STAATSMINISTERIUM
FÜR ENERGIE, KLIMASCHUTZ,
UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT

Freistaat
SACHSEN

HOCHSCHULE FÜR
TECHNIK UND WIRTSCHAFT
DRESDEN
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

15. Sächsische Radontage

Tagungsband

07./08. April 2022

© Sebb, HTW Dresden

STAATSMINISTERIUM
FÜR ENERGIE, KLIMASCHUTZ,
UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT

Freistaat
SACHSEN

HOCHSCHULE FÜR
TECHNIK UND WIRTSCHAFT
DRESDEN
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

15. Sächsische Radontage

Tagungsband zur Veranstaltung

am 07./ 08. April 2022 in Dresden

Die Veranstaltung wurde in Zusammenarbeit mit folgenden Institutionen durchgeführt:

KORA e.V.

Kompetenzzentrum für Forschung
und Entwicklung zum Radon-
sicheren Bauen und Sanieren

eurofins

Inhaltsverzeichnis

Grußwort zu den 15. Sächsischen Radontage 3

Grußwort der Rektorin Prof. Dr. rer. Nat. Katrin Salchert 6

Grußwort der Staatssekretärin Giesela Reetz 8

Aufgaben des Bundesamts für Strahlenschutz (BfS) zum Schutz des Menschen vor Radon 10
Udo Gerstmann, Sebastian Feige, Bernd Hoffmann

Epidemiologie radonbedingter Erkrankungen − ein Update 20
Peter Scholz-Kreisel

Erfahrungen zu Messungen an Arbeitsplätzen in Sachsen 28
Thomas Heinrich, Mandy Alisch-Mark

Tracerversuche zur Untersuchung der Verteilung von Radon in Gebäuden 39
Kateřina Navrátilová Rovenská

Umsetzung von Radonschutzmaßnahmen in Österreich 53
Wolfgang Ringer

Die neue DIN TS 18117-1: Entstehung, Zielsetzung und Inhalte 63
Roland Strubbe

Praxissicht des Abdichtungsexperten auf die neue DIN TS 18117-1 73
Gerhard Klingelhöfer

Besonderheiten bei der Planung und Umsetzung von Radonschutzmaßnahmen an Baudenkmalen 94
Stefanie Kunze, Jakob Klever, Thomas Naumann

Radonschutzmaßnahmen an einem komplexen Schulgebäude 105
Bernd Leißring, Gerd Meyer, Guido Leißring

Autorenverzeichnis 125

Grußwort zu den 15. Sächsischen Radontagen

Sehr geehrte Damen und Herren,

liebe Gäste der 15. Sächsischen Radontage,

im Jahr 2022 kehren die 15. Sächsischen Radontage mit einer Tagung im Frühling zurück. Nachdem wir im Oktober 2020 erstmals auf ein Online-Format zurückgreifen mussten, hatten wir in diesem Jahr gehofft, die Vorzüge einer Präsenz- mit der Reichweite einer Online-Veranstaltung verbinden zu können. In Abwägung der möglichen Entwicklungsszenarien sind wir im Verlauf der Planungs- und Vorbereitungsphase jedoch zu dem Entschluss gekommen, die diesjährige Tagung erneut virtuell umzusetzen.

Seit den 14. Sächsischen Radontagen haben im Bereich des Radonsicheren Bauens einige Entwicklungen stattgefunden, die im weiteren Sinne allesamt auf die fachgerechte Umsetzung der Vorgaben aus dem Strahlenschutzgesetz (StrlSchG) abzielen. Die Bundesländer haben zum Jahresende 2020 die so bezeichneten Radonvorsorgegebiete ausgewiesen. Im September 2021 wurde mit der DIN TS 18117-1 der erste deutsche Normenteil zum radonsicheren Bauen veröffentlicht. Ergänzend dazu arbeitet der Normenausschuss „Radongeschütztes Bauen“ bereits am maßnahmenbezogenen Teil 2 der oben genannten Norm und auch die WTA-Arbeitsgruppe „Radon im Gebäudebestand“ strebt die Publikation ihrer Beiträge zur Entwicklung der Allgemein anerkannten Regeln der Technik in diesem Themenfeld an. Damit tritt das Fachgebiet des Radon-

sicheren Bauens in einen Zeitabschnitt ein, den man vielleicht als „Werkstatt-Phase“ bezeichnen könnte. Zu den markanten Randbedingungen zählen hier die Chance zur systematischen Validierung der Radonexposition an Arbeitsplätzen in einer großen Anzahl an Bestandsgebäuden, welche sich durch die bis Mitte 2022 laufenden Messungen an Arbeitsplätzen in Radonvorsorgegebieten ergibt, die bereits beschriebenen Arbeitsprozesse an spezifischen Regelwerken der Bau- und Haustechnik sowie die systematische Aufbereitung, Publikation und fachliche Diskussion der baulichen Erfahrungen, welche im Verlauf der vielfältigen Neubau- und Sanierungsprojekte an radonexponierten Standorten gewonnen werden.

Im Zuge der beschriebenen Entwicklungen kommt der strukturierten Wissensgenerierung sowie dem kontinuierlichen Austausch fachlicher Erkenntnisse und Erfahrungen eine besondere Bedeutung zu. Infolge dessen prägen in diesem Jahr die Themenfelder (1) Radonexposition und deren Konsequenzen, (2) Aktuelle Erfahrungen zum Radonschutz in Nachbarländern, (3) Bautechnische Entwicklungen zur Umsetzung des Radonschutzes und (4) Werkberichte zur baulichen Umsetzung unser Tagungsprogramm.

Um die Konzeption und Umsetzung der diesjährigen Tagungsinhalte hat sich wiederum eine Arbeitsgruppe mit Vertretern des Sächsischen Staatsministeriums für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft (SMEKUL), der Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (HTW), der Staatlichen Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft (BfUL) sowie von Mitgliedern des Kompetenzzentrums für Forschung und Entwicklung zum radonsicheren Bauen und Sanieren (KORA e.V.) verdient gemacht. Im Namen des gesamten Organisationsteams der HTW Dresden ist es mir eine große Freude, Sie als Teilnehmer, als Referenten oder als Fachaussteller der 15. Sächsischen Radontage bei unserer Online-Tagung begrüßen zu dürfen.

Wir freuen uns auch in diesem Jahr über ein breites Interesse potenzieller Teilnehmer, wodurch wir etwa 215 Teilnehmerinnen und Teilnehmer aus 13 Bundesländern sowie 4 weiteren EU-Staaten auf unserer Tagung begrüßen können. Besonders erfreulich ist für uns auch die Teilnahme von Fachausstellern aus den Bereichen der Messtechnik und der Bautechnik.

Das gewählte Format unserer Fachtagung erforderte ein hohes Maß an inhaltlicher und organisatorischer Vorbereitung. Dieser arbeitsintensive Prozess wäre ohne die strukturierte Arbeitsweise und das Engagement meiner Mitarbeiter Dipl.-Ing. Jakob Klever, Dipl.-Ing. Stefanie Kunze, Dipl.-Ing. Ralf Groh und Dr.-Ing. Sebastian Golz nicht möglich gewesen. Dafür gebührt ihnen allen unser Dank.

Wenn eine Fachtagung unter den volatilen Randbedingungen einer Pandemie geplant und vorbereitet wird, sind zuverlässige und tatkräftige Partner unabdingbar. Deshalb gilt unser besonderer Dank an dieser Stelle Herrn Jens Brockmann, Referatsleiter beim Sächsischen Staatsministerium für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft (SMEKUL) und Frau Dr. Stephanie Hurst, nunmehr Referatsleiterin beim Thüringer Ministerium für Umwelt, Energie und Naturschutz (TMUEN), für die vielfältige Unterstützung und die jederzeit angenehme Zusammenarbeit.

Eine erkenntnisreiche Fachveranstaltung mit interessanten Diskussionen wünscht Ihnen

Prof. Dr.-Ing. Thomas Naumann

Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden,
Fakultät Bauingenieurwesen,
Lehrgebiet Baukonstruktion und Bauwerkserhaltung

Grußwort der Rektorin Prof. Dr. rer. nat. Katrin Salchert

Sehr geehrte Damen und Herren, liebe Gäste,

im Namen der Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden heiße ich Sie zu den 15. Sächsischen Radontagen herzlich willkommen.

Die Sächsischen Radontage an der HTW Dresden sind ein fester Bestandteil unseres Veranstaltungskalenders und erfreuten sich in den letzten Jahren jeweils mehrerer Hundert Teilnehmerinnen und Teilnehmer aus ganz Deutschland sowie aus diversen Nachbarländern, wenngleich die Tagung nun zum zweiten Mal pandemiebedingt online stattfinden muss.

Die Brisanz des Themas ist gerade in unserer Region äußerst hoch, da das Gesundheitsrisiko durch das aus dem Boden diffundierende radioaktive Gas Radon aus Sicht des Bundesamts für Strahlenschutz (BfS) bei der Bevölkerung nach wie vor nicht ausreichend bekannt ist. Eine Maßnahme dem entgegenzuwirken, ist die Ausweisung sogenannter „Radonvorsorgegebiete“ seit Ende 2020 durch die Bundesländer. Sachsen hat dabei bezogen auf die Fläche den höchsten Anteil an Radonvorsorgegebieten aller Bundesländer und steht vor entsprechenden Herausforderungen in Bezug auf die zu erwartenden Sanierungsmaßnahmen, insbesondere an Bestandsgebäuden. Aus diesem Grund sind der Erfahrungsaustausch, die Evaluation von Maßnahmen und die Diskussion neuer Herangehensweisen im Radonschutz sowie die Zusammenarbeit aller beteiligten Akteure aus Unternehmen, Kommunen, Ministerien, Behörden und der Wissenschaft besonders wichtig.

An der HTW Dresden ist baulicher Radonschutz seit vielen Jahren als festes Thema in Lehre und Forschung verankert. So wird im Studiengang Bauingenieurwesen in der Vertiefungsrichtung „Konstruktiver Ingenieurbau“ eine eigenständige Lehrveranstaltung angeboten. Das Lehrgebiet Baukonstruktion/Bauwerkserhaltung der HTW Dresden forscht zur Umwelteinwirkung von Radon auf Gebäude und hat erst im vergangenen Jahr eine Broschüre über Radonschutz an denkmalgeschützten Gebäuden veröffentlicht („Minderung der Radonaktivitätskonzentration in denkmalgeschützten Gebäuden“).

Den Wissenschaftlern unserer Hochschule ist die Verzahnung des Wissenstransfers zwischen Forschung und Praxis ein besonderes Anliegen. Aus diesem Grund tritt die HTW Dresden gemeinsam mit dem Sächsischen Staatsministerium für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft (SMEKUL) seit 2007 als Veranstalterin der jährlich stattfindenden Sächsischen Radontage zur Förderung eines breiten Erfahrungsaustauschs auf.

Ich möchte allen an der Vorbereitung dieser Tagung Beteiligten sowie allen Referentinnen und Referenten, die durch ihren Input und ihre Fachkenntnis die Veranstaltung bereichern, danken. Ich darf allen interessante und anregende Diskussionen sowie die Mitnahme neuer Erkenntnisse für die eigene Arbeit wünschen.

Prof. Dr. rer. nat. Katrin Salchert
Rektor der Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden

Grußwort der Staatssekretärin Gisela Reetz

Sehr geehrte Damen und Herren,

herzlich willkommen zu den 15. Sächsischen Radontagen.

Die Sächsischen Radontage haben nun schon eine gute langjährige Tradition. Trotzdem unterliegen sie auch Veränderungen. Dies ist das zweite Mal, dass sie (auch) digital durchgeführt werden. Dieses Format, das ursprünglich aus der Not geboren wurde, erlaubt vielen eine Teilnahme, die ansonsten aufgrund des Reiseaufwandes nicht möglich gewesen wäre.

Uns ist es sehr wichtig die Themenstellung Radonschutz möglichst vielen zugänglich zu machen. Sie darf in der Konkurrenz mit anderen aktuellen Themen zum Schutz der Gesundheit nicht vergessen werden. Seit Beginn der Messpflicht an Arbeitsplätzen ist nun schon mehr als ein Jahr vergangen. So erreichen uns bereits die ersten Nachfragen von Verantwortlichen, an deren Arbeitsplätzen der Referenzwert von 300 Bq/m³ überschritten wird.

Wir haben uns diesbezüglich gut aufgestellt: Ein aktives Team der Radonberatungsstelle sorgt für qualifizierte Auskünfte. Zwei Broschüren unterstützen die Betroffenen bei der praktischen Umsetzung von Radonschutzmaßnahmen in Gebäuden. Die Broschüre „Radonschutzmaßnahmen – Planungshilfe für Neu- und Bestandsbauten“ und der Leitfaden „Bautechnische Maßnahmen zur Minderung der Radonaktivitätskonzentration in denkmalgeschützten Gebäuden“, der von der Hochschule für

Technik und Wirtschaft (HTW) Dresden erarbeitet wurde. Beide Broschüren können kostenlos von unserer Website www.radon.sachsen.de heruntergeladen werden.

Wir hoffen, dass mit Hilfe dieser Anleitungen sowie durch qualifizierte Radonfachpersonen und Handwerker in den überwiegenden Fällen eine Reduzierung der Radonbelastung deutlich unter den Referenzwert erreicht werden kann.

Unser Ziel besteht darin, möglichst viele Arbeitskräfte gut vor Radon zu schützen und für möglichst viele eine strahlenschutzrechtliche Überwachung am Arbeitsplatz zu vermeiden. Die Themen und Vortragenden des Tagungsprogramms wurden vor diesem Hintergrund ausgewählt.

Ungeachtet dessen sollen sich auch alle angesprochen fühlen, die nicht zu Radonmessungen verpflichtet sind. Zum einen gibt es auch außerhalb der Radonvorsorgegebiete Arbeitsplätze mit erhöhten Radonkonzentrationen. Zum anderen hält man sich zu Hause in der Wohnung länger auf als am Arbeitsplatz. Hier sollte man sich und seine Familie besonders gut schützen.

Ich bedanke mich für Ihr Interesse an den Sächsischen Radontagen. Nur mit Ihnen gemeinsam können wir einen guten Radonschutz verwirklichen.

Gisela Reetz
Staatssekretärin für Umwelt und Landwirtschaft

Aufgaben des Bundesamts für Strahlenschutz (BfS) zum Schutz des Menschen vor Radon

Udo Gerstmann[1)], Sebastian Feige[1)], Bernd Hoffmann[1)]

[1)] Bundesamt für Strahlenschutz, Abteilung Umweltradioaktivität, Berlin

Zusammenfassung

Der Schutz des Menschen vor den von Radon ausgehenden Gesundheitsgefahren ist eine zentrale Aufgabe des BfS. Die damit verbundenen Aufgaben reichen von der Prognose und messtechnischen Bestimmung der Exposition durch Radon über die Abschätzungen der gesundheitlichen Folgen bis zur Risikokommunikation und Politikberatung. Das BfS unterhält ein nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiertes Radon-Kalibrierlabor, bietet Vergleichsmessungen an und ist zuständig für die amtliche Anerkennung von Radonmessstellen.

Duties of the Federal Office for Radiation Protection in regard of the protection of men against radon

Summary

The protection of men against health hazards caused by radon are a main mission of the Federal Office for Radiation Protection. Duties range from forecast and determination of exposures, risk assessment, risk communication, and political consulting. The BfS operates a radon calibration laboratory accredited by DIN EN ISO/IEC 17025, offers intercomparison and is in charge of official approval of radon measurement laboratories.

1 Einführung

Dem Schutz des Menschen vor Radon-222, im Folgenden Radon genannt, wird vom Gesetzgeber inzwischen eine hohe Bedeutung beigemessen, da Radon auch in Konzentrationen, wie sie in Aufenthaltsräumen und an Arbeitsplätzen häufig vorkommen, nachweislich Lungenkrebs verursachen kann; Alleine in Deutschland werden grob 1.900 Lungenkrebstote pro Jahr der Inhalation von Radon zugeschrieben [1]. Daher besteht durch die Implementierung von Schutzmaßnahmen vor Radon in Innenräumen theoretisch das Potential, jedes Jahr zumindest einige Hundert Lungenkrebstote zu vermeiden.

Entsprechend genießt der Schutz vor Radon beim BfS einen hohen Stellenwert. Tabelle 1 zeigt, welche Fachgebiete oder Referate Aufgaben in diesem Bereich wahrnehmen. In diesem Beitrag werden die Aufgaben der Fachgebiete UR 1 und UR 2 näher beschrieben.

Das Fachgebiet WR 3 stellt aktuelle Informationen zur Epidemiologie Radon-bedingter Erkrankungen in einem eigenen Beitrag vor. Die Aufgaben des Fachgebiets MB 4 bestehen im Wesentlichen in der zentralen Erfassung und Dokumentation erhöhter Radon-Dosen. Im Jahr 2020 wurden dem von MB 4 betriebenen Strahlenschutzregister (SSR) 1.685 Dosen aus dem Bereich NORM/Radon gemeldet. In einem Fall kam es zu einer Überschreitung des Jahresgrenzwertes der effektiven Dosis von 20 mSv. Für weitere Details sei auf den unlängst erschienen umfangreichen und komplett überarbeiteten Jahresbericht 2020 des SSR hingewiesen [2].

Tab. 1: Mit Radon befasste Organisationseinheiten im BfS.

Kürzel	Name
UR 1	Radonmetrologie
UR 2	Radon und NORM
WR 3	Strahlenepidemiologie und -risikobewertung
MB 4	Beruflicher Strahlenschutz – Strahlenschutzregister
DO 4	Risikokommunikation und Wissensmanagement
PB 2	Presse- und Öffentlichkeitsarbeit

2 Radon-Metrologie

Qualitätsgesicherte Radon-Messungen bilden die Grundlage, um erfolgreich gegen erhöhte Radon-Konzentrationen in Wohnungen und an Arbeitsplätzen vorzugehen. Wo von vielen Stellen Messungen durchgeführt werden, braucht es bundeseinheitliche Qualitätsstandards: Das DAkkS-akkreditierte Radonkalibrierlabor des BfS, welches vom Fachgebiet UR 1 betrieben wird, stellt in Deutschland das metrologische Referenzlabor für die Umsetzung der Anforderungen zum Schutz vor Radon in Aufenthaltsräumen und an Arbeitsplätzen nach Strahlenschutzgesetz und Strahlenschutzverordnung dar. Das BfS betreibt eine Primärnormaleinrichtung für die Aktivitätskonzentration [Bq/m³] von Radon, die auf primäre nationale Normale der PTB für Volumen [m³] und Aktivität [Bq] rückführbar ist und damit höchsten metrologischen Ansprüchen genügt. Die Weitergabe der Messgröße Radon-Aktivitätskonzentration in Luft erfolgt über Kalibrieraufträge von öffentlichen Institutionen und privat-wirtschaftlichen Unternehmen aus dem In- und Ausland. Auch nationale Metrologie-Institute im Ausland wie auch weitere akkreditierte Kalibrierlabore sichern ihre Rückführung auf Primärstandards über das BfS. Verpflichtend nehmen anerkannte Stellen und behördlich bestimmte Messstellen an Maßnahmen zur Qualitätssicherung des BfS, den regelmäßig stattfindende Vergleichs- und Eignungsprüfung für passive Radonmessgeräte teil (s. z. B. [3]).

Abb. 1: Eindrücke aus dem Radon-Kalibrierlabor: links: Kalibrierkammer für "Potenzielle Alpha-Energie-Konzentration der kurzlebigen Radon-222-Folgeprodukte" (PAEC). Rechts: Radon-Kalibrierbehälter.

Mit dem Anerkennungsverfahrens nach § 155 StrlSchV, für das das Fachgebiet UR1 ein Verwaltungsverfahren durchführt, wird gesichert, dass Verantwortliche von Arbeitsplätzen qualitätsgesichert ihrer Messverpflichtung nachkommen können. Über 40 Stellen hat das BfS bereits anerkannt und über eine Liste bekanntgegeben, die auf der Internetseite des BfS eingesehen werden kann. Bundesweit stehen damit Messdienstleiter und Geräte für Messungen zu Verfügung.

Anträge auf Anerkennung oder Aufträge für Maßnahmen der Qualitätssicherung können als Leistungen des Fachgebietes UR 1 schon bald elektronisch gestellt werden: Für die Umsetzung der Anforderungen des Online-Zugangsgesetzes OZG haben wir Schnittstellen zum Bürger im Bundesportal geschaffen, die auch unseren Vorstellungen eines modernen Verwaltungshandelns entsprechen.

Neben den Programmen zur Qualitätssicherung werden wissenschaftliche Untersuchungen sowohl zu den messtechnischen Grundlagen als auch zur Bewertung und Entwicklung von Messmethoden durchgeführt. Im Rahmen des RadoNorm-Vorhabens widmet sich das BfS besonders den Prüfungen von preiswerten Messgeräten, die auch von interessierten Laien eingesetzt werden. Es werden Hinweise zur Eignung von Geräten und deren Einsatzmöglichkeiten erwartet.

Mit dem BfS-Leitfaden“ Radon an Arbeitsplätzen in Innenräumen - Leitfaden zu den §§ 126 - 132 des Strahlenschutzgesetzes“ wird das gemeinsame Verständnis der für einen Arbeitsplatz Verantwortlichen und der zuständigen Behörden hinsichtlich der Regelungen zum Schutz vor Radon an Arbeitsplätzen gefördert sowie ein bundeseinheitliches Verwaltungshandeln unterstützen [4]. Die detaillierte Beschreibung sowohl der Aufgaben und Zuständigkeiten als auch der erforderlichen Handlungen und Konsequenzen soll dazu beitragen, dass die gesetzlichen Vorgaben einfacher umgesetzt und geeignete Maßnahmen zur Überwachung und Verringerung von Expositionen durch Radon eingeleitet werden können, um die Expositionen der Arbeitskräfte so gering wie möglich zu halten.

Für eine sachgerechte Bewertung sind fundierte Informationen erforderlich. Auch Messergebnisse zur Radonkonzentration an Arbeitsplätzen sind zusammen mit relevanten Rahmeninformationen geeignet, das Wis-

sen über die Radonsituation zu vertiefen. Deshalb werden diese Informationen dem BfS für wissenschaftliche Untersuchungen und Auswertungen nutzbar gemacht. Das BfS hat für anerkannte Stellen eine digitale Schnittstelle für die Datenübermittlung geschaffen, die den Aufwand bei der Übermittlung möglichst gering hält und einen effizienten und fehlertoleranten Datentransfer sicherstellt. Die Informationen können dazu beitragen, die Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen zu bewerten sowie verbesserte Erkenntnisse für den Umgang mit dem Risiko der Exposition durch Radon in Gebäuden zu gewinnen.

3 Prognose der regionalen Verteilung

Die Prognose der regionalen Verteilung der Radonkonzentration in den unterschiedlichen Medien (Bodenluft, Freiluft, Innenräumen) ist derzeit eines der spannendsten Themen. Das Strahlenschutzgesetz verpflichtet Bund und Länder zur Information der Bevölkerung über das Risiko hoher Radonkonzentrationen und die daraus sich ergebenen Gesundheitsrisiken. Daneben besteht auch der Auftrag, notwendige Daten zu erheben. Dies hat dazu geführt, dass Bund und Länder auf allen Ebenen, d.h. von deutschlandweit bis regional, Messungen durchführen und die Datenbasis für Auswertungen und Prognosen zu aktualisieren. Darüber hinaus gab es in den letzten Jahren auch eine deutliche Weiterentwicklung in der Art und Weise, wie räumliche Verteilungen von Umweltdaten modelliert werden können. Während die bekannte Bodenluftprognosekarte des BfS aus dem Jahre 2005 im Wesentlichen auf einer einfachen abstandsgewichteten Interpolation beruhte, wurden zwischenzeitlich Karten mit Hilfe geostatistischen Methoden entwickelt. Aber auch diese wurden mittlerweile durch Routinen des Maschine Learnings abgelöst. So hat das BfS vor wenigen Wochen eine aktualisierte Bodenluftprognosekarte veröffentlicht (Abb. 2), die den derzeitigen wissenschaftlichen Erkenntnisstand abbildet.

