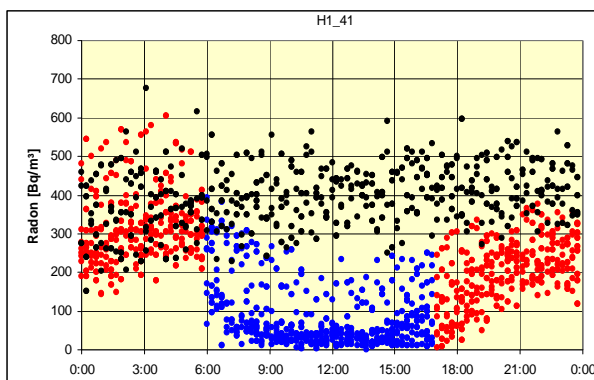


Abb. 2a)

Die Messwerte der einzelnen Mess-Tage werden dabei übereinander in einem Diagramm dargestellt, dessen x-Achse die Tageszeit enthält.

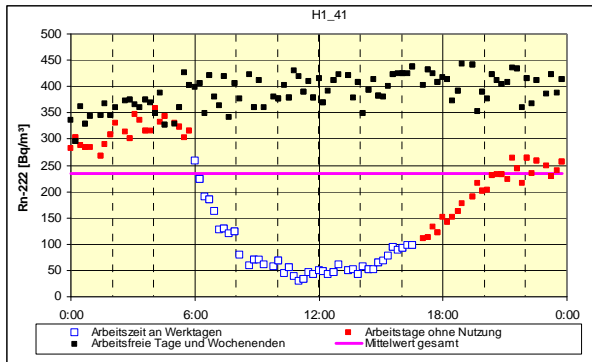


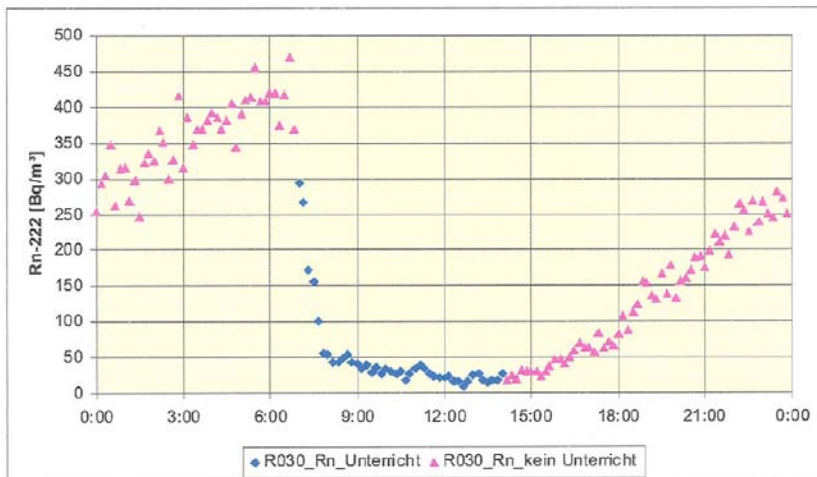
Abb. 2b)

Aus den Einzelwerten für eine bestimmte Uhrzeit wird getrennt für arbeitsfreie Tage sowie für nutzungs- und nutzungsfreie Zeiten der Mittelwert gebildet. Das Ergebnis gibt den jeweiligen mittleren Tagesgang an.

- Wenn die Radonkonzentration mit einer über die Gesamtzeit integrierenden Messmethode gemessen wird, wird in der Regel die tatsächliche Radonkonzentration während der Nutzung der Räume überschätzt. Im Beispiel in Abb. 2b wurde mit einer integrierenden Langzeitmessung der Wert von ca. 240 Bq/m³ gemessen (rosa Linie), während der Nutzung war jedoch in der überwiegenden Zeit eine Radonkonzentration im Bereich unter 100 Bq/m³ vorhanden.