Diese Prognosen, die in den nächsten Jahren noch verfeinert werden (siehe Kap 4), werden unter anderem den Bundesländern in der Ausübung ihrer Aufgabe unterstützen, sog. Radonvorsorgegebiete festzulegen, also Regionen, Gemeinde und Kreise zu benennen, in denen einer-

seits besondere Maßnahmen im vorbeugenden Radonschutz bei Neubauten umzusetzen sind und andererseits eine Messpflicht an Arbeitsplätzen (im Erd- und Untergeschoss) existiert. Die erste Ausweisung von solchen Gebieten umfasst lediglich ca. 2% der Fläche Deutschlands (Abb. 3) und unterliegt – wie im Gesetz vorgesehen – einer beständigen Evaluierung. Das BfS wird hier den Bundesländern Entscheidungshilfen liefern.

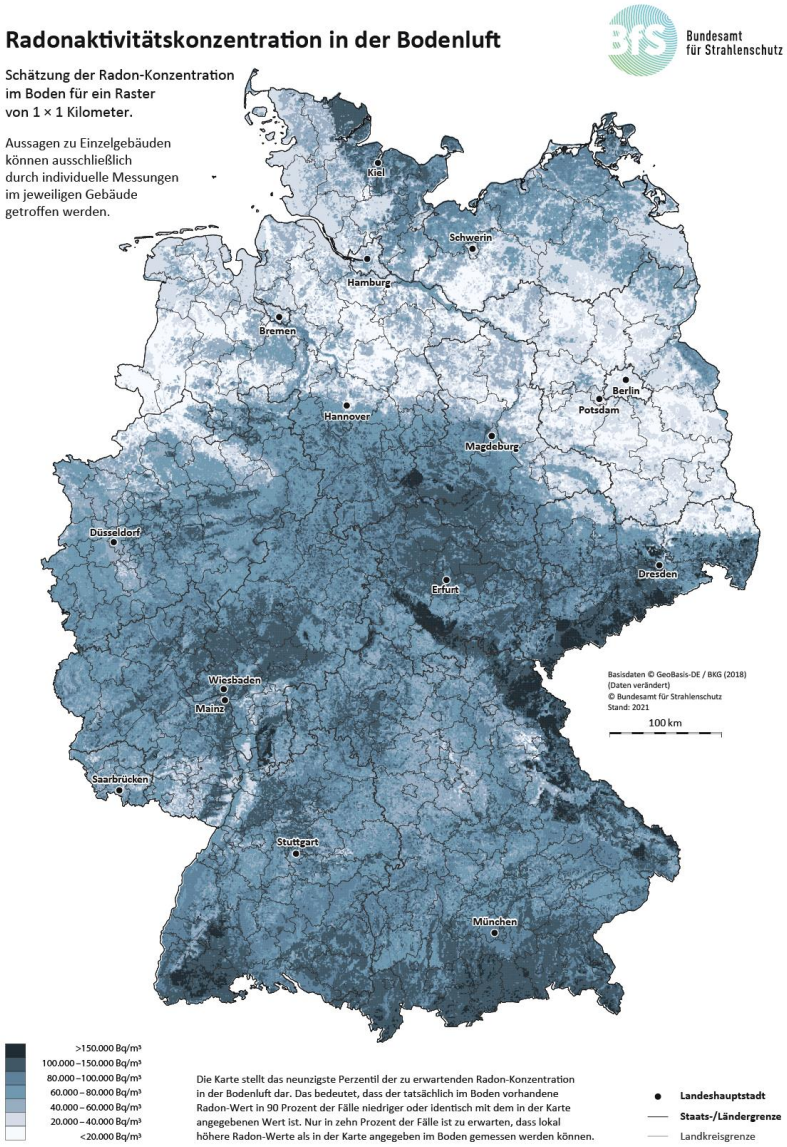


Abb. 2: Prognosekarte für die Radon-Aktivitätskonzentration in Bodenluft in Deutschland (Stand 2021)

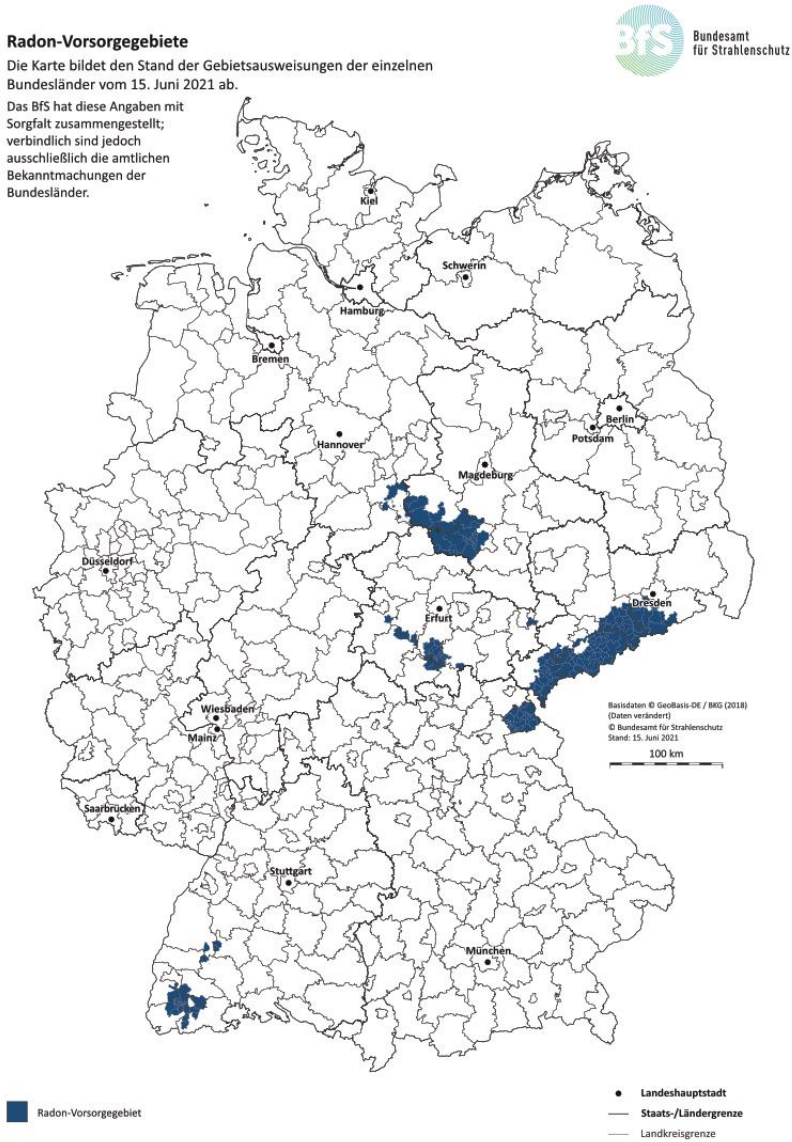


Abb. 3: Karte der von den Ländern nach § 121 StrlSchG festgelegten „Radonvorsorgegebiete“ (Stand 15.6.2021).

4 Ausblick

Aus dem heutigen Stand kann man die zukünftigen Arbeiten der Abteilung UR des BfS in drei Schwerpunkte unterteilen.

Die Bestimmung der Exposition der Bevölkerung ist eine Grundaufgabe des BfS, und Radon stellt den größten Anteil der Exposition aus natürlichen Quellen dar. Die Auswertung des deutschlandweiten Survey und den aktuellen daten der Bundesländer können dazu genutzt werden, ein aktuelles und regional differenziertes Bild der Exposition der Bevölkerung zu errechnen. Dazu werden auch Daten zur Bevölkerungs- und Gebäudestruktur Deutschlands, die aus dem aktuellen Zensus und anderen Erhebungen bekannt sind, herangezogen. Ziel ist es, neben der kollektiven Exposition auch Modelle zur Abschätzung individueller Risiken zu erarbeiten. Diese können wiederum in die Bestimmung des attributablen Risiko einfließen, deren Neubewertung ebenfalls auf der Aufgabenliste des BfS steht. Das BfS ermittelt im Rahmen einer Studie die Radon-Situation an seinen eigenen Arbeitsplätzen. Die Studie soll das Wissen über die Ausbreitung von Radon insbesondere in großen Gebäuden verbessern und den Stand der Technik für die Messung von Radon an Arbeitsplätzen weiterentwickeln. Mit den Radon-Messungen in eigenen Gebäuden macht das BfS die gleichen Erfahrungen wie Arbeitgeberinnen und Arbeitgeber, die zu Messungen verpflichtet sind. Diese Erfahrungen aus erster Hand sollen zur Verbesserung und möglichst auch zur weiteren Vereinfachung von Radon-Messungen an Arbeitsplätzen genutzt und weitergegeben werden. Weiterhin wird das BfS seine metrologischen Kapazitäten im Bereich des bislang hier nicht genannten Radon-220 (Thoron) ausbauen.

Eine altbekannte und noch immer nicht befriedigend gelöste Herausforderung besteht in der Charakterisierung bzw. Bewertung der Radonsituation von Gebäuden mittels Kurzzeitmessungen. Auch wenn dies in vielen Fällen, wie z.B. bei einem Hausverkauf oder bei der Bewertung eines Sanierungserfolges gewünscht wäre, haben bisherige Versuche nicht zu dem gewünschten Erfolg geführt. Gründe liegen u. a. in der Individualität von Gebäuden und der großen Dynamik der Radonkonzentration in Abhängigkeit äußerer Parameter, wie Wetter und Nutzerverhalten. In einem

Ressortforschungsvorhaben wird derzeit geschaut, in wieweit die zeitaufgelöste Messung der Eintrittsrate und des Luftwechsels eines Gebäudes zur Modellierung und Prognose herangezogen werden kann. In Abhängigkeit der Verfügbarkeit preiswerter zeitauflösender Messgeräte können zukünftig ggf. genügend Gebäude in den unterschiedlichen Klimaregionen Deutschlands ausgemessen werden, um auf dieser Ebene einen weiteren Schritt in Richtung einer wissenschaftliche basierte, aber dennoch praktikablen Bewertungsmethode zu gehen.

Radon wird mehr und mehr auch eine Frage des Verbraucherschutzes. Wie kann man sicher sein, dass ein Messgerät, ein Produkt oder ein Dienstleister das einhält, was versprochen wird? Fragen der Prüfung und der Zertifizierung werden drängender werden. Auch die Beantwortung dieser Fragen muss natürlich auf wissenschaftlicher Basis geschehen und das BfS wird gefragt sein.

5 Literaturverzeichnis

[1] S. Menzler et al.: “Abschätzung des attibutablen Lungenkrebsrisikos in Deutschland durch Radon in Wohnungen”, Reihe „Fortschritte in der Umweltmedizin“, S. 1-101. Ecomed Verlag Landsberg; 2006.

[2] MB 4: “Die berufliche Strahlenexposition in Deutschland 2020: Bericht des Strahlenschutzregisters”, BfS-Bericht 39/22.

[3] F. Friedrich-Kees, E. Foerster, F. Schneider, S. Feige: “Messgeräte zur Bestimmung der Radon-222-Aktivitätskonzentration oder der Radon-222-Exposition: Vergleichs- und Eignungsprüfung 2021”, BfS-Bericht 38/22.

[4] S. Feige, F. Friedrich-Kees, U. Oeh: “Radon an Arbeitsplätzen in Innenräumen. Leitfaden zu den §§ 126 – 132 des Strahlenschutzgesetzes”, Dezember 2020.

Epidemiologie radonbedingter Erkrankungen – ein Update

Peter Scholz-Kreisel[1)], Nora Fenske[1)], Maria Schnelzer[1)]

[1)] Bundesamt für Strahlenschutz, Neuherberg

Zusammenfassung

Epidemiologische Studien zu Radon in Wohnräumen und zu Uranbergarbeitern haben nachgewiesen, dass Radon und seine Folgeprodukte das Risiko für Lungenkrebs erhöhen. In einer gemeinsamen Auswertung von sieben UranbergarbeiterKohortenstudien aus fünf Ländern wird dieser Zusammenhang zurzeit genauer untersucht. Im Fokus stehen dabei zum Beispiel Risiken bei niedrigen oder moderaten Expositionen, die Rolle des Alters bei Exposition, die Zeit seit Exposition oder das Zusammenwirken von Radon und Rauchen. Die Dosis durch Radonexposition für andere Organe ist deutlich niedriger ist als die Dosis für die Lunge. Daher ist maximal mit einem geringen Risiko für andere Erkrankungen als Lungenkrebs zu rechnen. Nach aktueller Datenlage sind solche Risiken – falls sie überhaupt bestehen – deutlich niedriger als das Lungenkrebsrisiko und treten nur bei sehr hohen Expositionen auf, die in Wohnungen nicht zu erwarten sind.

Epidemiology radon-associated diseases – an update

Summary

Epidemiological studies on indoor radon and on uranium miners have clearly shown that radon and its decay products are associated with an excess risk for lung cancer. In a pooling-study of seven uranium miner cohorts from five countries this association is currently investigated in more detail. In focus are for example risk at low or moderate exposures, the role of age at exposure, time since exposure or the interaction of radon and smoking. The dose resulting from radon exposure for other organs than the lung is by far lower than the dose to the lung. Therefore,

the risk for other organs is expected to be small if it exists at all. Existing evidence indicates that these risks would be much smaller than the lung cancer risk and would only occur after very high exposures which are not expected to occur in the context of indoor radon.

1 Einleitung

Radon und seine Zerfallsprodukte gelangen mit der Atemluft in den Atemtrakt. Während das Radongas selbst größtenteils wieder ausgeatmet wird, lagern sich die kurzlebigen Zerfallsprodukte im Atemtrakt an und zerfallen dort vollständig. Die dabei entstehende energiereiche Alphastrahlung trifft auf die strahlenempfindlichen Zellen der Lunge. Aufgrund der hohen biologischen Wirksamkeit von Alphastrahlung kann es zu einer Schädigung der Zellen und schließlich zu einer Lungenkrebserkrankung kommen. Radon führt jedoch nicht nur zu einer Strahlendosis für die Lunge, sondern auch für andere Organe. Diese sind allerdings in wesentlich geringerem Ausmaß betroffen.

2 Lungenkrebs

Die internationale Agentur für Krebsforschung der WHO, kurz IARC, hat Radon 1988 als nachgewiesen krebserregend für den Menschen eingestuft [1]. Epidemiologische Studien zum Lungenkrebsrisiko von Bergarbeitern, die ab den 1960er-Jahren durchgeführt wurden, trugen wesentlich zu dieser Einstufung bei.

Später zeigte eine gemeinsame Auswertung von 13 europäischen Fall-Kontroll-Studien mit 7.148 Lungenkrebspatienten und 14.208 Kontrollpersonen, dass Radon auch in Wohnungen das Risiko, an Lungenkrebs zu erkranken, erhöht [2, 3]. Die Studie ergab, dass das relative Risiko für Lungenkrebs bei langjähriger Radonexposition pro 100 Becquerel pro Kubikmeter (Bq/m³) um 16 % ansteigt.

Kürzlich erschien ein neuer Bericht des Ausschusses der Vereinten Nationen zur Untersuchung der Auswirkungen atomarer Strahlung [4] zur Bewertung des Lungenkrebsrisikos durch Radonexposition. Darin wird die Schlussfolgerung gezogen, dass die vorliegenden Daten auch aus neue-

ren Studien im Wesentlichen mit der bisherigen Bewertung des Lungenkrebsrisikos durch Radon vereinbar sind. Unsicherheiten zum Lungenkrebsrisiko durch Radon gibt es zum Beispiel hinsichtlich der genauen Form des Zusammenhangs zwischen Exposition und Lungenkrebsrisiko, insbesondere bei moderaten und niedrigen Radonkonzentrationen unter 100 Bq/m³. Auch hinsichtlich des Einflusses von verschiedenen Faktoren, die sich auf das Risiko auswirken können, besteht noch Klärungsbedarf. Hier sind zum Beispiel das Alter bei Exposition zu nennen oder wie lange die Exposition zurückliegt, ebenso das Zusammenwirken von Radon und Rauchen.

Eine der Studien, von der zu erwarten ist, dass sie zukünftig zur Reduktion dieser Unsicherheiten beiträgt, ist die Wismut-Kohortenstudie. Diese Studie wird seit den 1990er-Jahren am Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) durchgeführt und ist eine der größten Kohortenstudien zu Bergarbeitern, die beruflich Radon und seinen Folgeprodukten ausgesetzt waren (https://www.bfs.de/DE/bfs/wissenschaft-forschung/projekte/wismut/wismut.html). Die Studie ist zudem Teil des weltweiten Pooling-Projektes PUMA (Pooled Uranium Miners Analysis; [5, 6]) mit sieben Uranbergarbeiter-Kohortenstudien aus fünf Ländern (Deutschland, Frankreich, Kanada, Tschechien und USA). Von dieser gemeinsamen Auswertung sind aufgrund des enormen Umfangs besonders aufschlussreiche Ergebnisse zu den noch offenen Fragen zu erwarten. Die Erkenntnisse sind auch relevant für die Berechnung von Lebenszeitrisiken für Lungenkrebs durch Radon, welche zum Beispiel bei der Umrechnung von Radonexposition in eine effektive Dosis („Radon-Dose-Conversion“) einfließen können.

Darüber hinaus ist am BfS eine Aktualisierung der Anzahl an Lungenkrebsfällen in der Bevölkerung, die auf die Exposition durch Radon in Wohnungen zurückzuführen sind, geplant, da hierzu nun eine verbesserte Datenbasis zu Verfügung steht.

3 Andere Erkrankungen als Lungenkrebs

3.1 Zur Radon-Dosimetrie

Die durch Radon bedingte Dosis für andere Organe als die Lunge ist nach aktuellem Wissensstand sehr niedrig. So ergeben biokinetische Modelle, die Annahmen zur Verteilung der Radonfolgeprodukte im Körper enthalten, dass die durch Radon bedingte Dosis für Organe außerhalb des Atemtraktes mindestens um den Faktor 100 niedriger ist als die Dosis für die Lunge [7].

Kendall & Smith 2002 liefern auch Abschätzungen für die Dosis für den Fötus durch Radongas. Auf Basis ihrer Berechnungen ergibt sich bei einer Radonkonzentration von 300 Bq/m³ über die gesamte Dauer der Schwangerschaft eine Dosis von 0,15 mSv. Diese Dosis ist weitaus niedriger als Dosen, bei denen mit negativen gesundheitlichen Auswertungen auf das Kind zu rechnen wäre (für Details hierzu siehe https://www.bfs.de/DE/bfs/wissenschaft-forschung/stellungnahmen/ion/-radon-schwangerschaft.html).

Bestehende Unsicherheiten hinsichtlich der Radon-Dosimetrie werden zurzeit in dem EU-Projekt RadoNorm (https://www.radonorm.eu) untersucht, das vom BfS koordiniert wird und das im September 2020 startete. In diesem Projekt wird die Radon-Dosimetrie für Kinder verschiedenen Alters weiterentwickelt und es wird generell die Bedeutung der räumlichen Verteilung der Dosis im Körper für das Risiko untersucht.

Aufgrund der nach aktuellem Kenntnisstand sehr geringen Dosis durch Radon für andere Organe als die Lunge ist maximal mit einem geringen Risiko für andere Erkrankungen als Lungenkrebs zu rechnen.

3.2 Epidemiologische Studien zur Allgemeinbevölkerung

Die Frage, ob Radonexposition auch zu anderen Erkrankungen als Lungenkrebs führt, wurde in einer Reihe von epidemiologischen Studien in der Allgemeinbevölkerung untersucht. Da im Allgemeinen von einer größeren Strahlenempfindlichkeit von Kindern im Vergleich zu Erwachsenen ausgegangen wird, beschäftigt sich ein relativ großer Teil dieser Studien mit der Frage, ob Radonexposition in Wohnungen zu einem zusätzlichen Krebsrisiko für Kinder führt (hierzu siehe auch

https://www.bfs.de/DE/bfs/wissenschaft-forschung/stellungnahmen/ion/radon-kinder.html).

Aufgrund des oben genannten dosimetrischen Wissens, ist davon auszugehen ist, dass Radonexposition das Risiko für andere Erkrankungen höchstens gering erhöht. Daher stellt die Untersuchung dieses Risikos in epidemiologischen Studien eine besondere Herausforderung dar. Eine aussagekräftige Studie müsste einen enormen Umfang haben und die individuellen Radonexpositionen müssten zuverlässig ermittelt werden. Soweit feststellbar haben jedoch alle bisher vorhandenen Studien zur Allgemeinbevölkerung erhebliche methodische Einschränkungen. In vielen dieser Studien wird die Radonexposition nur ungenau abgeschätzt, so wird zum Beispiel häufig der Mittelwert der Radonkonzentrationen eines größeren Gebiets als Maß für die individuelle Radonexposition verwendet. Es existieren auch Studien, in denen die Radonkonzentrationen individuell gemessen werden. Diese haben allerdings jeweils einen geringen Studienumfang, der für die Untersuchung eines mutmaßlich sehr geringen Risikos nicht ausreicht.

Insgesamt liefern die epidemiologischen Studien zum radonbedingten Risiko für andere Erkrankungen als Lungenkrebs bei der Allgemeinbevölkerung inkonsistente Ergebnisse und diese sind aufgrund von methodischen Einschränkungen sehr vorsichtig zu interpretieren.

3.3 Epidemiologische Studien zu Bergarbeitern

Aufgrund ihres großen Umfangs und der relativ genauen Ermittlung der individuellen Radonexposition sind von Bergarbeiterstudien zuverlässigere Ergebnisse zum radonbedingten Risiko für andere Erkrankungen als Lungenkrebs zu erwarten als von Studien zur Allgemeinbevölkerung. Entsprechende Analysen wurden auch in fast allen Uranbergarbeiter-Studien durchgeführt.

Insbesondere wurden in sogenannten SMR-Analysen die Anzahlen von Sterbefällen in den Bergarbeiterkohorten mit denen in der Allgemeinbevölkerung verglichen. In einer kürzlich erschienenen Auswertung der Wismut-Kohorte [8] wurde hinsichtlich anderer Erkrankungen als Lungenkrebs eine im Vergleich zur Allgemeinbevölkerung erhöhte Sterblichkeit an Magenkrebs, Leberkrebs, Infektionen, Grippe/Lungenentzündung und

zerebrovaskulären Erkrankungen beobachtet. Eine Übersterblichkeit an Magen- und Leberkrebs wird relativ konsistent in Uranbergarbeiter-Studien festgestellt, zum Beispiel auch in der oben genannten gepoolten Auswertung PUMA [6]. Es ist allerdings unklar, welche Rolle Radon in diesem Zusammenhang spielt. In einzelnen Uranbergarbeiter-Studien wurden auch für verschiedene andere Krebsarten erhöhte Anzahlen an Todesfällen beobachtet, z. B. für die Gruppe aller Krebsarten außer Lungenkrebs zusammen, Kehlkopfkrebs, Nierenkrebs, Krebs der Luftwege außerhalb des Brustkorbs oder Leukämie und für andere Erkrankungen wie COPD. Diese Befunde sind jedoch über die Studien hinweg nicht konsistent und es wurde meist kein Zusammenhang mit der Radonexposition beobachtet.