Ein weiteres Beispiel für einen Raum in einem Schulgebäude zeigt Abb. 3. Mit einer integrierenden Langzeitmessung würde in diesem Fall ein Messwert im Bereich von 200 – 250 Bq/m³ bestimmt werden. Während der Unterrichtszeit liegt der tatsächliche Wert der Radonkonzentration jedoch unter 50 Bq/m³.

Abb. 3: mittlerer Tagesgang der Radonkonzentration für eine Raum in einem Schulgebäude



- Es wurde eine Messmethode zur separaten Bestimmung der Radonkonzentration in Nutzungs- und in nutzungsfreien Zeiten entwickelt. Es wurde Prototypen für ein entsprechendes passives, integrierendes Messgerät gebaut und eingesetzt. Bei diesen Messgeräten wird der Radonzutritt in die Messkammer in nutzungsfreien Zeiten unterbrochen, so dass nur die Radonkonzentration in den Nutzungszeiten zum Messwert beiträgt.

- Es wurde eingeschätzt, dass es möglich wäre für bestimmte Nutzungsarten einen Algorithmus zur Umrechnung der Messwerte aus integrierenden Langzeitmessungen auf die Radonsituation in Nutzungszeiten zu entwickeln. Der Wert des Umrechnungsfaktors hängt von der jeweiligen Kopplung des Raums an das Radon-Reservoir und vom Luftwechsel ab. Die bisherigen Erfahrungen zeigen, dass die Faktoren bei regelmäßiger Raumnutzung im Bereich von 0,25 bis 0,75 liegen können. Für die Erarbeitung eines solchen Algorithmus ist die Datengrundlage noch zu erweitern.
- Die Daten zeigten, dass generalisierten Annahmen zu Wohngebäuden, wie die Abnahme der Radonkonzentration mit der Etagezahl, für öffentliche Gebäude wegen der Komplexität der Lüftungs- und Nutzungsbedingungen oftmals nicht zutreffen.
- Aus zeitaufgelösten Messungen können wichtige Informationen zum Verständnis der Prozesse, die die Radonkonzentration in jeweiligen Raum bestimmen, gewonnen werden. Wichtige Informationen sind,
 - ob sich ein Fließgleichgewicht, bei dem die Nachlieferung des Radons im Gleichgewicht zum Abtransport steht und sich deshalb eine konstante Radonkonzentration besteht, eingestellt hat oder nicht,
 - wie hoch die Radonkonzentration im Fließgleichgewicht ist,
 - wie der Verlauf der Anstiegs- und Abfallkurven der Radonkonzentration ist.

Aus diesen Informationen können Aussagen über die Radonquelle und den Luftwechsel abgeleitet werden.

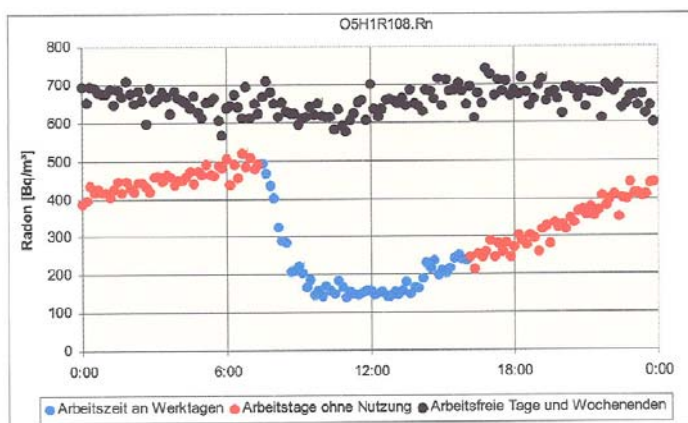


Abb. 4: mittlerer Tagesgang der Radonkonzentration für eine Raum in einem Ort-samt

Ein Fließgewicht hat sich nur für die arbeitsfreien Tage eingestellt (bei ca. 650 Bq/m³). In den nutzungs-freien Zeiten an den Arbeitstagen konnte

sich über die Nacht noch kein Fließgleichgewicht einstellen.