Bei der Interpretation von Studien mit Vergleichen zwischen der Sterblichkeit in einer Kohorte beruflich exponierter Personen mit der der Allgemeinbevölkerung ist zu berücksichtigen, dass beobachtete Unterschiede in der Sterblichkeit nicht nur auf Unterschieden hinsichtlich beruflicher Risikofaktoren beruhen können, sondern auch auf Unterschieden im Sozialstatus, im Lebensstil und ähnlichem.

Aussagekräftiger sind daher Auswertungen, in denen der Zusammenhang zwischen dem Sterbe- oder Erkrankungsrisiko und der Höhe der Exposition in der Kohorte mit Hilfe von statistischen Risikomodellen untersucht wird. In der Wismut-Kohorte wurde für die Gruppe aller Krebsarten außer Lungenkrebs zusammen ein statistisch signifikantes leicht erhöhtes Risiko gefunden [9]. Es ergeben sich für die Wismut-Kohorte auch für zahlreiche andere Arten von Krebserkrankungen positive Risikoschätzer, die jedoch nicht statistisch signifikant sind. Ursächlich hierfür könnte sein, dass selbst in der Wismut-Kohorte die Fallzahlen für einzelne Krebsarten relativ klein sind. Die gemeinsame Auswertung im Rahmen des PUMA-Projektes verfügt über eine größere statistische Power. Daher sind von ihr genauere Ergebnisse für einzelne Krebsarten und auch andere Arten von Erkrankungen zu erwarten.

4 Fazit

Im Hinblick auf das radonbedingte Risiko für andere Erkrankungen als Lungenkrebs sind die Ergebnisse aus einzelnen epidemiologischen Studien zur Allgemeinbevölkerung nicht konsistent mit den Ergebnissen der deutlich aussagekräftigeren Uranbergarbeiter-Studien. Erhöhte Risiken in einzelnen Studien zur Allgemeinbevölkerung könnten auf methodische Schwächen der Studien zurückgehen. In Uranbergarbeiter-Studien beobachtete erhöhte Risiken für einzelne Erkrankungen sind deutlich geringer als das Risiko für Lungenkrebs durch Radon und größtenteils nicht statistisch signifikant. Falls es sich hierbei um ursächliche Zusammenhänge handeln sollte, wären relevant erhöhte Risiken demnach erst bei sehr hohen Radonexpositionen zu erwarten. Da die Radonkonzentrationen in Wohnungen im Allgemeinen wesentlich niedriger sind als in Uranbergwerken, ist es unwahrscheinlich, dass solche Risiken für die Gesundheitsgefahr durch Radon in Wohnungen relevant wären. Zu beachten ist jedoch, dass hinsichtlich der Übertragbarkeit von Ergebnissen aus Uranbergarbeiter-Studien auf die Radonexposition der Allgemeinbevölkerung in Wohnungen wegen der Vielzahl von Schadstoffen, denen die Bergarbeiter ausgesetzt sind, Einschränkungen bestehen. Außerdem liefern diese Studien für manche Erkrankungen wie zum Beispiel Brustkrebs bei Frauen keine Informationen.

Insgesamt gibt es bisher keine belastbaren Belege dafür, dass Radonexposition das Risiko für andere Erkrankungen als Lungenkrebs relevant erhöht. Der Zusammenhang zwischen Radonexposition und Lungenkrebsrisiko ist hingegen eindeutig nachgewiesen. Unsicherheiten bestehen hier weiterhin zum Beispiel hinsichtlich des Risikos bei niedrigen Expositionen oder bei Exposition im Kindesalter.

5 Literaturverzeichnis

[1] IARC, *Man-made mineral fibres and radon.* (IARC Monographs on evaluation of carcinogenic risks to humans). Lyon: International Agency for Research on Cancer, 1988.

[2] S. Darby *et al.*, "Radon in homes and risk of lung cancer: collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies," *Bmj,* vol. 330, no. 7485, pp. 223-228, Jan 29 2005. [Online]. Available:

http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC546066/pdf/bmj33000223.pdf.

[3] S. Darby *et al.*, "Residential radon and lung cancer--detailed results of a collaborative analysis of individual data on 7148 persons with lung cancer and 14,208 persons without lung cancer from 13 epidemiologic studies in Europe," (in eng), *Scand J Work Environ Health,* vol. 32 Suppl 1, pp. 1-83, 2006.

[4] UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation), *Sources, effects and risks of ionizing radiation. UNSCEAR 2019 Report to the General Assembly with Scientific Annexes* (Report to the General Assembly with Scientific Annexes). New York: United Nations, 2020.

[5] E. Rage *et al.*, "PUMA - pooled uranium miners analysis: cohort profile," (in eng), *Occupational and environmental medicine,* vol. 77, no. 3, pp. 194-200, Mar 2020, doi: 10.1136/oemed-2019-105981.

[6] D. B. Richardson *et al.*, "Mortality among uranium miners in North America and Europe: the Pooled Uranium Miners Analysis (PUMA)," (in eng), *International journal of epidemiology,* Nov 24 2020, doi: 10.1093/ije/dyaa195.

[7] G. M. Kendall and T. J. Smith, "Doses to organs and tissues from radon and its decay products," *Journal of Radiological Protection,* vol. 22, no. 4, pp. 389-406, 2002. [Online]. Available: http://iopscience.iop.org/article/10.1088/0952-4746/22/4/304/pdf.

[8] M. Kreuzer, V. Deffner, M. Schnelzer, and N. Fenske, "Mortality in Underground Miners in a Former Uranium Ore Mine," (in eng), *Deutsches Arzteblatt international,* vol. 118, no. 4, pp. 41-48, Jan 29 2021, doi: 10.3238/arztebl.m2021.0001.

[9] M. Kreuzer, B. Grosche, M. Schnelzer, A. Tschense, F. Dufey, and L. Walsh, "Radon and risk of death from cancer and cardiovascular diseases in the German uranium miners cohort study: follow-up 1946-2003," (in eng), *Radiation and environmental biophysics,* vol. 49, no. 2, pp. 177-85, May 2010, doi: 10.1007/s00411-009-0249-5 [doi].

Erfahrungen zu Messungen an Arbeitsplätzen in Sachsen

Thomas Heinrich[1)], Mandy Alisch-Mark[1)]

[1)] Staatliche Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft, Radebeul

Zusammenfassung

In diesem Beitrag werden verschiedene Aspekte von Messungen an Arbeitsplätzen erörtert: die Überschreitungshäufigkeit markanter Radonkonzentration, die Bewertung und Beeinflussung von Radonkonzentration durch Lüftung sowie die Prognosequalität von Kurzzeitmessungen.

Die Überschreitungshäufigkeiten im Radonvorsorgegebiet bewegen sich im prognostizierten Bereich. Ein Lüftungsregime als alleinige Maßnahme kann die Exposition des Beschäftigten deutlich reduzieren, senkt aber den Jahresmittelwert der Radonkonzentration wahrscheinlich kaum. Prognosen zur Überschreitung des Referenzwertes mittels Kurzzeitmessungen sind für Werte nahe des Referenzwertes nur sehr eingeschränkt möglich.

Experiences with measurements at workplaces in Saxony

Summary

This paper discusses various aspects of measurements at workplaces: the exceedance frequency of significant radon concentrations, the evaluation and influence of radon concentrations by ventilation, and the forecast quality of short-term measurements.

The exceedance frequencies in the radon precautionary area are within the predicted range. A ventilation regime as a stand-alone measure can significantly reduce employee exposure, but is unlikely to lower the annual mean value of the radon concentration. Forecasts of exceedance

of the reference value by means of short-term measurements are only possible to a very limited extent for values close to the reference limit.

1 Datengrundlage

Mit der Umsetzung der Richtlinie 2013/59/EURATOM des Das sächsische Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) hat per Allgemeinverfügung Radonvorsorgegebiete für den Freistaat Sachsen festgelegt [1]. Die fachliche Vorbereitung erfolgte durch umfangreiche Messungen der Radonaktivitätskonzentration in der Bodenluft sowie in der Innenraumluft von Aufenthaltsräumen und Arbeitsplätzen durch die Staatliche Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft (BfUL) [2].

In der vorliegenden Veröffentlichung werden Daten aus [2], erweitert um zwischenzeitlich fortgesetzte Messungen, und begleitende, vertiefende Messungen mit Bezug auf Arbeitsplatzmessungen ausgewertet.

Es handelt sich dabei um folgende Datenkollektive:

- Bestimmungen des Jahresmittelwertes in Arbeitsplätzen mittels einjähriger Exposition von Kernspurdosimetern in Schulen, Kindertagesstätten, Dienststellen des Freistaates Sachsen und öffentlichen Gebäuden von Kommunen. Die Messungen fanden überwiegend ab 2015 bis zu einem Messbeginn zum Jahreswechsel 2020/21 statt.
- Kurzzeitmessungen an Arbeitsplätzen in Schulen und Kindertagesstätten zur genaueren Bestimmung der Radonkonzentration während typischer Arbeitszeiten. Die Messungen fanden in den Jahren 2017 bis 2019 statt.
- Kurzzeitmessungen in Häusern zur Beobachtung eines eventuellen Einflusses der Wetterumstellung im Bereich Bad Schlema und Kurzzeitmessungen in Häusern, an denen testweise Bodenluftmessungen und Innenraumluftmessungen unterschiedlicher Zeitauflösung durchgeführt wurden. Die ersteren Messungen wurden im Zeitraum 2008 bis 2019 durchgeführt, letztere in den Jahren 2009 bis 2015.

2 Überschreitungshäufigkeiten markanter Werte innerhalb und außerhalb der in Sachsen festgelegten Radonvorsorgegebiete

Relevant zur Einschätzung der Auswirkungen der Festlegung der Radonvorsorgegebiete auf die zu ergreifenden Maßnahmen nach Teil 4 Kapitel 2 Abschnitt 3 des Strahlenschutzgesetzes (StrlSchG) [3] sind die Überschreitungshäufigkeiten zweier markanter Werte. Der eine Wert ist der Referenzwert der Aktivitätskonzentration nach § 126 StrlSchG. Dieser beträgt 300 Bq/m³ im Jahresmittel. Der andere Wert ist die effektive Dosis von 6 mSv im Kalenderjahr. Unter der Annahme des Vorliegens eines Ganztagesarbeitsplatzes mit geringem Einfluss der Nutzung auf die Jahresaktivitätskonzentration kann diese Dosis ab einem Jahresmittelwert von ca. 1.000 Bq/m³ erreicht werden. Beim Überschreiten des Referenzwertes sind Maßnahmen zur Reduzierung der Radonkonzentration zu ergreifen, beim Überschreiten des Wertes der effektiven Dosis sind weitere Maßnahmen des beruflichen Strahlenschutzes erforderlich.

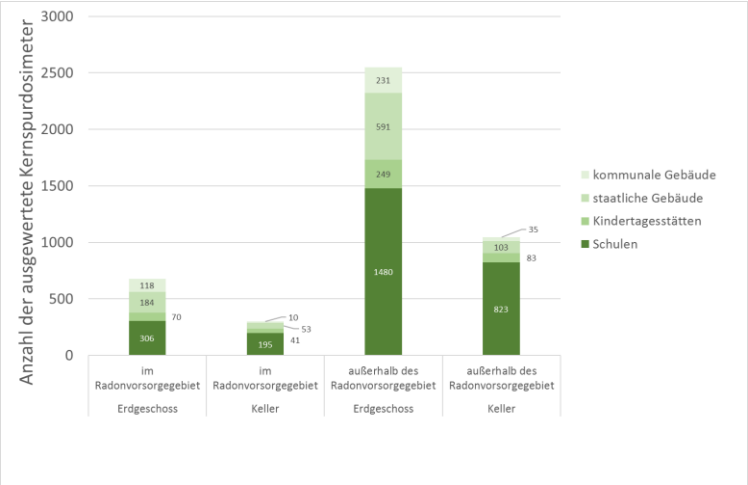


Abb. 1: Anzahl der ausgewerteten Kernspurexposimeter nach Gebäudenutzung, Lage und Geschoss

Im Rahmen der laufenden Messprogramme in Schulen, Kindertagesstätten, staatlichen und kommunalen Gebäuden wurden insgesamt 4572 Kernspurdosimeter an Arbeitsplätzen ausgewertet. Ein Anteil der

Messgeräte von 21 % wurde im Radonvorsorgegebiet eingesetzt. Sowohl innerhalb als auch außerhalb der Radonvorsorgegebiete befanden sich durchschnittlich 30 % der untersuchten Arbeitsplätze in Kellerräumen. Die nachstehende Abbildung 1 zeigt die genauen Verteilungen nach Gebäudenutzung, Lage und Geschoss.

Für die Merkmale Keller/Erdgeschoss in Kombination mit innerhalb/außerhalb des Radonvorsorgegebietes wurden die durchschnittliche Radonkonzentration, die Überschreitungshäufigkeit des Referenzwertes als Maß für die Häufigkeit von zu ergreifenden Maßnahmen und die Überschreitungshäufigkeit von 1.000 Bq/m³ als oberes Maß für eine mögliche Überschreitung des festgelegten Wertes der effektiven Dosis ausgewertet. Die Ergebnisse sind in Abbildung 2 dargestellt.

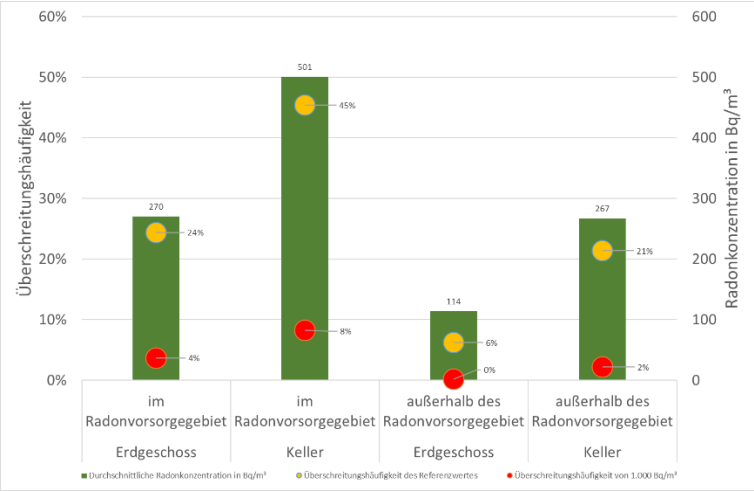


Abb. 2: Durchschnittliche Radonkonzentration und Überschreitungshäufigkeiten markanter Werte an Arbeitsplätzen

Es lassen sich folgenden Aussagen ableiten:

- Wie zu erwarten sind die Überschreitungshäufigkeiten an Kellerarbeitsplätzen höher als an Erdgeschossarbeitsplätzen und ebenso im Radonvorsorgegebiet höher als außerhalb (ca. doppelt bis dreifach so häufig).

- Die Überschreitungshäufigkeiten des Referenzwertes im Erdgeschoss bewegen sich ebenfalls im erwarteten Bereich (mehr als 10 % im Radonvorsorgegebiet).
- Die Überschreitungshäufigkeit des Wertes von 1.000 Bq/m³ bewegt sich im Radonvorsorgegebiet im mittleren einstelligen Bereich. Die tatsächliche Häufigkeit von nach §129 StrlSchG anzumeldenden Arbeitsplätzen mit Überschreitungen der jährlichen effektiven Dosis von 6 mSv/a dürfte aber deutlich kleiner sein, da davon auszugehen ist, dass die Sanierungsmaßnahmen die Radonkonzentration absenken wird und dass tatsächliche Arbeitszeiten kleiner sein könnten.

3 Einfluss der Lüftung auf einen Langzeitmittelwert

Im Zuge des Messprogrammes in Schulen und Kindertagesstätten wurden in 308 Räumen von 50 Gebäuden mit Überschreitungen des Referenzwertes Kurzzeitmessungen durchgeführt. Die ca. zweiwöchigen Messungen erfolgten mit RadonScouts der Firma SARAD. Analog der Vorgehensweise der vom LfULG beauftragten Studie zu öffentlichen Gebäuden [4] wurden Stundenmittelwerte gebildet und den Arbeitszeiten zugeordnet. Als Arbeitszeit wurde die Zeit von 7 bis 17 Uhr an Werktagen angenommen. Es wurde erwartet, dass sich häufig ein gemittelter Tagesgang ergibt, bei dem die Radonkonzentration während der Arbeitszeit C_{ArbZ} durch Lüftung und Nutzung kleiner als die über den Messzeitraum gemittelte Radonkonzentration C_{GesZ} ist. Die Abbildung 3 zeigt die Häufigkeit des ermittelten Quotienten C_{ArbZ}/C_{GesZ}. Es ist zu erkennen, dass zwar häufig eine Absenkung während der Arbeitszeit zu finden ist, diese aber durchschnittlich nur ca. 20 % beträgt ($C_{ArbZ}/C_{GesZ} \approx 0{,}8$).

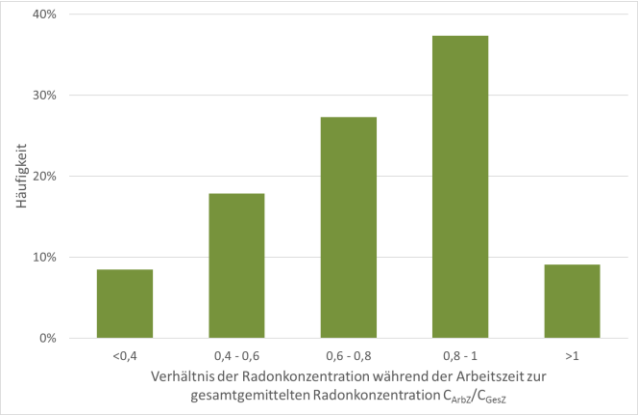


Abb. 3: Häufigkeit des gemessenen Verhältnisses der Radonkonzentration während der Arbeitszeit zur gesamtgemittelten Radonkonzentration C_{ArbZ}/C_{GesZ}

Die Absenkung während der Arbeitszeit ist innerhalb eines Gebäude häufig sehr ähnlich. Das spricht dafür, dass in Gebäuden neben der individuellen Lüftung eines Raumes durch Ankopplung (z.B. über Türöffnungen) an das ganze Gebäude die Gesamtnutzung und Lüftung eine prägende Rolle spielen kann. In der Regel wird es also ausreichend sein, nur in wenigen Räumen eines Gebäudes zeitaufgelöste Messungen durchzuführen.

Die Messungen sollten auch eine Einschätzung ermöglichen, ob die Einführung eines Lüftungsregimes eine ausreichende Reduzierung des Jahresmittelwertes bewirken kann. In einem stark vereinfachenden Modell setzt sich die gesamtgemittelte Radonkonzentration C_{GesZ} anteilig aus der über 50 Stunden pro Woche während der Arbeitszeit gemessenen Konzentration C_{ArbZ} und der über (168 – 50) = 118 Stunden gemittelten Radonkonzentration in der Ruhezeit C_{RuheZ} zusammen.

In diesem vereinfachten Ansatz beträgt also ausgehend von einer Konzentration C_{GesZ} von 100 Bq/m³ und einer Konzentration während der Arbeitszeit C_{ArbZ} von 80 Bq/m³ die Ruhekonzentration C_{RuheZ} ca. 108 Bq/m³. Nimmt man nun an, dass eine konsequente verstärkte Lüftung nur auf C_{ArbZ} wirkt, kann man den Einfluss der Lüftung auf die veränderte gesamtgemittelte Konzentration C_{GesZ} abschätzen (Abbildung 4).

In diesem stark vereinfachenden Modell bewirkt eine Reduzierung der Konzentration während der Arbeitszeit von 80 Bq/m³ auf 10 Bq/m³ eine entsprechend große Reduzierung der Exposition des Beschäftigten um fast 90 %, aber nur eine ca. 20 % Reduzierung des Jahresmittelwertes. Eine verstärkte Lüftung während der Arbeitszeit kann also die Exposition des Beschäftigten erheblich reduzieren, wird aber den für Anmeldungen nach § 129 StrlSchG relevanten Jahresmittelwert nur geringfügig beeinflussen.

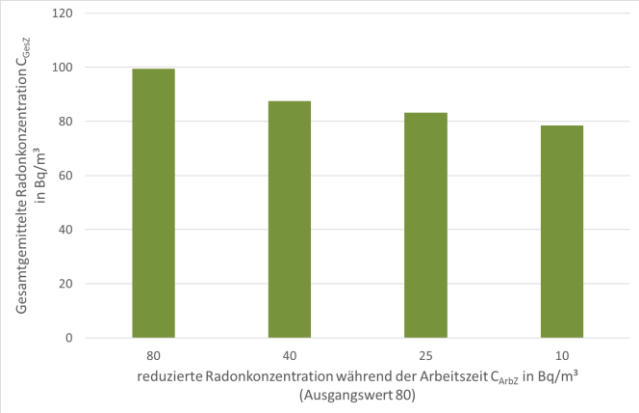


Abb. 4: Einfluss der Reduzierung der Radonkonzentration während der Arbeitszeit C_{ArbZ} auf die gesamtgemittelte Radonkonzentration C_{GesZ} am Beispiel einer gesamtgemittelten Ausgangskonzentration von 100 Bq/m³ und einer Ausgangskonzentration von 80 Bq/m³ während der Arbeitszeit.

4 Prognose der Einhaltung des Referenzwertes im Jahresmittel

Eine häufig gestellte Frage bei anstehenden Maßnahmen zur Reduzierung der Radonkonzentration oder auch bei den Messungen nach § 127 StrlSchG ist, ob Kurzzeitmessungen eine verlässliche Prognose liefern können, dass der Referenzwert im Jahresmittel eingehalten wird und damit für eventuelle Planungen mehr Zeit zur Verfügung stehen kann.

Hierzu wurden zwei Datensätze ausgewertet: zum einen über 500 Messungen über einen Zeitraum von jeweils ca. 16 Tagen in über 250 Aufenthaltsräumen [5]. Zu diesen 250 Räumen waren auch die Jahresmittelwerte mittels Kernspurdosimeter bestimmt worden. Zum anderen wurden Daten aus einem Überwachungsprogramm ausgewertet, das begleitend zur Wetterumstellung des Grubengebäudes in Bad Schlema durchgeführt wird. Hier wurden in mehreren Häusern jeweils Monatsmittelwerte mithilfe von Kernspurdosimetern ermittelt. Es liegen bis zu 146 lückenlos aufeinanderfolgende Monatsmittelwerte vor. Die untersuchten Räume sind überwiegend nicht oder nur wenig genutzte Kellerräume.

Die 16-tägigen Kurzzeitmessungen wurden wie folgt ausgewertet: Sind der Kurzzeitmittelwert und der dazugehörige Jahresmittelwert beide unter oder über 300 Bq/m³, wird der Kurzzeitmittelwert als wahre Prognose „Referenzwert eingehalten“ bzw. „Referenzwert überschritten“ gezählt. Falsch-positive Prognosen liegen vor, wenn der Kurzzeitmittelwert größer 300 Bq/m³ ist, aber der dazugehörige Jahresmittelwert kleiner. Bei falsch-negativen Prognosen ist es genau anders rum. Die Kurzzeitmittelwerte wurden nun in die Klassen „< 300 Bq/m³“, „300-600 Bq/m³“ und „> 600 Bq/m³“ zusammengefasst. Der Quantilsrang der Radonkonzentration 300 Bq/m³ QR_{300} gibt dann jeweils in einer Klasse die Grenze zwischen wahren und falschen Prognosen wieder.

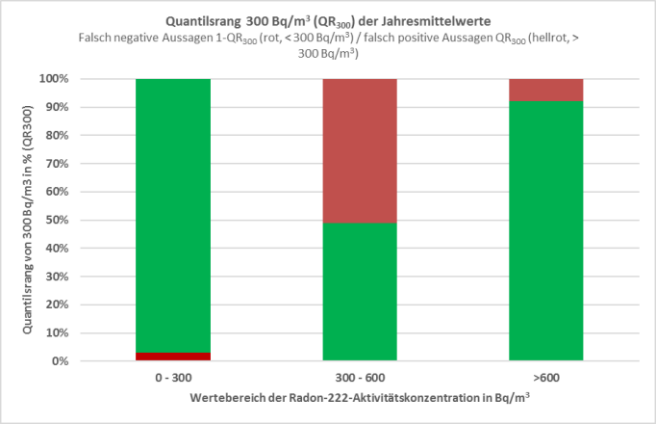


Abb. 5: Abschätzung der Prognosequalität von Kurzzeitmessungen bezüglich der Einhaltung des Referenzwertes. Messdauer der Kurzzeitmessung ca. 16 Tage.

Aus Abbildung 5 ist ersichtlich, dass in dem verwendeten Datensatz in den Wertebereichen < 300 Bq/m³ und > 600 Bq/m³ geringe Häufigkeiten für Fehlprognosen im einstelligen Prozentbereich vorliegen. In der Klasse „300-600 Bq/m³“ ist jedoch keine verlässliche Prognose möglich.

Der zweite Datensatz wurde wie folgt aufbereitet: Es wurden je zwölf aufeinanderfolgende Monatsmittelwerte zu einem Jahresmittelwert verdichtet. Außerdem wurden je drei aufeinanderfolgende Monatsmittelwerte zu einem Dreimonatsmittelwert zusammengefasst. Damit lassen sich 135 Monats- und Dreimonatsmittelwerte als Prognosen für die 135 Jahresmittelwerte verwenden.

Bei drei Häusern liegen die Jahresmittelwerte über 600 Bq/m³ und in einem Haus deutlich unter 300 Bq/m³. In diesen vier Häusern finden sich nur im niedrigen einstelligen Prozentbereich Monats- oder Dreimonatsmittelwerte, die zu einer Falschprognose führen würden. In einem weiteren Haus variiert der Jahresmittelwert jedoch um 300 Bq/m³ (zwischen knapp 200 Bq/m³ und knapp 550 Bq/m³). Die Abbildung 6 zeigt die ermittelten Prognosequalitäten für Monats- und Dreimonatsmittelwerte. Bei der Verwendung von Monatsmittelwerten werden in ca. 28 % aller Fälle falsche Prognosen abgegeben, bei Dreimonatsmittelwerten in ca. 19 % aller Fälle. Bei der Bewertung der Prognosequalität ist jedoch zu beachten, dass die Bestimmung des Jahresmittelwertes auch mit einer Unsicherheit von mindestens 10 % behaftet ist.

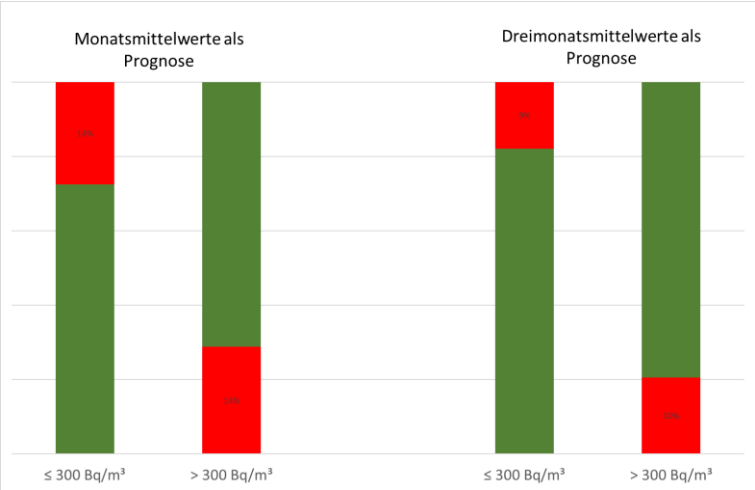


Abb. 6: Abschätzung der Prognosequalität von Kurzzeitmessungen bezüglich der Einhaltung des Referenzwertes. Messdauer der Kurzzeitmessung ein Monat (links) bzw. drei Monate (rechts). Die Anteile der Falschprognosen sind jeweils in Rot dargestellt.

Kurzzeitmessungen prognostizieren die Einhaltung des Referenzwertes mit geringen Fehlerwahrscheinlichkeiten, wenn die Radonkonzentration deutlich über oder unter dem Referenzwert liegt. In der Nähe des Referenzwertes ist die Prognosequalität anhand von Zweiwochenmittelwerten unbefriedigend, anhand von Monatsmittelwerten besser und anhand von Dreimonatsmittelwerten in einer ähnlichen Qualität wie die Messunsicherheit des Jahresmittelwertes.

5 Literaturverzeichnis und Dank

Die Autoren danken den Mitarbeitenden Frau Pezenka, Herrn Friedemann und Herrn Geib für die Betreuung der Messprogramme ebenso wie den ehemaligen Mitarbeitenden Herrn Taube und Herrn Gatermann.

[1] Allgemeinverfügung zur Festlegung von Gebieten zum Schutz vor Radon-222 in Innenräumen nach § 121 Absatz 1 Satz 1 des Strahlenschutzgesetzes; Az.: 54-8471/49/3 vom 19. November 2020; Sächsisches Amtsblatt Nr. 49/2020 vom 3. Dezember 2020 (Seiten 1362-1364)

[2] T. Heinrich, M. Alisch-Mark, T. Geib, S. Friedemann, J. Pezenka, Ausweisung von Radonvorsorgegebieten in Sachsen, Schriftenreihe Heft 17/2020, Herausgeber: Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG); 19.11.2020 https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/36545

[3] Gesetz zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung (Strahlenschutzgesetz - StrlSchG) vom 27. Juni 2017 (BGBl. I S. 1966), das zuletzt durch die Bekanntmachung vom 3. Januar 2022 (BGBl. I S. 15) geändert worden ist.

[4] https://www.strahlenschutz.sachsen.de/download/luft/download_Radon_in_oeffentlichen_Gebaeuden.pdf

[5] M. Alisch-Mark, D. Keck, W. Preuße, A. Taube, H. Busch, T. Heinrich „Erstbewertung zur Radonsituation von Häusern im Freistaat Sachsen mittels langzeitintegrierenden Messungen, Vergleich der Ergebnisse mit Kurzzeitmessungen und Erfassung der Radon-Aktivitätskonzentration in der Bodenluft der Grundstücke“ S. 231 in STRAHLENSCHUTZ FÜR MENSCH UND UMWELT - 50 JAHRE KOMPETENZ IM FACHVERBAND Jahrestagung 2016; 25. - 30. September 2016; Heringsdorf, Usedom; Herausgeber Fachverband für Strahlenschutz e.V. https://www.fs-ev.org/fileadmin/user_upload/Jahrestagungen-Symposien/FS_2016-Tagungsband_k.pdf

Tracerversuche zur Untersuchung der Verteilung von Radon in Gebäuden

Kateřina Navrátilová Rovenská[1)]

[1)] National Radiation Protection Institute, Prag

Zusammenfassung

Mit diesem Beitrag wird der Einsatz der ganzheitlichen Messung der Lüftungsrate in der Praxis vorgestellt. Zu Beginn wird eine Übersicht zur Motivation und dem theoretischen Hintergrund des Verfahrens gegeben. Anschließend wird das Verfahren und die Ergebnisse der Messungen anhand von zwei Fallbeispielen.

Implementation of radon protection measures in Austria

Summary

This article presents the use of integrated ventilation rate measurement in practice. At the beginning, an overview of the motivation and the theoretical background of the method is given. Subsequently, the procedure and the results of the measurements are presented on the basis of two case studies.

RadoNorm
Managing risks from radon and NORM

Utilization of integral ventilation rate measurement in practice

Katerina Navratilova Rovenska on behalf of
I. Fojtikova, K. Jilek, A.Fronka, J. Hradecky, J. Lenk, O. Parizek, M. Sestak

7.4. 2022, 15th Saxon Radon Rays

This project has received funding from the Euratom research and training programme 2019-2020 under grant agreement No 900009.

RadoNorm
Managing risks from radon and NORM

Motivation

- The exchange of air between the indoor and outdoor atmosphere is a key physical process that affects, among other things, the behaviour of all types of aerosols and gaseous contaminants, including radon/ thoron and their decay products in buildings, and mediates their transfer from indoor to outdoor air and vice versa.
- The air exchange rate (ACH) is defined as the air flow rate through a building (house) normalized by its volume.

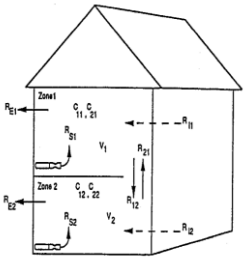
- Could be used
  - to objectify the results of radon measurement with respect to the minimum required hygienic air exchange rate (0.3 1/h).
  - as a radon diagnostic tool to identify radon pathways and assess radon entry rates.

This project has received funding from the Euratom research and training programme 2019-2020 under grant agreement No 900009. 2

RadoNorm
Managing risks from radon and NORM

Theoretical background

- Perfluorocarbon tracer (PFT) technique allows calculation of the average air exchange rate and interzonal airflows in multizonal buildings.
- Tracer gas ***i*** (C_i) is constantly injected into the compartment (i.e. room(s) or storey) with defined and well know entry rate driven just by diffusion.
- Detection tubes with proper sorbent are used to absorb tracer gas.
- Gas chromatograph GS Agilent equipped with a proper chromatographic column to distinguish mixture of used tracer gases and electron capture (EC) and flame ionization (FI) detector is used as the evaluation unit. Helium is used as a carrier gas.
- Number of compartments equals to the number of tracer gases used. SURO is capable to carry out measurements and distinguish between 7 different tracer gases.



This project has received funding from the Euratom research and training programme 2019-2020 under grant agreement No 900009. 3

RadoNorm
Managing risks from radon and NORM

Math behind

- In principle Dietz PFT multi- zonal approach based on continuous constant injection of a tracer gas(es) and its(their) long term diffusion sampling was adopted.

$$\frac{dC_i}{dt} Vi = \boldsymbol{Rs_i} - \sum_{j=1}^{N+1} (R_{ji}\, C_i) + \sum_{j=1}^{N+1} (R_{ij}\, C_j) \qquad (1)$$

$$0 = \boldsymbol{Rs_i} - \sum_{j=1}^{N+1} (\hat{R}_{ji}\, \hat{C}_i) + \sum_{j=1}^{N+1} (\hat{R}_{ij}\, \hat{C}_j) \qquad (2)$$

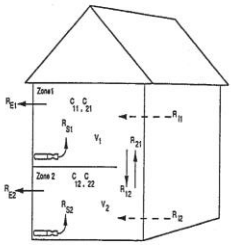
$$R_{Ii} = R_{Ei} - \sum_{j=1}^{N} (R_{ij} - Rji) \qquad (3)$$

- Eq.(1) represents mass balance equation for a some type used tracer gas in the i-the zone inside a investigated building (house) divided into N- zones. When N+1 zone is outdoor air.
- Eq. (2) represents steady state situation within measured time T
- Eq (3) represents analogy of the 1st Kirhofs law for airflows in a one zone (el. node = zone)
  - Rsi means known average and constant tracer gas entry rate into i-th zone in (mg/h)
  - Rij, $\hat{R}_{ij}$ means air flow and average air flow, respectively from zone j-th into zone i-th in (m^3/h)
  - Rji, $\hat{R}_{ji}$ means air flow and average air flow, respectively from zone i-th into zone j-th in (m^3/h)
  - C_i, $\hat{C}_i$ means mass concentration and an average mass concentration, respectively of the tracer gas in the i-th zone in (mg/m^3)
  - C_j, $\hat{C}_j$ means mass concentration and an average mass concentration, respectively of the same tracer gas in the j-th zone in (mg/m^3)
  - R_{Ei}, R_{Ii} means air infiltration and (exfiltration), respectively to (from) the i- th zone in (m^3/h)
  - Vi means effective mixing volume of i-th zone in (m^3).

This project has received funding from the Euratom research and training programme 2019-2020 under grant agreement No 900009. 4

RadoNorm
Managing risks from radon and NORM

Air exchange rate calculation in 2 zones



$$\mathrm{ACH} = \frac{R_{E1} + R_{E2}}{V_1 + V_2}$$

Infiltrations:

$$R_{11} = R_{E1} + R_{12} - R_{21}$$
$$R_{12} = R_{E2} + R_{21} - R_{12}$$

Zone 1

$$R_{21}C_{12} - R_{12}C_{11} - R_{E1}C_{11} = -R_{s1}$$
$$R_{21}C_{22} - R_{12}C_{21} - R_{E1}C_{21} = 0$$

Zone 2

$$R_{12}C_{11} - R_{21}C_{12} - R_{E2}C_{12} = 0$$
$$R_{12}C_{21} - R_{21}C_{22} - R_{E2}C_{22} = -Rs2$$

R_{Ei}	exfiltration air flow from i - th zone, (m^3/h)
V_i	volume i-th zone, (m^3)
R_{Ii}	infiltration of outdoor air flow into i-th zone, (m^3/h)
C_{ij}	i-th tracer gas concentration in j-th zone, (mg/m^3)
R_{si}	tracer source in i-th zone, (mg/h)
R_{ij}	air flow from i-th zone to j-th, (m^3/h)

$$R_{21} = (R_{s1}C_{21})/(C_{11}C_{22} - C_{12}C_{21})$$
$$R_{12} = (R_{s2}C_{12})/(C_{11}C_{22} - C_{12}C_{21})$$
$$R_{E1} = R_{21}(C_{11/C21}) - R_{12}$$
$$R_{E2} = R12(C11/C12) - R_{21}$$

This project has received funding from the Euratom research and training programme 2019-2020 under grant agreement No 900009. 5

RadoNorm
Managing risks from radon and NORM

This project has received funding from the Euratom research and training programme 2019-2020 under grant agreement No 900009. 6

RadoNorm
Managing risks from radon and NORM

Capabilities of the system

- Dynamic measuring range of ACH (0.05 - 3) h^{-1}
- Exposure duration from one day up to approx. 3 months
- Measurement in occupied buildings (apartments, schools, multi-storey family houses etc.)
- Assessment of inter-zonal flows between 7 different zones-compartments (storey, rooms)
- Measurement and estimation of ACH with overall uncertainty 15% (K= 1) having in mind:
  - instrumentation errors (due to calibration, influence of ambient conditions upon source emission rate and uptake rate of TD detection tubes, actual size of mixing volume of measurement zone etc.)
  - model errors (homogeneity of the mixture tracer gas-air in the zone, transient changes of measured tracer gas concentration can be neglected within whole exposure).

This project has received funding from the Euratom research and training programme 2019-2020 under grant agreement No 900009. 7

RadoNorm
Managing risks from radon and NORM

QA/QC

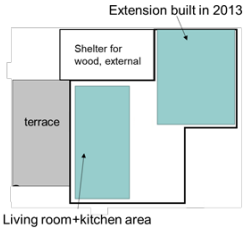
- Interlaboratory comparison (up to 10%) between the National Brookhaven Lab. NY (USA) and SURO carried out in 15 different houses located in the CR comprising apartments 3+1, 5 multi-storey family houses);
- State Office for Nuclear Safety has certified the measurement protocol for the assessment of the average ACH in buildings under the reference number: SÚJB/RCHK/4581/2017;
- SURO periodically runs tests in the big climatic radon chamber allowing independently adjust the ACH within wide range of ACH;
- Average ACH can be compared to the average value obtained from the continuous measurement of ACH utilizing N_2O and SF_6 as tracers.

This project has received funding from the Euratom research and training programme 2019-2020 under grant agreement No 900009. 8

RadoNorm
Managing risks from radon and NORM

Case study 1

- Family house, 2 storey building built in 2010, single storey extension added in 2013.
- The owners decided to add another extension to the house obligatory measurement of the radon index of the building site (Atomic Act)
  - In addition to the above, the owners decided to measure radon indoors as well.
  - 1 week measurement was carried out by the electret detectors
    - Rn conc. 900 Bq/m^3 in the large kitchen+living room area located in the 1st floor
    - Rn conc. 40 Bq/m^3 in the bedroom located in the building extension from 2013
    - Measurement conditions: heating season, building occupied.

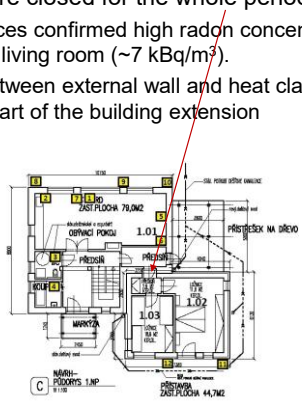


This project has received funding from the Euratom research and training programme 2019-2020 under grant agreement No 900009.

RadoNorm
Managing risks from radon and NORM

Case study 1

- Next step: Radon diagnostics was carried out in unoccupied heated building. Doors to the extension were closed for the whole period.
  - Grab sampling from suspicious places confirmed high radon concentration in cracks in the technical room and living room (~7 kBq/m^3).
  - Grab samples taken from space between external wall and heat cladding showed higher radon conc. in the part of the building extension (~14 kBq/m^3).



This project has received funding from the Euratom research and training programme 2019-2020 under grant agreement No 900009.

RadoNorm
Managing risks from radon and NORM

7 days radon concentration average, electret detectors, heated occupied building

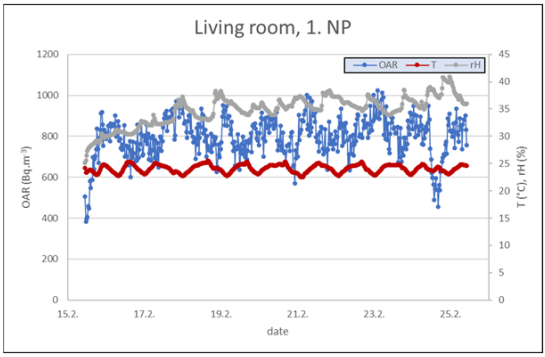
Room	Floor	Radon conc. (Bq/m³)
Living room	1st	923
Kitchen	1st	821
Bedroom – extension	1st	37

10 days radon concentration average, electret detectors, heated unoccupied building

Room	Floor	Radon conc. (Bq/m³)	Ambient dose eq. rate (mikroSv/h)
Living room	1st	795	0,08
Bedroom 1.02 – extension	1st	1112	0,07
Bedroom kids 1.03 – extension	1st	1344	0,09
Technical room	1st	710	0,07
Bedroom 2.02	2nd	840	0,07

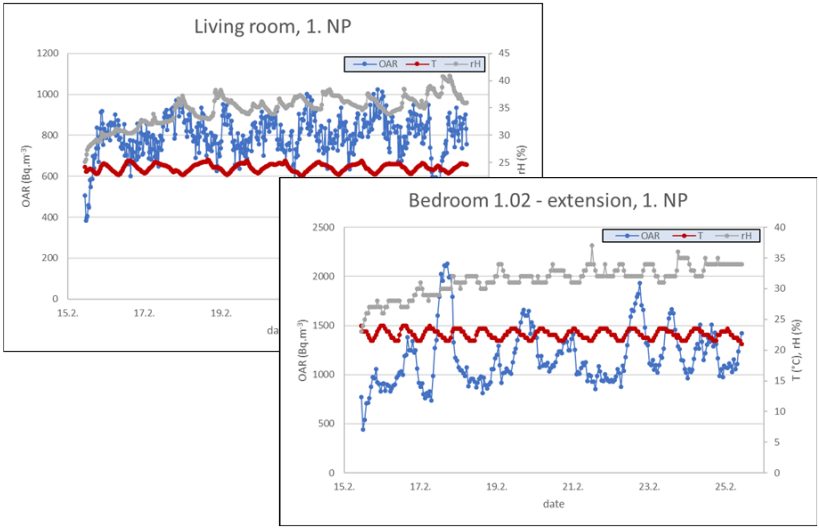
This project has received funding from the Euratom research and training programme 2019-2020 under grant agreement No 900009. 11

RadoNorm
Managing risks from radon and NORM



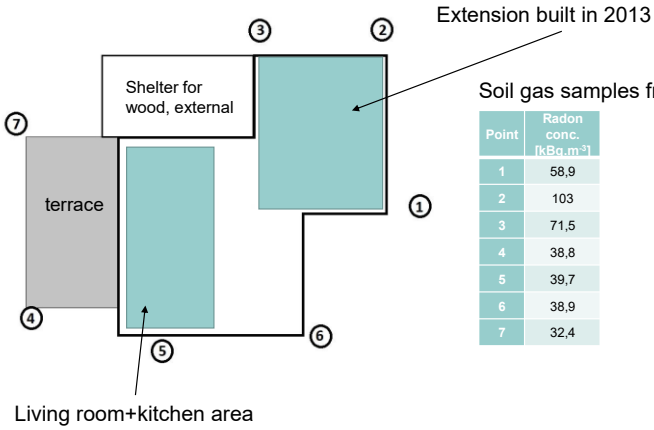
This project has received funding from the Euratom research and training programme 2019-2020 under grant agreement No 900009. 12

RadoNorm
Managing risks from radon and NORM



This project has received funding from the Euratom research and training programme 2019-2020 under grant agreement No 900009. 13

RadoNorm
Managing risks from radon and NORM



Soil gas samples from 80 cm depth

Point	Radon conc. [kBq.m-3]
1	58,9
2	103
3	71,5
4	38,8
5	39,7
6	38,9
7	32,4

This project has received funding from the Euratom research and training programme 2019-2020 under grant agreement No 900009. 14

RadoNorm
Managing risks from radon and NORM

ACH measurement

- 3 compartments
- Compartment 1 - 2nd floor
  - Low average air exchange rate 0.14 1/h
- Compartment 2 – extension
  - Low average air exchange rate 0.04 1/h
  - Main air flow pathway from this compartment to C3 living room+kitchen area, 20 times stronger flow from C2 to C3 compared to air flow from C2 to C1
- Compartment 3 – 1st floor living room, kitchen, technical room
  - Surprisingly high average air exchange rate 0.42 1/h
  - 2 times stronger air flow from this compartment to C1 compared to air flow from C3 to C2

This project has received funding from the Euratom research and training programme 2019-2020 under grant agreement No 900009. 15

RadoNorm
Managing risks from radon and NORM

Results

- Average radon concentration is expected to be lower during the occupancy period compared to the measured values due to the increased ventilation during occupancy

Room	Floor	Radon conc. (Bq/m^3)	ACH measured (1/h)	Radon conc. at ACH 0.3 1/h (Bq/m^3)
Living room	1st	795	0,42	1113
Bedroom 1.02 – extension	1st	1112	0,04	148
Bedroom kids 1.03 – extension	1st	1344	0,04	179
Technical room	1st	710	0,42	994
Bedroom 2.02	2nd	840	0,14	392

This project has received funding from the Euratom research and training programme 2019-2020 under grant agreement No 900009. 16

RadoNorm
Managing risks from radon and NORM

Results

- 3 radon pathways identified
  - Cracks in the contact floor of the 1st floor
  - Joint between the external wall and heat cladding which continues bellow the foundation slab
  - Joint between the walls of original and new parts of the building.
- Main transport route for radon to the 2nd floor is the staircase.
- Intensive transport of air containing radon identified in direction from the extension to the living room + kitchen area.