- Ein Vergleich von Kurz- und Langzeitmessungen mit integrierenden Radon-Messgeräten zeigte eine relativ gute Übereinstimmung. Es wird eingeschätzt, dass Fachkundige bei Berücksichtigung der jeweiligen Gebäudegegebenheiten und Nutzun-

gen auf Basis der Kurzzeitmessungen eine erste grobe Einschätzung zur Radonsituation geben können.

- Mit Tracergasen kann der Luftaustausch effizient näher untersucht werden. Dabei wird zu einem bestimmten Zeitpunkt an einem bestimmten Raum das Tracergas freigesetzt und die Entwicklung der Konzentration im Umfeld des Raumes beobachtet. Aus dem Anstieg oder dem Abfall der Konzentration kann auf die Kopplung der Räume bzw. der Luftwechsel geschlossen werden.

Die Abb. 5a und 5b zeigen ein Beispiel für eine Tracergas-Untersuchung mit FS_6 in einer Schule. Dabei wurde im Flur das Tracergas aufgegeben und die Entwicklung der Gaskonzentration in den angrenzenden Räumen während und außerhalb der Nutzung gemessen. Es wurde festgestellt, dass die Räume stark an den Flur angekoppelt waren. Das Tracergas war nur mit wenig Verzögerung in den Räumen zu messen. Es wurde der Luftwechsels während und außerhalb der Nutzung bestimmt. In ungenutzten Zeiten lag er für alle Räume im Bereich von $0,2 - 0,36 \text{ h}^{-1}$. In den Nutzungszeiten unterschied er sich wegen der verschiedenen Lüftungsverhältnisse für die einzelnen Räume. Für den Raum R030 (hellblaue Punkte in Abb. 5b) lag er beispielsweise bei $1,66 \text{ h}^{-1}$, was typisch für ein geöffnetes Fenster ist.

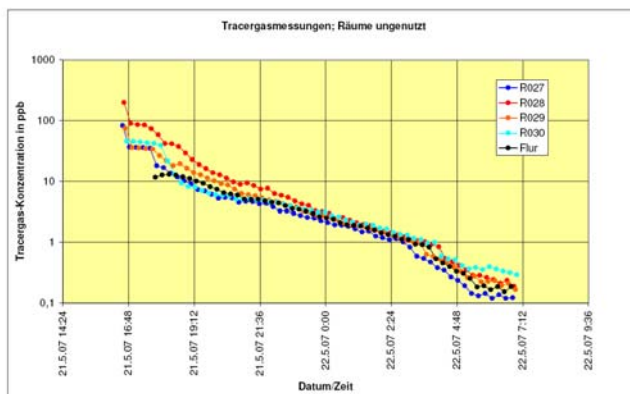


Abb. 5a: Tracergas-Messungen in ausgewählten Räumen eines Schulgebäudes in nutzungsfreien Zeiten

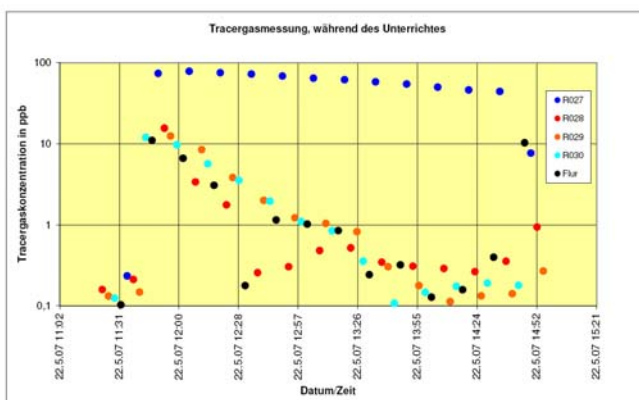


Abb. 5b: Tracergas-Messungen in ausgewählten Räumen eines Schulgebäudes in Nutzungszeiten

- Für ausgewählte Räume wurde der Tagesgang modelliert und mit den Messergebnissen verglichen. Abb. 6a und 6b zeigen Beispiele für zwei Räume in einem Rathaus. Bei Einstellung des Fließgleichgewichtes kann mit Hilfe der Modelle der Radonquellterm abgeschätzt werden. Mit dem Modell kann weiterhin eingeschätzt werden, welcher Luftwechsel erforderlich ist, um eine bestimmte Radonkonzentration zu erreichen. Damit kann die Wirkung von einfachen Maßnahmen zur Erhöhung des Luftwechsels bewertet werden.