This project has received funding from the Euratom research and training programme 2019-2020 under grant agreement No 900009. 17

RadoNorm
Managing risks from radon and NORM

Case study 2

- Large 4 storey administrative building
- Built during 2nd WW originally as a block of flats
- Reconstructed few years ago and converted in the administrative building; tight windows and a lift installed during the reconstruction.
- Cellar with gym, technical rooms
  - Lid covering entrance to small technical tunnel to somewhere outside the building is located in the gym under the PVC flooring.
- 4 floors of offices, meeting rooms, etc.
- Central staircase connecting all of the floors.
- Bricks and concrete are the main building materials.

This project has received funding from the Euratom research and training programme 2019-2020 under grant agreement No 900009. 18

RadoNorm
Managing risks from radon and NORM

	Heating season Avg. radon conc. Bq/m³	Non-heating season Avg. radon conc. Bq/m³
Space under stairs, cellar	10838	
Room 004, cellar	92	1225
Lift engine room, cellar	95	48
Room 005, cellar	7192	8906
Room 014, cellar	781	1547
Room 101, 1st floor	317	279
Room 102, 1st floor	582	400
Room 201, 2nd floor	441	276
Room 203, 2nd floor	119	770
Room 301, 3rd floor	595	211
Room 303, 3rd floor	1231	771
Room 401, 4th floor	1019	683
Room 403, 4th floor	972	723

This project has received funding from the Euratom research and training programme 2019-2020 under grant agreement No 900009. 19

RadoNorm
Managing risks from radon and NORM

ACH measurement

- 5 compartments set up, 1 compartment per floor
- ***Re*** exfiltration air flow rate, ***n*** average air exchange rate

	Non-heating season			Heating season		
Compartment	Re (m^3/h)	n (h^{-1})	Radon avg. (Bq/m^3)	Re (m^3/h)	n (h^{-1})	Radon avg. (Bq/m^3)
Cellar	326	0.73	2932	413	0.92	2040
1st floor	56	0.12	295	100	0.21	430
2nd floor	84	0.17	287	119	0.24	357
3rd floor	94	0.20	381	46	0.10	776
4th floor	107	0.26	703	150	0.36	996

- ACH was found to be quite low in most of the compartments except of the cellar.
- ACH in the 4th floor is higher during the heating season, exfiltration rate is also higher in heating season compared to the non-heating season.
- Radon ingress from the cellar is also higher during the heating season.

This project has received funding from the Euratom research and training programme 2019-2020 under grant agreement No 900009. 20

RadoNorm

	Heating season Avg. radon conc. Bq/m³	Non-heating season Avg. radon conc. Bq/m³
Space under stairs, cellar	10838	
Room 004, cellar	92	1225
Lift engine room, cellar	95	48
Room 005, cellar	7192	8906
Room 014, cellar	781	1547
Room 101, 1st floor	317	279
Room 102, 1st floor	582	400
Room 201, 2nd floor	441	276
Room 203, 2nd floor	119	770
Room 301, 3rd floor	595	211
Room 303, 3rd floor	1231	771
Room 401, 4th floor	1019	683
Room 403, 4th floor	972	723

	$R_{heating}$ (m³/h)	$R_{non\text{-}heating}$ (m³/h)
R1e	413	326
R12	34	30
R13	26	19
R14	124	32
R15	76	46
R2e	100	56
R21	3	27
R23	7	14
R24	17	12
R25	3	6
R3e	119	84
R31	1	7
R32	1	3
R34	18	10
R35	10	8
R4e	46	93
R41	138	26
R42	8	2
R43	21	4
R45	27	6
R5e	150	107
R51	9	6
R52	1	1
R53	1	1
R54	1	2

This project has received funding from the Euratom research and training programme 2019-2020 under grant agreement No 900009. 21

RadoNorm
Managing risks from radon and NORM

ACH measurement

- Lower volume of air transported from the cellar to other compartments in the non-heating season → lower radon concentration in habitable rooms.
- Exfiltration and air volumes transported to the 2nd floor are comparable in heating and non-heating season; radon avg.conc. is also comparable.
- Staircase was identified as a main radon pathway in this case based on the results of ACH measurements.
- Soil gas with high radon concentration entering the building in the area of cellar is the source of elevated radon concentration indoors.

This project has received funding from the Euratom research and training programme 2019-2020 under grant agreement No 900009. 22

RadoNorm
Managing risks from radon and NORM

Mitigation

- 2 sections sub-slab depressurization system equipped with fan + fan for the room under stairs

	Radon avg. (Bq/m^3)
Cellar	157
1st floor	52
2nd floor	51
3rd floor	73
4th floor	62

This project has received funding from the Euratom research and training programme 2019-2020 under grant agreement No 900009. 23

RadoNorm
Managing risks from radon and NORM

What can be ACH measurement used for?

- Air exchange rate is air flow rate through the building (house) normalized by its volume.
- Objectification of results of radon measurement to the minimum hygienic air exchange rate (0.3 1/h).
- Tool of the radon diagnostics for identification radon pathways and radon entry rate.
- Assessment of exfiltration-infiltration from the outside – improvement in dose assessment in case of plume contamination.

This project has received funding from the Euratom research and training programme 2019-2020 under grant agreement No 900009. 24

RadoNorm
Managing risks from radon and NORM

Thank you for your attention

This project has received funding from the Euratom research and training programme 2019-2020 under grant agreement No 900009. 25

Umsetzung von Radonschutzmaßnahmen in Österreich

Wolfgang Ringer[1)]

[1)] Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit (AGES), Österreichische Fachstelle für Radon, Abteilung Radon und Radioökologie, Linz

Zusammenfassung

Mit diesem Beitrag wird die Umsetzung der Radonschutzmaßnahmen in Österreich vorgestellt. Zu Beginn wird eine Übersicht zur Umsetzung des nationalen Radonmaßnahmenplans und zu den daran Beteiligten sowie zu den damit verbundenen Aktivitäten gegeben. Anschließend werden die ausgewiesenen Radongebiete in Österreich aufgezeigt. Die Vorstellung der Studie zur Umsetzung „Rn am Arbeitsplatz“ bildet den Abschluss des Beitrages.

Implementation of radon protection measures in Austria

Summary

This article presents the implementation of radon protection measures in Austria. At the beginning, an overview is given on the implementation of the national radon measures plan and on the involved stakeholders as well as on the related activities. Subsequently, the designated radon areas in Austria are shown. The presentation of the study on the implementation "Rn at workplace" forms the conclusion of this article.

Umsetzung von Radonschutzmaßnahmen in Österreich

Wolfgang Ringer
Österreichische Fachstelle für Radon

15. Sächsische Radontage, Dresden, 07.-08.04.2022

Basis

Strahlenschutzgesetz und Radonschutzverordnung (2020)

Basis

Nationaler Radon-Maßnahmenplan

Bundesministerium
Klimaschutz, Umwelt,
Energie, Mobilität,
Innovation und Technologie

Nationaler Radon-Maßnahmenplan

Genehmigt von der Bundesministerin für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie am 13. Juli 2021 (Geschäftszahl 2021-0.447.120)

Untergliederung in

- Ziel
- Status
- Handlungsbedarf
- Zuständigkeit
- Mögliche Umsetzungsstrategien

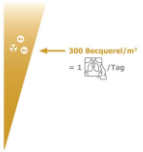
Inhalt ... 3
1 Motivation und Ziele ... 5
2 Einleitung ... 6
2.1 Grundlegende Informationen zu Radon ... 6
2.2 Radonsituation in Österreich ... 7
3 Rechtliche Grundlagen ... 9
3.1 Radonschutz im Strahlenschutzrecht - historisch ... 9
3.2 Radonschutz im Strahlenschutzrecht - aktueller Stand ... 10
3.3 Rechtliche Grundlagen für den Radon-Maßnahmenplan ... 11
3.4 Referenzwerte für die Radonkonzentration ... 12
3.5 Bauvorschriften und Normen ... 12
4 Themenbereiche und Strategien ... 14
4.1 Evaluierung des Radonrisikos der österreichischen Bevölkerung ... 15
4.2 Radonschutz bei Neubauten ... 18
4.3 Radonschutz bei bestehenden Wohngebäuden ... 22
4.4 Radonschutz an Arbeitsplätzen und in öffentlich zugänglichen Gebäuden ... 25
4.5 Radonschutz in der Aus- und Weiterbildung ... 28
4.6 Stärken des Radonbewusstseins ... 31
4.7 Verknüpfung von Radonschutz mit anderen Themen ... 34
4.8 Evaluierung und Anpassung der Rechtsmaterien und Normen ... 36
5 Evaluierung des Radon-Maßnahmenplans ... 38
6 Anhang ... 39
6.1 Wesentliche den Radonschutz betreffende Bestimmungen der Richtlinie 2013/59/Euratom ... 39
Abbildungsverzeichnis ... 44
Literaturverzeichnis ... 45
Abkürzungen ... 47

Umsetzung

Beteiligte + Aktivitäten

AGES

- Bundesministerium für Klimaschutz (BMK)
  - Umsetzung und Evaluierung des NRMP
  - Informationstätigkeiten (Bevölkerung, Behörden, Interessensträger)



- Bundesländer
  - Radon am Arbeitsplatz -> Radoninformationssystem der Behörden (im Aufbau)
  - Baulicher Radonschutz (Vorsorge, Sanierung) -> Bautechnikverordnung
  - Information

Umsetzung

Beteiligte + Aktivitäten

- Interessensvertreter (Bau, Wirtschaft, Arbeitssicherheit, Medizin/Gesundheit etc.)
  - Informationstätigkeiten + Unterstützung
    - Bauakademie, ZT-Forum
    - Wirtschaftskammer (WKO)
    - Allgemeine Unfallversicherungsanstalt (AUVA)
    - Zivilschutzverband

- Anleitungen, Normen
  - ÖNORM S 5280-2 „Bautechnische Vorsorgemaßnahmen bei Gebäuden“ (15.07.2021)
  - ÖNORM S 5280-3 „Sanierungsmaßnahmen an Gebäuden“ (Vornorm, in Überarbeitung)
  - ISO DIN ÖNORMEN Radonverfahren
  - Leitfaden für Wasserversorger (in Überarbeitung)

Umsetzung

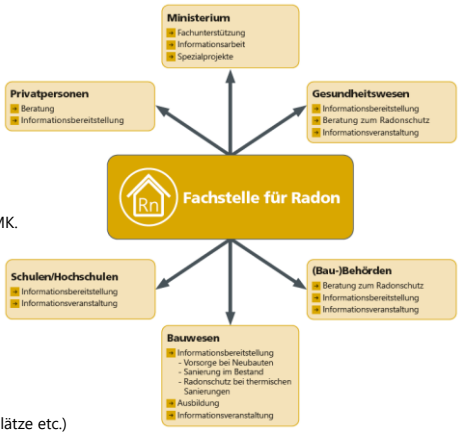
Beteiligte + Aktivitäten

Österreichische Fachstelle für Radon

Koordination aller Aktivitäten betreffend Radonschutz in Österreich
-> zentrale und effektive Bearbeitung des Radonproblems

Eingerichtet bei der AGES, finanziert durch das BMK.

- www.radon.gv.at
- Radon-Netzwerk Österreich
- Beratung (Radoninfoline)
- Schulungen
  (Bau-SV; Mitarbeiter WKO, AUVA)
- Vorträge
  (Bauakademie, ZT-Forum, Zivilschutzverband)
- Expertenleistungen und Projekte (Radonkarte, Wirkungsindikatoren NRMP, spezielle Arbeitsplätze etc.)



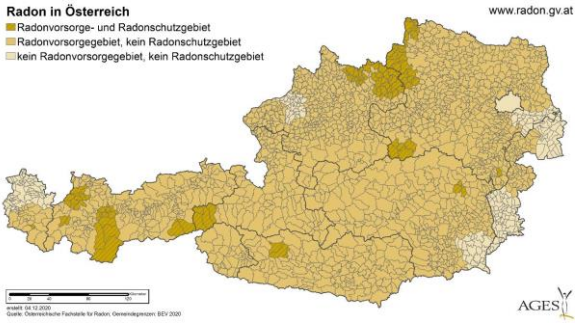
Festlegung der Radongebiete

Eckpunkte

- **ca. 50.000 Messungen** (Mitglieder der Freiwilligen Feuerwehren)
- Auswahl der Messstellen **geografisch** - Berücksichtigung von Rasterzellen, Geologie, Gemeinden
- **6 Monate Messzeit** (halb Winter, halb Sommer) mit Kernspurdetektoren
- **2 (meistbenutzte) Räume**, bevorzugt im Erdgeschoss
- **Fragebögen** (Gebäudecharakteristika)
- **geostatistische Modellierung** (Generalisiertes Additives Gemischtes Modell (GAMM)) aller Messungen in Abhängigkeit von Haus- und Raumeigenschaften (Kreuzvalidierung) und räumlicher Korrelation der Radonmesswerte
- Vorhersage des Radonkonzentration für **Standardhaus** auf 250 x 250 m Raster
- **Gemeinde/Bezirksmittelwerte** aus zugehörigen Rasterzellen (Siedlungsraum)
- Klassifizierung in **Radonschutz- und Radonvorsorgegebiete** (Gemeindemittel 300 Bq/m³, Bezirksmittel 150 Bq/m³)
- **Projektdauer** 2013 - 2020

Radongebiete

Laut Liste Radonschutzverordnung (RnV), Anlage 1



Radonschutzgebiete
104 Gemeinden
Verpflichtung zur Radonmessung an Arbeitsplätzen (EG, Keller, wenn keine Ausname)

Radonvorsorgegebiete
Verpflichtung zur Beachtung des baulichen Radonschutzes (Bautechnikverordnung, ÖNORM S 5280-2 (2021))

Nicht gebietsabhängig:
Radonmessungen an „speziellen" Arbeitsplätzen (z.B. Wasserwerke, Schaubergwerke/-höhlen, Radonkureinrichtungen, untertägige Arbeitsbereiche)

Radongebiete

Interaktive Radonkarte

https://geogis.ages.at/GEOGIS_RADON.html

BEZIRK	GEMEINDE	GEBIETSFESTLEGUNG
Ried im Innkreis	Eberschwang	**kein Radonvorsorgegebiet, kein Radonschutzgebiet**

Verpflichtend:
Radonmessung in bestimmten Arbeitsbereichen (Details siehe LINK)
Empfohlen:
Überprüfung auf ausreichenden Radonschutz bei der Planung von Neubauten und bei Generalsanierungen (Details siehe LINK)
Radonmessung in allen bestehenden Gebäuden, in Neubauten und nach Generalsanierungen (Details siehe LINK)

BEZIRK	GEMEINDE	GEBIETSFESTLEGUNG
Grieskirchen	Meggenhofen	**Radonvorsorgegebiet, kein Radonschutzgebiet**

Verpflichtend:
Radonschutzmaßnahmen bei Neubauten und Generalsanierungen (Details siehe LINK)
Radonmessung in bestimmten Arbeitsbereichen (Details siehe LINK)
Empfohlen:
Radonmessung in allen bestehenden Gebäuden, in Neubauten und nach Generalsanierungen (Details siehe LINK)

BEZIRK	GEMEINDE	GEBIETSFESTLEGUNG
Urfahr-Umgebung	Hellmonsödt	**Radonvorsorgegebiet und Radonschutzgebiet**

Verpflichtend:
Radonschutzmaßnahmen bei Neubauten und Generalsanierungen (Details siehe LINK)
Radonmessung an Arbeitsplätzen (Details siehe LINK)
Empfohlen:
Radonmessung in allen bestehenden Gebäuden, in Neubauten und nach Generalsanierungen (Details siehe LINK)

Radonexposition der Bevölkerung

Ermittlung der bevölkerungsrepräsentativen Verteilung

Datengrundlage s.o. (Radonwerte in Haushalten, Eigenschaften gemessene Räume, Eigenschaften Gebäude)
-> Ermittlung der regionalen Verteilung der Haushalte und deren Eigenschaften
-> statistisches Modell (GAMM)
-> regionale Berechnung der mittleren Radonkonzentration für verschiedene Haushaltstypen (unter Berücksichtigung von Gebäudeeigenschaften, Geologie und Position)
-> Ziehung einer repräsentativen Verteilung aus den vorhandenen Radonmessungen

	AT	städtisch	ländlich	Radon-Schutz-gebiet	Radon-Vorsorgegebiet, kein Radon-schutzgebiet	kein Radon-Schutzgebiet, kein Radon-Vorsorgegebiet
AM [Bq/m³]	**112**	90	129	236	124	71
GM [Bq/m³]	**79**	64	94	161	92	52
Median [Bq/m³]	**77**	65	87	129	86	50
% Haushalte > 100 Bq/m³	**34**	25	42	74	40	18
% Haushalte > 300 Bq/m³	**6** (500.000 Pers.)	4	7	20	7	2

øRadondosis = 3 mSv/a
mit
AM = 112 Bq/m³
DCF = 9 nSv/(h·Bq/m³)
(UNSCEAR 2019)
F = 0,4
t = 7500 h/a (aus ÖNRAP)

Verpflichtung zur Radonmessung am Arbeitsplatz

Festlegungen für Entwicklung von rechtlichen Grundlagen

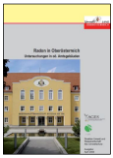
- Welche Arbeitsplätze müssen gemessen werden? → ***StrSchG § 98***
- Gibt es Arbeitsplätze an denen das Auftreten von erhöhten Radonkonzentrationen sehr unwahrscheinlich ist? → ***Ausnahmeregelungen (RnV § 6)***
- Wo muss gemessen werden?
- Wie muss gemessen werden?
- Wann und wie lange muss gemessen werden?

→ ***Vorgaben (RnV Anlage 3)***

Grundlage für Festlegungen

Viele Daten vorhanden aus langjähriger Erfahrung und Projekten in AT

- Erste nationale **Radonerhebung** (1992 – 2004; ~ 9.000 Haushalte)
- Radon in **Kindergärten** (OÖ, Steiermark, Kärnten; ~ 800)
- Radon in **Schulen** (OÖ, Steiermark, Kärnten, Salzburg ; ~ 400)
- Radon in **Wasserwerken** und **Thermen** (OÖ, 45 + 3)
- Radon in **Amtsgebäuden** (OÖ, ~ 450)
- Radon in **Schauhöhlen** und **Besucherbergwerken** (österreichweit, 9)
- Vollerhebungen in sechs **Gemeinden** (OÖ, Steiermark; ~ 1.700 Haushalte)
- Gratismessungen in Privathaushalten (seit 1998 in OÖ, 2013 – 2020 österreichweit; ~ 6.500 Haushalte)
- Zweite nationale **Radonerhebung** (2013 – 2019; ~ 25.000 Haushalte)
- + Erfahrungen der Radonfachstelle mit Vorsorge & Sanierungen
- + Erfahrung/Projekte von anderen Institutionen (Bundesländer, OIB, BOKU, AUVA, etc.)



Studie zur Umsetzung „Rn am Arbeitsplatz“

Praktikabilität der gesetzlichen Vorgaben, Hürden, Stolpersteine, Fehler

- „Test“ ob verwaltungsökonomische und fachlich korrekte Umsetzung gewährleistet ist
  -> Einbringen der Erkenntnisse in spezifische Leitfäden und FAQs für Unternehmen, ermächtigte Überwachungsstellen und Behörden
- Angebot zu Gratismessungen für Unternehmen in Radonschutzgebieten; Finanzierung BMK; in Kooperation mit der Wirtschaftskammer (WKO); Durchführung durch die AGES

Unternehmen profitieren von

Radon-Mess-Studie

Das Klimaschutzministerium (BMK) plant eine gemeinsame Studie mit der WKÖ zu Radonmessungen in Radonschutzgebieten.

unterliegen und die bereit sind, dieser im zweiten Halbjahr 2021 nachzukommen.

Bewerbungen sind direkt beim BMK möglich

Studie zur Umsetzung „Rn am Arbeitsplatz“

Praktikabilität der gesetzlichen Vorgaben, Hürden, Stolpersteine, Fehler

Durchführung

- Erstellung Informationsmaterial für die Unternehmen
- Information der Unternehmen durch die WKO (über die Landeskammern, aber auch über Gemeindebund und lokale Medien)
  Schulung von Mitarbeiter der WKO
- Anmeldung auf der BMK-Webseite
- Auswahl der Unternehmen (repräsentativ nach Sparte, Unternehmensgröße und Standort)
- Beratung und Unterstützung
  Besichtigungen vor Ort
- Messung und ggf. Beratung und Optimierung

Studie zur Umsetzung „Rn am Arbeitsplatz“

Praktikabilität der gesetzlichen Vorgaben, Hürden, Stolpersteine, Fehler

Erste Erkenntnisse

- Wenig Interesse, wenige Anmeldungen ->
  - Info auch über lokale Medien
  - direkter Kontakt mit großen Unternehmen (Supermarktketten)
  - Info auch über andere Interessensvertreter (Gemeindebund, AUVA)

  -> 333 Unternehmensstandorte in Studie (ca. 1400 Radonmessungen)
- Besichtigungen vor Ort
  - Leitfaden zu lang, wird nicht gelesen
  - Detektoren waren nicht platziert
  - viele Fragen: Welche Räume? Wo genau die Detektoren platzieren: in großen Räumen (z.B. Supermarkt), 20 cm Abstand von Wand, Gefahr von Diebstahl etc.

Studie zur Umsetzung „Rn am Arbeitsplatz“

Praktikabilität der gesetzlichen Vorgaben, Hürden, Stolpersteine, Fehler

- Global Location Number (GLN)
  Gedacht zur eindeutigen Identifizierung eines Standortes, muss von Unternehmen übermittelt werden
  -> Verwirrung (Personen-GLN vs. Standort-GLN) und Überforderung
- „Pandemie“-Problem
  In manchen Unternehmen kein normaler Betrieb, z.T. monatelange Schließungen (Gastronomie, Hotels)
  -> wie repräsentativ ist das Ergebnis?
- Rücklauf (Stand Mitte März)
  - ca. ein Drittel (trotz zweier Erinnerungsmails)
  - ca. die Hälfte über Referenzwert (!)

Zusammenfassung

Von der Theorie in die Praxis ...

- Rechtsgrundlage ist mit Strahlenschutzgesetz und Radonschutzverordnung gegeben
- Radonvorsorge- und Radonschutzgebiete sind ausgewiesen auf Basis von umfassenden Radon-Innenraumdaten, Gebäudedaten, Geologie und Modellierung
- Nationaler Radonmaßnahmenplan bildet Rahmen für die umfassende Umsetzung des Radonschutzes -> konkrete Umsetzungsschritte sind noch festzulegen und durchzuführen
- viele Beteiligte (BMK, Bundesländer, Fachstelle für Radon, Interessensvertreter, Unternehmen etc.) -> unterschiedliche Rollen, unterschiedliches Problembewusstsein
- Test auf Praxistauglichkeit der Bestimmung betreffend Radon am Arbeitsplatz -> „Feinschliff“ RnV sowie spezifische Leitfäden und FAQs für Unternehmen, ermächtigte Überwachungsstellen und Behörden

Die neue DIN TS 18117-1: Entstehung, Zielsetzung und Inhalte

Roland Strubbe[1)]

[1)] DIN-Arbeitsausschuss, Ed. Züblin AG, Direktion Ost / Bereich Sachsen, Dresden

Zusammenfassung

Mit der Richtlinie 2013/59/Euratom [1] v. 05.12.2013 wurden Anforderungen zum Schutz gegen ionisierende Strahlung definiert, die in nationales Recht umgesetzt werden mussten. Auf Basis des Normenvertrags zwischen der Bundesregierung und DIN erfolgt mit der Ausarbeitung der Reihe DIN TS 18117 die zur technischen Umsetzung des gesetzlich geforderten Radonschutzes notwendige Normungs- und Standardisierungsarbeit. Konstruktionsprinzipien für bauliche und lüftungstechnische Maßnahmen zur Reduzierung von Radon in Innenräumen waren vor allem für Wohngebäude bekannt. Der Erfolg der Maßnahmen war jedoch lediglich qualitativ vorherzusagen, eine quantitative Prognose der durch die einzelnen Maßnahmen erreichbaren Radonkonzentrationen für alle Innenräume war nicht möglich. Durch die Anwendung der Norm soll eine sichere Vorhersage zur Einhaltung der Vorgaben sowie eine Prüfung der Wirtschaftlichkeit der einzelnen Maßnahmen möglich werden. In DIN TS 18117 werden alle Maßnahmen erfasst und beschrieben, die einen Beitrag zur Reduzierung von Radon in der Innenraumluft leisten. Grundlage zu deren Bewertung ist die Kenntnis und Darstellung der Wirkung, Entstehung und Ausbreitung von Radon. Die Zusammenfassung bestehender Berechnungsmethoden erlaubt die Planung der Radonkonzentration in der Innenraumluft unter Beachtung der Verdünnung durch Lüftung. Anhand der Berechnungsverfahren lassen sich für Radonschutzmaßnahmen relevante Bauvorhaben identifizieren, die weitere Reduzierung der Radonkonzentration durch zusätzliche Maßnahmen ermitteln, die Angemessenheit von zusätzlichen Maßnahmen prüfen und eine Prognose und Bewertung bei individuellen, vom Referenzwert abweichenden Zielvorgaben berechnen.

The new DIN TS 18117-1: Emergence, objective and content

Summary

With Directive 2013/59/Euratom [1] from December 5th, 2013, requirements for protection against ionizing radiation were defined, which had to be implemented in national law. On the basis of the standard agreement between the federal government and DIN, the standardization work necessary for the technical implementation of the legally required radon protection is being developed with the development of the DIN TS 18117 series. Construction principles for structural and ventilation measures to reduce indoor radon were primarily known for residential buildings. However, the success of the measures could only be predicted qualitatively, a quantitative prediction of the radon concentrations that could be achieved by the individual measures for all indoor spaces was not possible. By applying the standard, it should be possible to make a reliable prediction about compliance with the specifications and to check the cost-effectiveness of the individual measures. DIN TS 18117 records and describes all measures that contribute to the reduction of radon in indoor air. Their assessment is based on the knowledge and description of the effect, formation and spread of radon. The combination of existing calculation methods allows the planning of the radon concentration in the room air, taking into account the dilution through ventilation. With the calculation methods, construction projects relevant to radon protection can be identified, further reductions in the radon concentration through additional measures can be determined, the appropriateness of additional measures can be checked and a prognosis and evaluation can be calculated for individual targets that deviate from the reference value.

1 Entstehung

Mit der Richtlinie 2013/59/Euratom [1] v. 05.12.2013 wurden Anforderungen zum Schutz gegen ionisierende Strahlung definiert, die in nationales Recht umgesetzt werden mussten.

Normative Regelungen, auf die zur Umsetzung von radongeschütztem Bauen zurückgegriffen werden könnte, lagen nicht vor.

DIN ist als eingetragener Verein eine privatrechtliche Organisation. Gemäß Vertrag mit der Bundesrepublik Deutschland ist DIN für die Normungsarbeit zuständig. Diese Aufgabenverteilung hat sich in der Vergangenheit bewährt und dient vielfach als „Best Practice Beispiel“. Aufgrund der positiven Erfahrungen hat sich u. a. der 6. Deutsche Baugerichtstag einstimmig für ein Bestehenbleiben dieser Organisationsstruktur ausgesprochen [2].

Auf Basis des Normenvertrags zwischen der Bundesregierung und DIN erfolgt mit der Ausarbeitung der Reihe DIN TS 18117 die zur technischen Umsetzung des gesetzlich geforderten Radonschutzes notwendige Normungs- und Standardisierungsarbeit.

Ein (Gemeinschafts-)Arbeitsausschuss hat sich konstituiert, in dem von den Normenausschüssen Bauwesen (NABau) sowie Heiz- und Raumlufttechnik (NHRS) bewährte und innovative bauliche Lösungen sowie der optimierte Einsatz von Lüftungstechnik zum Schutz vor Radon bei der Errichtung von neuen oder der Sanierung von bestehenden Gebäuden aufgezeigt werden sollen [3].

Dabei ist die Bedeutung der DIN-Normen für das Bauwesen zu beachten. DIN-Normen sollen die allgemein anerkannten Regeln der Technik darstellen und ein einwandfreies technisches Verhalten ermöglichen. Dies setzt voraus, dass bei Anwendung der Regeln die Ergebnisse sicher vorhersagbar sind und die Zielvorgaben eingehalten werden.

2 Ausgangssituation

Bei der Umsetzung der Vorgaben zum Radonschutz sind diverse Anforderungen und Randbedingungen zu beachten. Im Zentrum stehen die

Auswirkungen von Radon auf die Gesundheit. Besondere Bedeutung kommt auch der Frage der Nachhaltigkeit der Maßnahmen zu.

Das Strahlenschutzgesetz und die Strahlenschutzverordnung enthalten Mindestforderungen, die einzuhalten sind. Derzeit enthalten die gesetzlichen Vorgaben keinen Grenzwert, sondern einen Referenzwert von 300 Bq/m³, der im Jahresmittel einzuhalten ist, aber auch überschritten werden kann.

Neben der gesetzlichen Vorgabe bestehen diverse Empfehlungen wie z. B. der Weltgesundheitsorganisation WHO, die einen Jahresmittelwert von 100 Bq/m³ empfiehlt.

Derzeit werden diese Werte von einer Vielzahl von Gebäuden eingehalten. Nach Angaben des Bundesamtes für Strahlenschutz BfS liegt der Mittelwert der Messungen in Deutschland bei 50 Bq/m³. Lediglich bei rund 1,5 % der Aufenthaltsräume im EG von Ein- und Zweifamilienhäusern wird der derzeitige Referenzwert überschritten [4].

Zwischenzeitlich wurden Radonvorsorgegebiete definiert und ausgewiesen. Als Kriterium für ein Radonvorsorgegebiet gilt eine Überschreitung des Referenzwertes auf mindestens 75 % des Gebiets bei mindestens 10 % der Gebäude, also vereinfacht bei ca. 7,5 % der Gebäude.

Mögliche Maßnahmen betreffen im Wesentlichen die Gebäudekonstruktion, bauliche und lüftungstechnische Maßnahmen sowie die Nutzung der Gebäude. Die Auswahl der Maßnahmen hat Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit der Errichtung und Nutzung von Gebäuden.

Konstruktionsprinzipien für bauliche und lüftungstechnische Maßnahmen zur Reduzierung von Radon in Innenräumen, soweit dieses aus Belastungen aus dem Baugrund resultiert, waren vor allem für Wohngebäude bekannt. Der Erfolg der Maßnahmen war jedoch lediglich qualitativ vorherzusagen, eine quantitative Prognose der durch die einzelnen Maßnahmen erreichbaren Radonkonzentrationen für alle Innenräume war nicht möglich [3].

Dementsprechend hat der Gesetzgeber mit dem Strahlenschutzgesetz Vorgaben zur Ausführung von Gebäuden gemacht, bei deren Umsetzung die Anforderungen an den Strahlenschutz als erfüllt gelten, auch wenn im

konkreten Fall bei einer Messung der Referenzwert überschritten werden sollte (sogenannte Fiktionswirkung).

3 Zielsetzung

Gegenstand einer technischen Norm können die Gebäudekonstruktion sowie die baulichen und lüftungstechnischen Maßnahmen sein. Durch die Anwendung der Norm soll die Beurteilung der Sicherheit zur Einhaltung der Vorgaben sowie eine Prüfung der Wirtschaftlichkeit der einzelnen Maßnahmen möglich sein.

Im Rahmen der Normung sollten alle Maßnahmen erfasst und beschrieben werden, die einen Beitrag zur Reduzierung von Radon in der Innenraumluft leisten. Grundlage hierfür sind die Kenntnis und Darstellung der Wirkung, Entstehung und Ausbreitung von Radon.

Quantitative Prognosen erforderten die Ermittlung bestehender Berechnungsmethoden für die aus den verschiedenen Quellen resultierenden Radon-Quellstärken sowie die Berechnung der resultierenden Radonkonzentration in der Innenraumluft unter Beachtung der Verdünnung durch Lüftung.

Anhand der Berechnungsverfahren sollten folgende Ergebnisse prognostizierbar werden:

- Identifizierung der für Radonschutzmaßnahmen relevanten Bauvorhaben
- Berechnung der zu erwartenden Radonkonzentration in der Innenraumluft
- weitere Reduzierung der Radonkonzentration durch zusätzliche Maßnahmen
- Prüfung der Angemessenheit von zusätzlichen Maßnahmen
- Prognose und Bewertung bei individuellen, vom Referenzwert abweichenden Zielvorgaben.

4 Inhalte

Die DIN TS 18117-1 hat einen Umfang von über 50 Seiten. Insofern beschränken sich die nachfolgenden Erläuterungen lediglich auf eine kurze Zusammenfassung. Für ein besseres Verständnis sollte auf das Gesamtdokument zurückgegriffen werden.

In Bild A.2 der Norm ist die Vorgehensweise zur Abschätzung der Radonkonzentration in der Innenraumluft dargestellt:

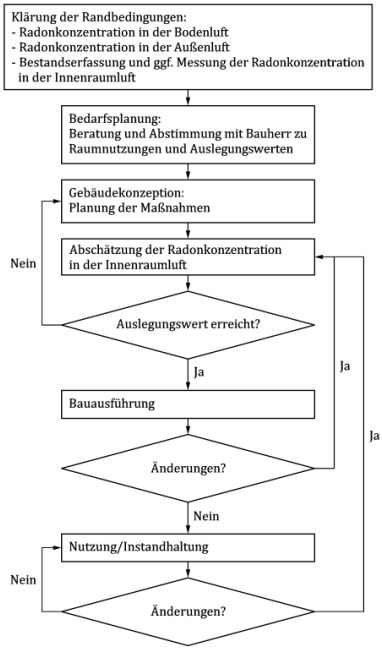


Bild A.2 — Vorgehensweise zur Abschätzung der Radonkonzentration in der Innenraumluft

Wie sich aus den Messdaten des BfS ergibt, erfüllt der weitaus überwiegende Anteil der Gebäude die gesetzlichen Anforderungen in Form des Referenzwertes.

Sofern keine strengeren Anforderungen vereinbart sind oder besondere Randbedingungen vorliegen, wird die Ausführung der ohnehin vorgesehenen Maßnahmen in den allermeisten Fällen ausreichen. Ansonsten

sind die Gebäudekonzeption bzw. die geplanten Maßnahmen anzupassen.

4.1 Maßnahmen

Neben allgemeinen Hinweisen zum Radonschutz sind Hinweise zur Gebäudekonzeption Bestandteil der Norm.

Positiv wirkt sich u. a. aus, die erdberührte Gebäudefläche möglichst zu reduzieren. Sinnvoll ist auch die Anordnung gut belüfteter Nutzungen wie z. B. Tiefgaragen in Räumen mit erdberührten Bauteilen. Ansonsten sollten in Räumen mit erdberührten Flächen möglichst Nutzungen vorgesehen werden, die keine Anforderungen an den Radonschutz haben. In diesem Fall ist eine lüftungstechnische Trennung dieser Bereiche in Betracht zu ziehen.

Bauliche Maßnahmen, die einen Beitrag zur Reduzierung des Radoneintrags leisten, werden als Radonbarrieren bezeichnet und in der Norm aufgeführt. Eine Radonbarriere kann dabei ein Material oder eine Baukonstruktion bezeichnen.

Die Wirksamkeit einer Radonbarriere kann unterschiedliche Werte erreichen. Ein Material gilt beispielsweise entsprechend der Konvention nach Prof. Keller in Deutschland als relativ radondicht, wenn es mindestens 95 % des Radons zurückhält. Ein ähnliches Material, welches nur 94 % Radon zurückhält, dürfte nach der Konvention nicht als radondicht bezeichnet werden, wäre aber dennoch in den meisten Fällen eine wirksame Radonbarriere.

Bei der Bewertung der Radonbarrieren sind die lüftungstechnischen Maßnahmen einzubeziehen. Lüftungstechnischen Maßnahmen haben das Ziel, die Radonkonzentration durch Verdünnung zu reduzieren. Die Wirkungsweise von lüftungstechnischen Maßnahmen lässt sich anschaulich an Bild 2 der Norm nachvollziehen:

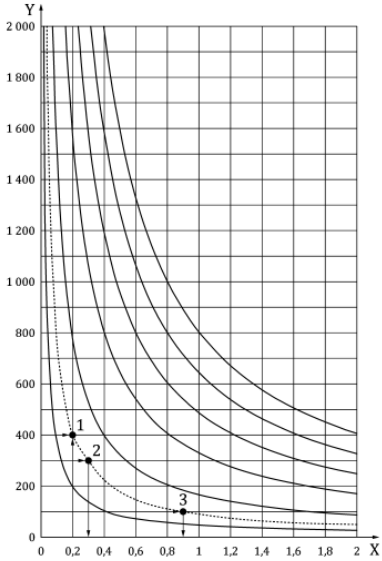


Bild 2 Beispielanwendung des Grunddiagramms für eine überschlägige Abschätzung der Auswirkungen von raumweisen Luftwechseländerungen auf die Radonkonzentration in der Innenraumluft

In Zustand „1“ ergibt sich bei einem Luftwechsel von 0,2 eine Radonkonzentration von 400 Bq/m³. Wird der Luftwechsel auf 0,3 erhöht (Zustand „2“), reduziert sich die Radonkonzentration auf 300 Bq/m³. Bei einer weiteren Erhöhung des Luftwechsels auf 0,9 reduziert sich die Radonkonzentration auf 100 Bq/m³.

Am Verlauf der Kurven wird auch ersichtlich, dass bei einem geringen Luftwechsel die Radonkonzentration überproportional ansteigt. Hieraus kann sich bereits bei einem kurzen Zeiträumen mit geringem Luftwechsel ein erheblicher Einfluss auf die Messung eines Jahresmittelwertes ergeben.

Neben der Gebäudekonzeption, den Radonbarrieren und den lüftungstechnischen Maßnahmen kann die Radonbelastung durch eine Reduzierung der erdseitigen Radonkonzentration, z. B. durch Radonbrunnen, erreicht werden.

4.2 Grundlagen

Ein wesentlicher Teil der Norm befasst sich mit den Grundlagen zum Radonschutz.

Mögliche Quellen für einen Radoneintrag in die Innenraumluft sind der Baugrund, Baustoffe, Wasser und in sehr seltenen Fällen Gas.

Aus diesen Quellen kann das Radon über verschiedene Wege in die Innenraumluft gelangen. Der Eintritt erfolgt über Konvektion, Diffusion und Exhalation.

Weitere Abschnitte der Norm befassen mit der Verdünnung der Radonkonzentration durch Lüftung.

Ebenso wird der Einfluss der Nutzung erläutert.

4.3 Berechnung

Für die einzelnen Quellen von Radon wurden die vorhandenen Berechnungsmethoden für die Ermittlung der Quellstärke zusammengestellt.

Anhand der angegebenen Formeln kann die Quellstärke ermittelt werden für:

- Konvektion durch Risse und Fugen und vergleichbare Eintrittswege
- die Konvektion durch Bauteilfugen von Fenstern und Türen
- Diffusion bei Vorliegen eines Prüfberichts nach Prof. Keller (Reduzierung mindestens 95 %)
- Diffusion, wenn kein Prüfbericht nach Prof. Keller vorliegt
- Exhalation aus Baumaterialien

Unter Verwendung der so ermittelten Quellstärken, der Raumgeometrie, des Gesamtluftwechsels des betrachteten Raumes, der Zerfallskonstante von Radon sowie der Radonkonzentration in der Außenluft kann dann die Berechnung der resultierenden gesamten Radonkonzentration in der Innenraumluft erfolgen.

Verbindliche Werte für die Materialeigenschaften sind in Teil 1 der Norm nicht aufgenommen. Die konkreten Rechenwerte lassen sich aus verschiedenen Veröffentlichungen wie z. B. des BfS, bei den Herstellern sowie aus anderen Normen etc. entnehmen.

5 Literaturverzeichnis

[1] 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

[2] Gesamtempfehlungen des 6. Deutschen Baugerichtstags; http://www.heimann-partner.com/dbgt/mp-content/user_upload/dateien/gesamtempfehlungen2016.pdf

[3] Ankündigung des DIN-Normenausschuss Bauwesen zum geplanten Normungsprojekt Radongeschütztes Bauen; http://www.din.de/de/mitwirken/normenausschuesse/nabau/radon-geschuetztes-bauen-113286

[4] Radon-Handbuch Deutschland https://www.bfs.de/SharedDocs/Downloads/BfS/DE/broschueren/ion/radon-handbuch.pdf;jsessionid=411EEF5EE903FD388062E0204DBEE88F.2_cid391?__blob=publicationFile&v=10

Praxissicht des Abdichtungsexperten auf die neue DIN TS 18117-1

Gerhard Klingelhöfer[1)]

[1)] ö.b.u.v. Sachverständiger für Schäden an Gebäuden, Pohlheim (Landkreis Gießen)

Zusammenfassung

Mit dem Beitrag wird die Praxissicht eines Abdichtungsexperten auf die neu eingeführte DIN TS 18117-1 vorgestellt. Zu Beginn wird eine Übersicht zu den Gemeinsamkeiten für den Schutz von Gebäuden gegen Wasser und Radon gegeben. Anschließend wird näher auf die Regelungen der DIN TS 18117-1 eingegangen. Ein Ausblick auf die in Erarbeitung befindliche Teil 2 der DIN TS 18117 und Beispiele zum baulichen Radonschutz mit Abdichtungen bilden den Abschluss des Beitrages.

Practical view of a sealing expert on the new DIN TS 18117-1

Summary

This article presents the practical view of a sealing expert on the newly introduced DIN TS 18117-1. At the beginning, an overview of the commonalities for the protection of buildings against water and radon is given. Then, the regulations of DIN TS 18117-1 will be discussed in more detail. The article concludes with an outlook on Part 2 of DIN TS 18117, which is currently being drafted, and examples of structural radon protection with sealings.

15. Sächsischer Radontag, online 8.4.2022

- Skript zum Vortrag –

- *Praxissicht auf die DIN/TS 18117-1 und Ausschicht auf DIN/TS 18117-2 (im Entwurf)*

Dipl.-Ing. Gerhard Klingelhöfer BDB
Öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Schäden an Gebäuden der IHK Gießen-Friedberg
Beratender Ingenieur der Ingenieurkammer Hessen
Vorsitzender Ausbildungsbeirat Abdichtung e.V.
Obmann DIN AA 18533 und Obmann AA DIN 4095
Mitarb. DIN AA 18534, DIN AG 18195, GA DIN SPEC 18117
sowie beim DAfStb als Experte des ZDB Berlin
Lehrbeauftragter Techn. Hochschule Mittelhessen (bis 2017)

Sachverständigen- u. Ingenieurbüro für Bautechnik
35415 Pohlheim, Goethestraße 49, Tel. 06403-62443
klingelhoefer-pohlheim@t-online.de

Copyright von Gerhard Klingelhöfer bzw. gemäß Quellenangaben
für alle Folien dieses Vortrages ist als Urheberrecht zu beachten.
Der Verfasser übernimmt keine Haftung für die Richtigkeit oder Vollzähligkeit der Angaben auf den Vortragsfolien. Dieser Vortrag darf nicht fotografiert und nicht in Datennetze (z.B. Internet) o.ä. eingespeichert oder veröffentlicht werden!

Gliederung des Vortrages

0. Gemeinsamkeiten für den Schutz gegen Wasser und Radon

1. Praxissicht auf die neue DIN/TS 18117-1 „Bauliche und lüftungstechnische Maßnahmen zum Radonschutz“ (VÖ 09-2021)

2. Aussicht auf den Entwurf der DIN/TS 18117-2 (in Bearb.) und Beispiele zum baulichen Radonschutz mit Abdichtungen nach DIN 18533, WTA-Merkblatt 4-6, WU-Betonkonstruktionen nach DAfStb WU-Richtlinie und Frischbetonverbundsystemen an WU-Wannen

0.) Problematik des Schutzes gegen Wasser und Radon im Hochbau

Bauen ist der Kampf gegen die Grundelemente - Wasser, Feuer, Wind, Kälte und die Schwerkraft

Außerdem sind die gesetzlichen Vorschriften und anerkannte Regeln der Technik zu beachten.

Quelle: Eigene Bilder „Wertheim Village“

Dipl.-Ing. Gerhard Klingelhöfer BDB ©
Von der Industrie- und Handelskammer Gießen-Friedberg
öbuv. Sachverständiger für Schäden an Gebäuden

3

Grundsätze für Abdichtungen gegen Wasser und Radon

1. **„Wasser hat einen spitzen Kopf!“** Δ **(Radon ist sehr kleines radioaktives Atom)**
   Der Wasser-Dipol (H_2O) ist ein sehr kleines, dreieckförmiges, polares Molekül.
   Wasser tritt als Eis (fest), Wasser (flüssig) und Dampf (gasförmig) in der Natur auf.
   Es wechselt je nach Temperatur seinen Aggregatzustand, dehnt sich bei Eisbildung erheblich aus (V+10%; stat. Eisdruck); größte Dichte bei +4C° (Anomalie d.W.).
2. **„Wasser ist konsequent“… gilt auch für Radon**
   Vorhandenes Wasser findet immer die Undichtheiten einer Abdichtung und durchdringt diese, meistens auf schädigende Weise für die zu schützenden Bauteile.
3. **Bauwerksabdichtungen und die tatsächlichen Wassereinwirkungen werden von den Planern und Ausführenden meistens unterschätzt**, mit häufig fatalen Folgen.
   Erfahrungsgemäß interessieren sich die Bauherren/AG frühestens nach den ersten Feuchte- oder Wasserschäden für die Bauwerksabdichtung, meistens fehlt hier zunächst das Problembewusstsein (=> Beratungsaufgabe des Planers!).
4. **Jede Abdichtung ist nur so gut wie ihre Planung, Ausführung, Material und die vorhandenen Randbedingungen am Bauwerk** (=>Koordinierungsaufgabe).
5. **Jede Abdichtung unterliegt einem allmählichen Verschleiß** durch Alterung, chem.+ biolog.+mechan. Beanspruchung, Temperatur, Bewitterung und sonstige Einwirkungen.
   Die planmäßige bzw. zu erwartende Nutzungsdauer einer Abdichtung ist zu beachten.
   Schutzmaßnahmen für Bauwerksabdichtungen sind daher besonders wichtig und im Allgemeinen erforderlich.

Dipl.-Ing. Gerhard Klingelhöfer BDB ©
Von der Industrie- und Handelskammer Gießen-Friedberg
öbuv. Sachverständiger für Schäden an Gebäuden

4

0.1 Aus der Musterbauordnung der Länder MBO 2013:

(Allg. bauaufsichtliche Anforderung an den Feuchteschutz, öffentlich rechtlich umgesetzt in den Länderbauordnungen)

§ 13 Schutz gegen schädliche Einflüsse (MBO)

Bauliche Anlagen **müssen** so angeordnet, beschaffen und gebrauchstauglich sein, **dass durch Wasser, Feuchtigkeit**, pflanzliche und tierische Schädlinge sowie andere chemische, physikalische oder biologische Einflüsse Gefahren oder unzumutbare Belästigungen nicht entstehen. Baugrundstücke müssen für bauliche Anlagen geeignet sein.