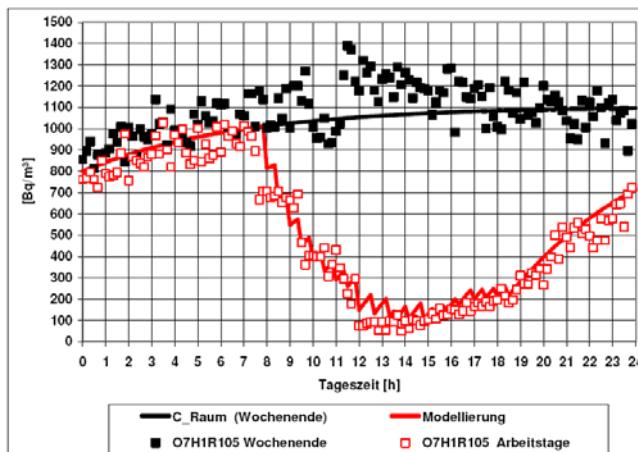


Abb. 6a: mittlerer Tagesgang und Modellierung für einen Raum in einem Rathaus

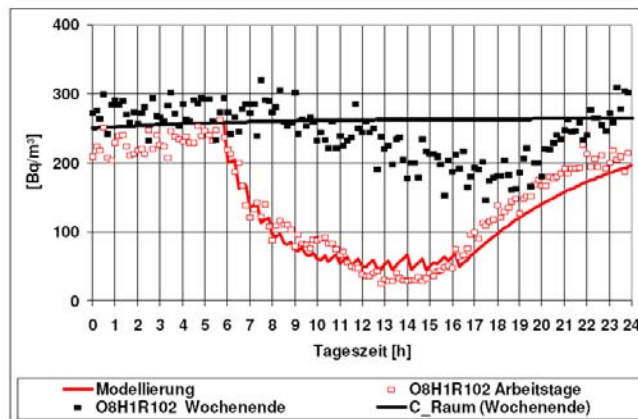


Abb. 6b: mittlerer Tagesgang und Modellierung für einen Raum in einem Rathaus

Schlussfolgerungen für eine Bewertung der Radonsituation in öffentlichen Gebäuden

- Die Radonkonzentration in öffentlichen Gebäuden in Nutzungszeiten ist maßgeblich durch den Luftaustausch geprägt. Die Radonsituation ist deshalb im Komplex mit Maßnahmen zur Innenraumhygiene und Energieeinsparung zu sehen.
- Für eine Bewertung der Radonsituation ist eine Analyse des Gebäudeaufbaus und der Nutzungsbedingungen der einzelnen Räume in verschiedenen Etagen / Gebäudeteilen erforderlich.

- Weil die Radonkonzentrationen in Nutzungszeiten erheblich von denen in nutzungs-freien Zeiten abweichen können, wird eine separate Erfassung und Bewertung der Ra-donkonzentration für die Nutzungs- und nutzungs-freie Zeiten empfohlen.
- Für Entscheidungen zur Sanierungsdurchführung werden neben integrierenden Mes-sungen auch zeitaufgelöste Messungen zur Klärung der maßgeblichen Eindring- und Ausbreitungsprozesse des Radons in Gebäude empfohlen.
- Um die Ausbreitungsverhältnisse erfassen und verstehen zu können, kann mit Tracer-gasen der Luftaustausch näher untersucht werden. Auf dieser Grundlage können Maßnahmen zur Reduzierung der Radonkonzentration effizienter geplant werden.