Was ist Radon (Rn-222) und wie entsteht es?

- **Radon (Rn-222) ist ein geruchloses, farbloses, radioaktives Edelgas, das auf natürliche Weise im Baugrund ubiquitär vorkommt und exhalierend aus dem Baugrund austritt,**
- **es entsteht beim Zerfall von Uran (U-238), z.B. in Erdgesteinen aus Granit o.ä. im Boden (Erdreich, Baugrund),**
- **die Halbwertzeit von Radon (Rn-222) beträgt ca. 3,81 Tage,**
- **bei dem Zerfall von Radon entsteht energiereiche, ionisierende Alpha-Strahlung, die beim Menschen bei dauerhafter Einwirkung durch Einatmen Lungenerkrankungen (z.B. Schneeberger Lungenkrankheit, Lungenkrebs u.ä.) verursachen kann,**
- **Radon (Rn-222) ist nicht toxisch, aber cancerogen eingestuft,**
- **das Eindringen oder/und Anreichern von Radon in Aufenthalts-räumen oder Arbeitsstätten ist zu verhindern bzw. zu begrenzen, wie in DIN/TS 18117-1 (gem. §123 StrSchG) beschrieben ist.**

Umsetzung der europ. Vorgaben aus der Richtlinie 2013/59/Euratom mit dem deutschen Strahlenschutzgesetz vom 27.06.2017

Gesetz zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung (Strahlenschutzgesetz - StrlSchG)

StrlSchG

Ausfertigungsdatum: 27.06.2017

Vollzitat:

"Strahlenschutzgesetz vom 27. Juni 2017 (BGBl. I S. 1966), das durch Artikel 2 des Gesetzes vom 27. Juni 2017 (BGBl. I S. 1966) geändert worden ist"

Stand: Geändert durch Art. 2 G v. 27.6.2017 I 1966

Fußnote

```
(+++ Textnachweis ab: 1.10.2017 +++)
(+++ Zur Anwendung vgl. §§ 43 Abs. 1, 59 Abs. 1 u. 4, 95 Abs. 5, 99 Abs. 3,
     116, 119, 120 Abs. 2, 3 u. 5, 141, 143 Abs. 2, 149 Abs. 4, 150 Abs. 1,
     157, 207, 208 Abs. 3, 210 Abs. 2, 212 Abs. 2 +++)
```

Das G wurde als Artikel 1 des G v. 27.6.2017 I 1966 vom Bundestag mit Zustimmung des Bundesrates beschlossen. Die §§ 1 bis 3, 5, 6 Absatz 3, § 7 Absatz 3, §§ 24, 30, 37, 38 Absatz 2, §§ 49, 61 Absatz 2 Satz 2, § 62 Absatz 6, § 63 Absatz 3, § 65 Absatz 2, § 68 Absatz 1, § 72 Absatz 2 Satz 2, §§ 73, 74 Absatz 3 und 4, § 76 Absatz 1 und 3, § 79 Absatz 1 und 5, §§ 81, 82, 84 Absatz 2, 3 und 5, § 85 Absatz 4, §§ 86, 87, 88 Absatz 6, §§ 89, 90 Absatz 1, §§ 91 bis 117, § 121 Absatz 2, § 123 Absatz 2, § 124 Satz 3, §§ 132, 135 Absatz 1 Satz 3, § 136 Absatz 2, § 139 Absatz 4, § 143 Absatz 1 Satz 3, § 145 Absatz 5, § 147 Absatz 6 Satz 2, § 149 Absatz 6, §§ 155, 159 Absatz 5, §§ 161 bis 165, 169 Absatz 4, § 170 Absatz 10, §§ 171, 172 Absatz 4, §§ 173, 174, 175 Absatz 2, § 180 Absatz 1 Satz 2 und 3, § 183 Absatz 4, § 184 Absatz 1 Nummer 1, 2 und 7 sowie Absatz 2, § 185 Absatz 2, § 192 und die Anlagen 4 bis 7 sind gem. Art. 32 Abs. 1 Satz 2 dieses G am 1.10.2017 in Kraft getreten. Im Übrigen tritt es gem. Art. 32 Abs. 1 Satz 3 dieses G am 31.12.2018 in Kraft.

Quelle: Strahlenschutzgesetz (StrlSchG vom 27.06.2017) gültig ab 31.12.2018

Strahlenschutzgesetz (StrlSchG vom 27.06.2017) gültig ab 31.12.2018

Inhaltsübersicht **(Auszug)** **StrlSchG insgesamter Inhalt: Teile 1 – 8, §§ 1 – 218**

Teil 1
Allgemeine Vorschriften

§ 1 Anwendungs- und Geltungsbereich

§ 2 Exposition; Expositionssituationen; Expositionskategorien

§ 3 Begriff der radioaktiven Stoffe

§ 4 Tätigkeiten, Tätigkeitsarten

§ 5 Sonstige Begriffsbestimmungen

Teil 2
Strahlenschutz bei geplanten Expositionssituationen
Kapitel 1
Strahlenschutzgrundsätze

§ 6 Rechtfertigung von Tätigkeitsarten; Verordnungsermächtigung

§ 7 Verfahren zur Prüfung der Rechtfertigung einer Tätigkeitsart; Verordnungsermächtigung

§ 8 Vermeidung unnötiger Exposition und Dosisreduzierung

§ 9 Dosisbegrenzung

Bautechnisch relevanter Teil 4 im StrlSchG, Kapitel 2 u. 3, §§ 121 – 135

Teil 4
Strahlenschutz bei bestehenden Expositionssituationen
Kapitel 1
Nach einem Notfall bestehende Expositionssituationen

§ 118 Übergang zu einer bestehenden Expositionssituation; Verordnungsermächtigungen
§ 119 Radiologische Lage, Maßnahmen, Zusammenarbeit und Abstimmung in einer nach einem Notfall bestehenden Expositionssituation
§ 120 Information der Bevölkerung und Verhaltensempfehlungen

Kapitel 2
Schutz vor Radon
Abschnitt 1
Gemeinsame Vorschriften

§ 121 Festlegung von Gebieten; Verordnungsermächtigung
§ 122 Radonmaßnahmenplan
§ 123 Maßnahmen an Gebäuden; Verordnungsermächtigung

Abschnitt 2
Schutz vor Radon in Aufenthaltsräumen

§ 124 Referenzwert; Verordnungsermächtigung
§ 125 Unterrichtung der Bevölkerung; Reduzierung der Radonkonzentration

Abschnitt 3
Schutz vor Radon an Arbeitsplätzen in Innenräumen

§ 126 Referenzwert
§ 127 Messung der Radonkonzentration
§ 128 Reduzierung der Radonkonzentration
§ 129 Anmeldung
§ 130 Abschätzung der Exposition
§ 131 Beruflicher Strahlenschutz
§ 132 Verordnungsermächtigung

Kapitel 3
Schutz vor Radioaktivität in Bauprodukten

§ 133 Referenzwert
§ 134 Bestimmung der spezifischen Aktivität
§ 135 Maßnahmen; Verordnungsermächtigung

Quelle: Strahlenschutzgesetz (StrlSchG vom 27.06.2017)

Strahlenschutzgesetz (StrlSchG vom 27.06.2017) gültig ab 31.12.2018

Kapitel 2
Schutz vor Radon

Abschnitt 1
Gemeinsame Vorschriften

§ 121 Festlegung von Gebieten; Verordnungsermächtigung

(1) Die zuständige Behörde legt durch Allgemeinverfügung innerhalb von zwei Jahren nach Inkrafttreten einer Rechtsverordnung nach Absatz 2 die Gebiete fest, für die erwartet wird, dass die über das Jahr gemittelte Radon-222-Aktivitätskonzentration in der Luft in einer beträchtlichen Zahl von Gebäuden mit Aufenthaltsräumen oder Arbeitsplätzen den Referenzwert nach § 124 oder § 126 überschreitet. Sie veröffentlicht die Festlegung der Gebiete. Die Festlegung der Gebiete ist alle zehn Jahre zu überprüfen.

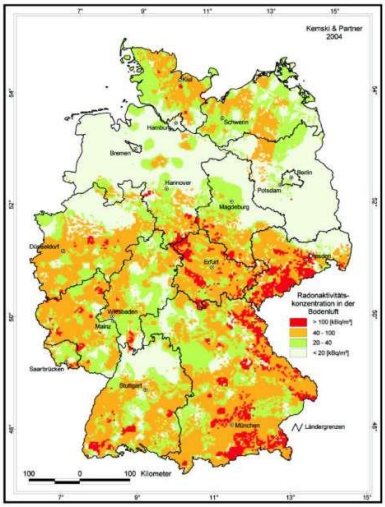
(2) Die Bundesregierung wird ermächtigt, durch Rechtsverordnung mit Zustimmung des Bundesrates zu bestimmen, unter welchen Umständen die zuständige Behörde davon ausgehen kann, dass in einem Gebiet in einer beträchtlichen Zahl von Gebäuden mit Aufenthaltsräumen oder Arbeitsplätzen die Referenzwerte nach den §§ 124 und 126 überschritten werden und welche Verfahren und Kriterien für die Festlegung der Gebiete heranzuziehen sind.

Radon-Vorsorgegebiete in BW, Bayern, Niedersachsen, Sachsen, Sachsen-Anhalt u. Thüringen
Link: https://www.bfs.de/DE/themen/ion/umwelt/radon/karten/vorsorgegebiete.html

Radonkarte für Deutschland

Radonkonzentration in der Bodenluft in kBq/m³

(Dr. Kemski Bonn)



Quelle: BMU – Themenpapier

Kürzlich aktualisierte Radonkarte D-Land (im 1 km-Raster 2022) veröffentlicht vom BfS
Link:
https://www.bfs.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/BfS/DE/2022/001.html

Strahlenschutzgesetz (StrlSchG vom 27.06.2017)

Bundesweit gültig ab 31.12.2018 für die Errichtung von Gebäuden.

§ 123 Maßnahmen an Gebäuden; Verordnungsermächtigung

(1) Wer ein Gebäude mit Aufenthaltsräumen oder Arbeitsplätzen errichtet, hat geeignete Maßnahmen zu treffen, um den Zutritt von Radon aus dem Baugrund zu verhindern oder erheblich zu erschweren. Diese Pflicht gilt als erfüllt, wenn

1. *die nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik erforderlichen Maßnahmen zum Feuchteschutz eingehalten werden und*
2. *in den nach § 121 Absatz 1 Satz 1 festgelegten Gebieten zusätzlich die in der Rechtsverordnung nach Absatz 2 bestimmten Maßnahmen eingehalten werden.*

(2) Die Bundesregierung wird ermächtigt, durch Rechtsverordnung mit Zustimmung des Bundesrates weitere Maßnahmen zum Schutz vor Radon für zu errichtende Gebäude innerhalb der nach § 121 Absatz 1 Satz 1 festgelegten Gebiete zu bestimmen.

(3) Die zuständige Behörde kann von der Pflicht nach Absatz 1 Satz 1 auf Antrag befreien, soweit die Anforderungen im Einzelfall durch einen unangemessenen Aufwand oder in sonstiger Weise zu einer unbilligen Härte führen. Eine unbillige Härte kann insbesondere vorliegen, wenn eine Überschreitung des Referenzwerts in dem Gebäude auch ohne Maßnahmen nicht zu erwarten ist.

(4) Wer im Rahmen der baulichen Veränderung eines Gebäudes mit Aufenthaltsräumen oder Arbeitsplätzen Maßnahmen durchführt, die zu einer erheblichen Verminderung der Luftwechselrate führen, soll die Durchführung von Maßnahmen zum Schutz vor Radon in Betracht ziehen, soweit diese Maßnahmen erforderlich und zumutbar sind.

Neue DIN/TS 18117-1 (Vornorm) zum Radonschutz von Aufenthaltsräumen und Arbeitsstätten

NEU

VORNORM | 2021-09

DIN/TS 18117-1:2021-09

Bauliche und lüftungstechnische Maßnahmen zum Radonschutz - Teil 1: Begriffe, Grundlagen und Beschreibung von Maßnahmen

Dieses Dokument beinhaltet Grundlagen und beschreibt Maßnahmen zum radongeschützten Bauen. Die in diesem Dokument beschriebenen Maßnahmen: - umfassen bauliche und lüftungstechnische Maßnahmen;

Verfahren: Vornorm

Dipl.-Ing. Gerhard Klingelhöfer BDB ©
Von der Industrie- und Handelskammer Gießen-Friedberg
öbuv. Sachverständiger für Schäden an Gebäuden

Konkrete Klärung der Planungs- und Bauaufgabe mit dem Bauherrn/Auftraggeber durchführen und dokumentieren

(=> §633 BGB „Vereinbarte Beschaffenheit …oder…übliche Art und Güte…“

DEUTSCHE NORM November 2016

DIN 18205

DIN

ICS 91.020

Ersatz für
DIN 18205:1996-04

Bedarfsplanung im Bauwesen

Brief for building design

Programme de conception dans l'industrie du bâtiment

Quelle: DIN 18205 (11-2016, überarbeitete Neuausgabe der Vorgängernorm von 1996)

Hinweis: DIN 18205 wird in der überarbeiteten DAfStb.-Richtlinie „Wasserundurchlässige Betonbauwerke 2017 explizit für die Planung und Grundlagenermittlung genannt.

Dipl.-Ing. Gerhard Klingelhöfer BDB ©
Von der Industrie- und Handelskammer Gießen-Friedberg
öbuv. Sachverständiger für Schäden an Gebäuden

DIN/TS 18117 - Teil 1: Begriffe, Grundlagen und Beschreibung von Maßnahmen

Inhalt:
- Vorwort und Einleitung
1 Anwendungsbereich
2 Normative Verweisungen
3 Begriffe, Abkürzungen, Symbole
4 Allgemeines
5 Messungen
6 Grundlagen für Vorsorgemaßnahmen bei Neu- und Bestandsbauten
7 Bauliche Maßnahmen
8 Lüftungstechnische Maßnahmen
9 Hinweise für Instandhaltungen
- Anhang A (informativ) Grundlagen und Fachinformationen zu Radon
- Anhang B (informativ) Berechnungsformular zur Abschätzung der sich aus den Einzelmaßnahmen ergebenden Radonkonzentration
- Literaturhinweise

Der aktuelle Umfang des Entwurfs von Teil 1 hat ca. 45 Seiten, ist derzeit noch in Der Einspruchberatung und wurde im Frühjahr 2020 als Entwurf veröffentlicht.

Teil 2 soll detaillierte Beschreibungen und Bewertung der Maßnahmen enthalten.

DIN/TS 18117 - Teil 1: Begriffe, Grundlagen und Beschreibung von Maßnahmen

1 Anwendungsbereich

Grundlagen und Maßnahmenbeschreibungen zum radongeschützten Bauen für Innenräume, zur Einhaltung der Anforderungen des Strahlenschutzgesetzes gegen das Eindringen von Radon aus dem Baugrund und aus anderen Quellen…

Die beschriebenen Maßnahmen berücksichtigen die Nutzung der Innenräume, unterscheiden zwischen Neubauten und zu sanierenden Gebäuden und umfassen bauliche und lüftungstechnische Maßnahmen.

Die DIN/TS 18117 gilt nicht für Gebäude ohne Aufenthaltsräume oder Arbeitsplätze.

Gefordert wird die frühzeitige Abstimmung der betroffenen Bau- und lüftungstechnische Gewerke in Abstimmung mit anderen Anforderungen und Fachnormen, z.B. DIN 18205, DIN 18533,WU-Richtlinie DAfStb., DIN 4108-2, DIN EN 16798-3 u. DIN 18017-3, wobei es auch zu Interessenkonflikten kommen kann, die in der Planung mit dem Bauherrn zu klären sind.

DIN/TS 18117 - Teil 1: Begriffe, Grundlagen und Beschreibung von Maßnahmen

2 Normative Verweisungen
DIN 1946-6, Raumlufttechnik – Teil 6: Lüftung von Wohnungen…

DIN 18195, Abdichtung von Bauwerken – Begriffe (auch DIN 18533)

DIN EN ISO 11665 Ermittlung von Radioaktivität in der Umwelt – Luft: Radon-222

u.a.m.…

3 Begriffe … (enthält Definitionen von div. Begriffen im Sinne der DIN/TS)

4 Allgemeines
Die DIN/TS soll Hilfsmittel zur Abschätzung der in Innenräumen zu erwartenden Radonkonzentration sein und weitergehende Informationen zu Radon geben.

5 Messungen
Die DIN/TS enthält keine Messanforderungen und verweist dazu auf das Strahlenschutzgesetz und weiterführende Verordnungen (div. Infos im Anhang).

DIN/TS 18117 - Teil 1: Begriffe, Grundlagen und Beschreibung von Maßnahmen

6 Grundlagen für Vorsorgemaßnahmen bei Neu- und Bestandsbauten

6.1 Allgemeines
Auswahl und ggf. Kombination versch. Schutzmaßnahmen in Abhängigkeit von den objektspezifischen Randbedingungen, dem gewünschten Schutzziel, der Gebäudekonzeption, Eignung der Maßnahmen, Wirtschaftlichkeit (Bauweise u. Betrieb, gesundheitlicher und ökologische Aspekter als komplexe Planungs- und Beratungsaufgabe.

6.2 Gebäudekonzeption
Bei der Konzeption von Gebäuden mit Aufenthaltsräumen oder Arbeitsstätten ist eine Radonbelastung aus dem Baugrund zu berücksichtigen und ggf. in der Planung darauf einzugehen (z.B. Erdkontakt, dichte Gebäudehülle zur Erdseite, lufttechnische Trennung im Gebäude, lüftungstechn. Maßnahmen u.v.a.m.).

DIN/TS 18117 - Teil 1: Begriffe, Grundlagen und Beschreibung von Maßnahmen

7 Bauliche Maßnahmen

7.1 Allgemeines

Bauliche Maßnahmen nach dieser DIN/TS dienen der Reduzierung des Radoneintritts in Aufenthaltsräume oder Arbeitsstätten durch abdichtende Baumaterialien oder Bauweisen, die ggf. sowieso als erdseitiger Feuchteschutz oder Abdichtung gegen Wasser vorgesehen oder separat angeordnet werden. Es kann auch die Exhalation von Radon aus Baustoffen beschränkt werden. Außerdem kann durch bauliche Maßnahmen die erdseitige Konzentration des Radons am Gebäude reduziert werden (z.B. mittels Radonbrunnen, Radondrainungen, Absaugung u.ä..).

Den Überblick und Beschreibungen möglicher baulichen Maßnahmen enthalten die Tabellen 1 - 5 der DIN/TS.

DIN/TS 18117 - Teil 1: Begriffe, Grundlagen und Beschreibung von Maßnahmen

7 Bauliche Maßnahmen

7.2 Reduzierung des konvektiven Radoneintritts (BK)

Ziel: Reduzierung konvektiver radonbelasteter Luftströmung aus dem Baugrund in das Gebäude, mittels konvektiv dichter Bauteile oder Bauarten.

Die DIN/TS unterscheidet in **flächige Eintrittspfade** für Radon **(BK 1),** z.B. erdberührte Wand- oder Bodenflächen und **lineare Eintrittspfade (BK 2),** z.B. Risse, Fugen, Durchdringungen, Öffnungen, Fenster und Sonstiges.

BK 1 Bauliche Maßnahmen gegen **flächige** Eintrittspfade (aus Tab. 1):

BK 1.1 Bauteile, z.B. flächige (luftdichte) Bauteile aus Beton, verputztes Mwk. o.ä.
(als „Minimalanforderung“ aber möglicherweise nicht ausreichend zum Radonschutz)

BK 1.2 Folien, z.B. flächige Folien zur Verringerung von (Rest)-Strömungswegen

BK 1.3 Abdichtungen, z.B. Abdichtungen erdberührter Bauteile nach DIN 18533

BK 1.4 Beschichtungen, z.B. flächige (luftdichte) Beschichtungen auf o.g. Bauteile

BK 1.5 Sonstiges (Vermeidung von „Unterdrucksysteme“ in UG-Räumen u.ä.)

DIN/TS 18117 - Teil 1: Begriffe, Grundlagen und Beschreibung von Maßnahmen

7 Bauliche Maßnahmen

7.2 Reduzierung des konvektiven Radoneintritts (BK) (Fortsetzung)

BK 2 Bauliche Maßnahmen gegen **lineare** Eintrittspfade (aus Tab. 1):

BK 2.1 Fugen/Rissverschluss, z.B. Reduzierung der Risse, luftdichter Verschluss

BK 2.2 Durchführungen, z.B. Vermeidung, Reduzierung, luftdichter Verschluss/ Abdichtung der Durchdringungen

BK 2.3 Öffnungen, Fenster, Türen, LS usw., z.B. Falzdichtungen, Fugen abdichten, automat. Türschließer, Öffnungen schließen usw.

BK 2.4 Sonstiges (z.B. keine Luft-Erdwärmetauscher ohne Radonschutz u.ä.)

DIN/TS 18117 - Teil 1: Begriffe, Grundlagen und Beschreibung von Maßnahmen

7 Bauliche Maßnahmen

7.3 Reduzierung des diffusiven Radoneintritts (BD)

Ziel: Reduzierung des diffusiven Radoneintritts aus dem Baugrund in das Gebäude, mittels Verbesserung der Diffusionswiderstände der erdberührten Bauteile, wobei prinzipiell jede bauliche Maßnahme auch einen Diffusionsschutz (BD 1) beinhaltet. Maßgebend ist hier die Fläche der BD 1 - Maßnahme.

BD 1 Diffusionsbremsen reduzieren diffusiven Radoneintritt (aus Tab. 2):

BD 1.1 Bauteile, z.B. monolithische (flächige) Bauteile aus Beton o.ä.
(„Minimum“ aber möglicherweise nicht ausreichend)

BD 1.2 Folien, z.B. flächige Folien mit hohen Radon-Diffusionswiderstand
(z.B. Radonfolien mit Prüfzeugnis o.ä.)

BD 1.3 Abdichtungen, z.B. Abdichtungen mit hohen Radon-Diffusionswiderstand

BD 1.4 Beschichtungen, z.B. Beschichtungen mit hohen Radon-Diffusionswiderstand

BD 1.5 Sonstiges (evtl. (spez.) Putz, Farbe usw. ???)

DINTS 18117 - Teil 1: Begriffe, Grundlagen und Beschreibung von Maßnahmen

7 Bauliche Maßnahmen

7.4 Reduzierung der Radonausbreitung im Gebäude (BA)

Ziel: Reduzierung der Radonausbreitung im Gebäude durch bauliche Trennung schutzbedürftiger Räume von Bereichen mit „erhöhter" Radonbelastung, ggf. mit anderen Maßnahmen zu kombinieren (z.B. BK1, BK2, BD 1 o.a.), auch Reduzierung der Aufenthaltsdauer von Menschen möglich.

BA 1 Nutzungstrennung zur Reduzierung der Radonausbreitung (aus Tab. 3):

BA 1.1 wie BK1, BK 2, BD 1 an Innenbauteilen zur (luft/gasdichten) Abtrennung

BA 1.2 Beschilderung zur Erkennbarkeit erhöhter Radonkonzentration (ggf. Auflagen)

BA 1.3 Bedarfslüftung, z.B. Radonkonzentration im Bedarfsfall durch vorlaufende Lüftung zeitweise für Aufenthaltsdauer reduzieren, u.ä.

DIN/TS 18117 - Teil 1: Begriffe, Grundlagen und Beschreibung von Maßnahmen

7 Bauliche Maßnahmen

7.5 Reduzierung der erdseitigen Radonkonzentration (BE)

Ziel: Reduzierung der erdseitigen Radonkonzentration am Gebäude, z.B. durch Radonbrunnen oder Radondrainagen als Anlagen zur leichten Unterdruck-erzeugung im angrenzenden Erdreich des Gebäudes zwecks Absaugung des Radons.

BE 1 Radonbrunnen zur Reduzierung der erdseitig. Radonkonzentration (aus Tab. 4):

BE 1.1 Radonbrunnen unter dem Gebäude (als punktuelle Absaugung)

BE 1.2 Radonbrunnen neben dem Gebäude (als punktuelle Absaugung, seitlich)

BE 2 Radondrainagen zur Reduzierung erdseitig. Radonkonzentration (aus Tab. 4):

BE 2.1 Radondrainage mit freier Lüftung (flächige Absaugung,mittels „Kaminzug" o.ä.)

BE 2.2 Radondrainagen mit mechanischer Lüftung (flächig, mittels Abluftventilator o.ä.)

BE 3 Absaugungen zur Reduzierung erdseitig. Radonkonzentration (aus Tab. 4):)

BE 3.1 Unterbodenabsaugung (mittels spez. Unterdruck-Absauganlage, u.ä.)

DIN/TS 18117 - Teil 1: Begriffe, Grundlagen und Beschreibung von Maßnahmen

7 Bauliche Maßnahmen

7.6 Reduzierung der Exhalation von Radon aus Baumaterial (BM)

Ziel: Reduzierung der Verwendung von radonexhalierender Baumaterialien zur Verringerung der resultierenden Belastung der Innenraumluft.
(Bei üblichen Baumaterialien sind daraus eher geringe Belastungen zu erwarten, die aber ggf. auch zu berücksichtigen sind, insbesonders bei belasteten Materialien.)

BM Reduzierung radonexhalierenden Materials durch bewusste Materialauswahl unter Berücksichtigung der jeweiligen Materialdaten und Vermeidung bzw. kontrollierten Einsatz radonexhalierender Baumaterialien.

Strahlenschutzgesetz (StrlSchG vom 27.06.2017) gültig ab 31.12.2018

Kapitel 3
Schutz vor
Radioaktivität in Bauprodukten

§ 133
Referenzwert

Der Referenzwert für die effektive Dosis aus äußerer Exposition von Einzelpersonen der Bevölkerung in Aufenthaltsräumen durch Gammastrahlung aus Bauprodukten beträgt zusätzlich zur effektiven Dosis aus äußerer Exposition im Freien 1 Millisievert im Kalenderjahr.

Hinweis: Im Allgemeinen sind in Deutschland in Aufenthaltsräumen und/oder Arbeitsstätten aus üblichen Baustoffen nur geringe Raumluftkonzentrationen von Radon (Rn-222) zu erwarten (geschätzt unter 10 bis 20 Bq/m³ lt. Fachlit.).

Radon | Sekundärrohstoffe | Naturwerksteine

Quelle: Bundesamt für Strahlenschutz BfS

Radon von besonderer Bedeutung

Das durch radioaktiven Zerfall aus Radium-226 entstehende gasförmige Radon-222 ist aus der Sicht des Strahlenschutzes von besonderem Interesse. Nach aktuellen Erkenntnissen wird in Deutschland ein signifikanter Anteil der Lungenkrebserkrankungen in der Bevölkerung auf die Belastung mit Radon und seinen Zerfallsprodukten in Gebäuden zurückgeführt.

Die Radonfreisetzung aus Bauprodukten wird durch die spezifische Aktivität des Radium-226 und andere, den Radontransport bestimmende Materialeigenschaften (zum Beispiel Porosität) bestimmt. Untersuchungen zeigen, dass die in Deutschland in großen Mengen traditionell verwendeten Baustoffe

- Beton,
- Ziegel,
- Porenbeton und
- Kalksandstein

im Allgemeinen nicht die Ursache für Überschreitungen des vom BfS empfohlenen Jahresmittelwertes der Radonkonzentration in Aufenthaltsbereichen sind. Dieser soll 100 Becquerel pro Kubikmeter nicht überschreiten.

Der Beitrag des Radon-222 aus Bauprodukten zur Radonkonzentration in Wohnräumen liegt bei maximal 70 Becquerel pro Kubikmeter. Bei aktuell im Handel erhältlichen Bauprodukten wurden Werte deutlich unter 20 Becquerel pro Kubikmeter bestimmt.

Radioaktivität aus Baustoffen

Quelle: Radon-Info und BfS s.u.

	Ra-226		Th-232		K-40	
	[Bq/kg TM]		[Bq/kg TM]		[Bq/kg TM]	
	Mittel	von - bis	Mittel	von - bis	Mittel	von - bis
Granit	100	30 - 500	120	17 - 311	1.000	600 - 4.000
Gneis	75	50 - 157	43	22 - 50	900	830 - 1.500
Basalt	26	6 - 36	29	9 - 37	270	190 - 380
Kies, Sand	15	1 - 39	16	1 - 64	380	3 - 1.200
Lehm, Ton	<40	<20 - 90	60	18 - 200	1.000	300 - 2.000
Ziegel, Klinker	50	100 - 200	52	12 - 200	700	100 - 2.000
Beton	30	7 - 92	23	4 - 71	450	50 - 1.300
Kalksandstein, Porenbeton	15	6 - 80	10	1 - 60	200	40 - 800

Tabelle mit spezifischen Radionuklidaktivitäten verschiedener Baumaterialien (Daten aus BMU (Hrsg., 2000): Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung im Jahr 1999.- und von Homepage des BfS: NatÜrliche Radionuklide aus Baumaterialien; TM = Trockenmasse)

DIN/TS 18117 - Teil 1: Begriffe, Grundlagen und Beschreibung von Maßnahmen

8 Lüftungstechnische Maßnahmen

8.1 Allgemeines

Ziel: Reduzierung der Radonkonzentration in schutzbedürftigen Räumen bzw. Bauwerken mittels lüftungstechnischen Maßnahmen, die ggf. sowieso bei der Errichtung von Bauwerken angewendet werden oder auch speziell zum Schutz vor Radon vorgesehen werden können.
Bei der Planung von lüftungstechnischen Maßnahmen zum Radonschutz können Konflikte mit anderen Anforderungen entstehen (z.B. Feuchteschutz, Energieeinsparung, Bauphysik, Behaglichkeit u.a.).

Der Entwurf von DIN/TS 18117 Teil 1 enthält in Tab. 6 einen Überblick über Lüftungsmaßnahmen „Lx“ und deren Wirksamkeit sowie Angaben zu Ziele/Vorteile und Risiken/Nachteile der angegebenen Maßnahmen.

DIN/TS 18117 - Teil 1: Begriffe, Grundlagen und Beschreibung von Maßnahmen

8 Lüftungstechnische Maßnahmen

8.2 Manuelle Lüftung (L 0), z.B. mittels Fensterlüftung durch die Nutzer.

8.3 Freie Lüftung (L 1)
Ziel: Reduzierung der Radonkonzentration mittels freier Lüftung durch Erhöhung des Luftwechsels in den schutzbedürftigen Räumen bzw. Bauwerk.

L 1 Maßnahmen für **Freie Lüftung** (aus Tab. 6):

L 1.1 Querlüftung der betroffenen Räumlichkeiten (Fenster, ALD o.a.)

L 1.2 Querlüftung mit sensorgesteuerter ALD (ggf. mit automat. Fensteröffnung)

L 1.3 Schachtlüftung, z.B. mittels externen Abluftschacht zur Erhöhung des Außenluftvolumenstroms in einzelnen Kellerräumen o.ä. um die Ausbreitung von Radon im Gebäude zu reduzieren.

(**ALD** = Außenwand-Luft-Durchlass)

DIN/TS 18117 - Teil 1: Begriffe, Grundlagen und Beschreibung von Maßnahmen

8 Lüftungstechnische Maßnahmen

8.4 Ventilatorgesteuerte Lüftung (L 2)

Ziel: Reduzierung der Radonkonzentration mittels ventilatorgesteuerter Lüftung durch Erzeugung eines definierten Luftwechsels (Außenluftvolumenstrom). Für die Auslegung der Lüftungssysteme ist auf DIN 1946-6 (Wohngebäude) oder DIN EN 16798-3 (Nichtwohngebäude) zu verweisen.

L 2 Maßnahmen für **Ventilatorgesteuerte Lüftung** (aus Tab. 6):

L 2.1 Zu-/Abluftsystem als Gleichdrucksystem (balancierte Lüftung)

L 2.2 Zu-/Abluftsystem als Überdrücksysteme (mit geringem Zuluftüberschuß)

L 2.3 Zuluftsystem mittels Kontrollierter Zuluftzuführung mit Überdruck und definierte Abluftabfuhr

L 2.4 Abluftsystem als Unterdrucksystem mit kontrollierter Abluftführung und Außenluftnachströmung über ALD und Restundichtheiten am Bauwerk.

Der Entwurf enthält dazu noch Hinweise für geeignete Lüftungsmaßnahmen in Abhängigkeit von der Radonkonzentration der Innenraumluft, Diagramme zur Abschätzung der Auswirkungen von raumweisen Lüftungswechselerhöhungen, Beispiele und Hinweise zur Instandhaltung.

Entwurfsbearbeitung DIN/TS 18117 - Teil 2:

Bautechnische und lüftungstechnische Maßnahmen zum Radonschutz

Ausblick:

Der zukünftige Teil 2 von DIN/TS 18117 ist derzeit und voraussichtlich die nä. 1-2 Jahre noch in der Entwurfsbearbeitung. Der Teil 2 soll die konkreten baulichen und lüftungstechnischen Maßnahmen regeln, Materialkenn-werte, Planung und Bemessung im Einzelnen beschreiben und den Teil 1 mit den erforderlichen baupraktischen und spezifischen Angaben und Regelungen ergänzen. Bislang beraten wurden z.B.:

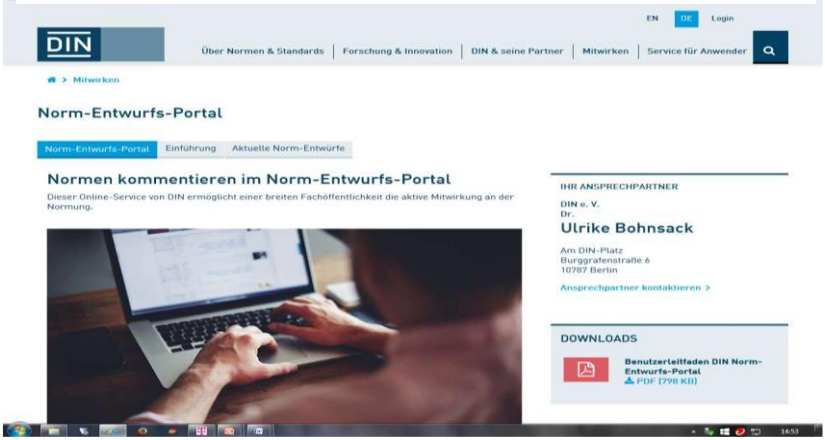
BM: - Bagatellgrenze (z.B. <= 20.000 Bq/m³ Rn-Konz. Bodenluft)
- Grundschutz (konvektivdichte erdberührte Bauwerkshülle für Referenzwert-Einhaltung bis 100.000 Bq/m³ Rn-Konz.)
- Erhöhter Schutz (diffusiv radondichte erdberührte Bauwerkshülle für Referenzwert-Einhaltung über 100.000 Bq/m³ Rn-Konz.Boden oder bei geringeren Auslegungswerten unter 300 Bq/m³ innen)

LM: - konstr. Angaben und Bemessung zu Lüftungsmaßnahmen/anlagen

Div.: - spez. Baugrundhinweise, div. Radonschutzmaßnahmen u.v.a.m.

Das **Norm-Entwurfs-Portal** im DIN bietet jedem registrierten Nutzer kostenlosen Zugang zu neuen Normen, die im Entwurfstadium sind.

http://www.din.de/de/mitwirken/entwuerfe



Fazit zum Radonschutz für Planer:

Bei der Errichtung von Aufenthaltsräumen oder Arbeitsplätze Radonproblematik mit Bauherr/AG besprechen und in der Bedarfsplanung sowie im Weiteren berücksichtigen:

- Gesetzl. Referenzwert 300 Bq/m³ oder niedrigeren Auslegungswert für die Planung der zu schützenden Räume/Bereiche festlegen; Landesvorschriften beachten;

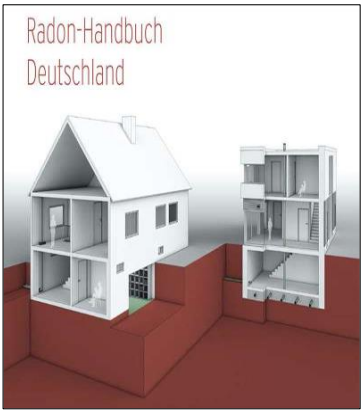
- Im Baugrundgutachten auch Radonkonzentration der Bodenluft feststellen lassen, Radonprognose und Lage des Objekts bezügl. Radon(vorsorge)gebiet (ab 31.12.2020) bestimmen lassen; in Radongebiete ist zusätzlich die StrahlenschutzVO zu beachten;

- Bauliche Maßnahmen zum Radonschutz der erdberührten Bauteile planen (z.B. flächig konvektiv dichter Feuchteschutz, Abdichtung oder ähnl. nach DIN 18533, DIN/TS 18117 u.a.);

- Nach Fertigstellung Radon-Raumluftmessungen in den erdnahen Aufenthaltsräumen bzw. Arbeitsstätten zur Erfolgskontrolle durchführen (s. DIN/TS 18117, Strahlenschutzgesetz, StrSchVO u.a.).

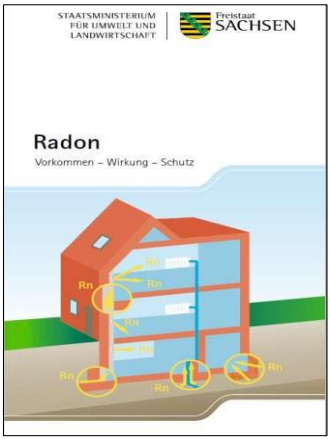
Staatl. Informationen zu Radon und Schutzmaßnahmen

Bundesamt für Strahlenschutz, www.BfS.de

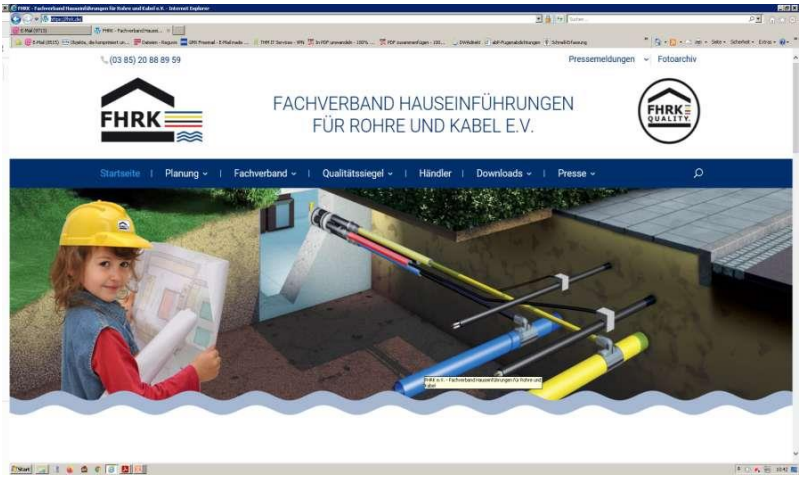


https://www.bfs.de/SharedDocs/Downloads/BfS/DE/broschueren/ion/radon-handbuch.html

Freistaat Sachsen (Umweltministerium)



https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/11631



Link zum Fachverband FHRK: https://fhrk.de/

Herausgeber:
b.v.s Sachverständige **Standpunkt**

Fachbereiche Innenraumhygiene und Bau

Radon in Gebäuden 02-2017

Der Bundesverband öffentlich bestellter und vereidigter sowie qualifizierter Sachverständiger e.V. (BVS) ist die zentrale Organisation der öffentlich bestellten und vereidigten sowie gleichwertig qualifizierten Sachverständigen in Deutschland.

Fachbereiche Innenraumhygiene/Bau

Die Fachbereiche Innenraumhygiene und Bau im BVS diskutieren in Arbeitskreisen Fachthemen, die durch Normen, Merkblätter, Richtlinien usw. nicht ausreichend geregelt sind oder deren besondere Bedeutung hervorgehoben werden soll.

Das Diskussionsergebnis wird in Standpunkten mit konkreten Empfehlungen veröffentlicht.

Der Inhalt dieser Veröffentlichung soll als Richtschnur bei Bewertungen und Beurteilungen herangezogen werden. Kritiken und Anregungen sind ausdrücklich erwünscht.

Mit Wissensfortschreibung werden Standpunkte und Richtlinien in unregelmäßiger Zeitenfolge aktualisiert.

Viele Bereiche technischer und bauphysikalischer Belange sind nicht oder nur eingeschränkt geregelt; Anforderungen nicht ausreichend definiert.

Bei Sonderkonstruktionen und beim Bauen im Bestand sind technische Regelwerke darüber hinaus häufig nicht anwendbar und es müssen Sonderlösungen gefunden werden.

Je nach Interessenlage der Planer, Ausführenden und Nutzer werden so die Lücken gegebenenfalls auch Widersprüche im Regelwerk unterschiedlich interpretiert und/oder ergänzt.

Vor diesem Hintergrund werden im BVS Standpunkte von öffentlich bestellten und vereidigten Sachverständigen, die unmittelbar mit vorstehend dargestellten Konflikten konfrontiert sind, erarbeitet.

Dieses dient dem Ziel, eine Empfehlung und Hilfe für Planer, Ausführende und Nutzer auszusprechen, wie in den Fällen, in denen keine hinreichenden Regelwerke vorhanden sind, verantwortungsbewusst gehandelt werden kann. Außerdem sollen besonders bedeutsame technische Regeln besonders hervorgehoben werden.

Die unabhängig von einer Interessenlage erarbeiteten Standpunkte des BVS stellen nach Auffassung der im BVS organisierten Sachverständigen die allgemein anerkannten Regeln der Technik dar.

Zur fachlichen Absicherung wurde der Standpunkt in einem Einspruchsverfahren zur Kommentierung gestellt. Die eingegangenen Einsprüche und Anregungen wurden im Arbeitskreis behandelt und berücksichtigt.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung
2 Begriffsdefinition
3 Grundlagen
4 Anforderungen aus Normen und Richtlinien
5 Messverfahren für Radon
6 Risikofaktoren für erhöhte Radonkonzentrationen in Innenräumen
7 Literatur / Quellen
8 Empfehlung des BVS
Mitwirkende des Arbeitskreises

Impressum
Bundesverband öffentlich bestellter und vereidigter sowie qualifizierter Sachverständiger e. V.
Charlottenstraße 79/80
10117 Berlin
Download: www.bvs-ev.de
Stand: 02.2017

Fachbereiche Innenraumhygiene/Bau Radon in Gebäuden BVS-Standpunkt 02-2017 1

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung
2 Begriffsdefinition
3 Grundlagen
4 Anforderungen aus Normen und Richtlinien
5 Messverfahren für Radon
6 Risikofaktoren für erhöhte Radonkonzentrationen in Innenräumen
7 Literatur / Quellen
8 Empfehlung des BVS
Mitwirkende des Arbeitskreises

Impressum
Bundesverband öffentlich bestellter und vereidigter sowie qualifizierter Sachverständiger e. V.
Charlottenstraße 79/80
10117 Berlin
Download: www.bvs-ev.de
Stand: 02.2017

Bedarf der Aktualisierung

Quelle: http://www.bvs-ev.de/fileadmin/user_upload/downloads/standpunkte/BVS_Standpunkt_Radon_in_Gebaeuden_2017_02.pdf

Abdichtung nach DIN 18533 oder WU-Betonkonstruktion ?

- Hautförmige Abdichtungen nach DIN 18533 sind **rissüberbrückend** und bei fachgerechter Planung + Ausführung **wasserdicht und konvektivdicht** über die Nutzungszeit, aber empfindlich gegen Leckagen und Hinterläufigkeiten. Sie werden auf die vorh. Baukonstruktion oder Hilfskonstruktionen aufgebracht. Spezielle Abdichtungen können auch radondicht sein.
  Je nach Ausführung steigen die Kosten für derartige Abdichtungen.

- Wasserundurchlässige Betonbauwerke sind i.A. nicht wasserdicht, nicht gasdicht, sondern **wasserundurchlässig, luftdicht** und **starr** (d.h. nicht rissüberbrückend) und können auch gewisse Wasserdurchtritte und Leckagen (Risse) haben, die durch planmäßige oder nachträgliche Dichtmaßnahmen oder „Selbstheilung“ geschlossen werden oder ggf. zu tolerieren sind (z.B. NK-B).

Die Baukonstruktion bildet hier die monolithische „Querschnitts+Flächenabdichtung“, wodurch im Allgemeinen Mehrkosten für Fugenabdichtungen und den WU-Beton u.a. anfallen. WU-Betonkonstruktionen gelten i. Allgem. als relativ robuste Konstruktionen, an denen Leckagen meistens auch gut nachbesserbar sind, wenn die Fehlerstellen bekannt und erreichbar sind (sofern zugänglich und bekannt).

Leider werden die Probleme in BK-1 und NK-A + Radon häufig unterschätzt.

Fazit:

- Seit 09-2021 regelt DIN/TS 18117-1 bautechn. Radonschutz.
- Erdseitige Abdichtungen oder wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton zur Reduzierung von Radoneinträge in Gebäude müssen fachgerecht geplant,fachkundig ausgeführt und detailliert überwacht werden,
- Durchdringungen in Abdichtg. oder in WU-Betonbauteilen sind detailliert zu planen, fachkundig auszuführen und spez. zu kontrollieren,
- Regelwerke DIN 18533, WU-Richtlinie DAfStb, PMBC+FPD-Richtlinien, abc der Bitumenbahnmen u.a.m. sowie Herstellerinformationen bieten gute Empfehlungen zur fachgerechten Ausführung und Fehlervermeidung.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !

Dipl.-Ing. Gerhard Klingelhöfer BDB ©
Von der Industrie- und Handelskammer Gießen-Friedberg
öbuv. Sachverständiger für Schäden an Gebäuden

39
Ende

Besonderheiten bei der Planung und Umsetzung von Radonschutzmaßnahmen an Baudenkmalen

Stefanie Kunze[1)]
Jakob Klever[1)]
Thomas Naumann[1)]

[1)] Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden, Fakultät Bauingenieurwesen, Dresden

Zusammenfassung

In diesem Beitrag wird der von der Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden im Auftrag des Sächsischen Staatsministeriums für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft erstellte Leitfaden „Minderung der Radonaktivitätskonzentration in denkmalgeschützten Gebäuden“ vorgestellt. Insbesondere wird auf die Besonderheiten von Kulturdenkmalen und deren Berücksichtigung bei der Radonsanierung eingegangen. Dabei werden beispielhaft die Beurteilung der einzelnen Maßnahmen hinsichtlich der baulichen Besonderheiten, der denkmalschutzrechtlichen Aspekte und der zu erwartenden Wirksamkeit aufgezeigt sowie die Arbeitsschritte zur erfolgreichen Radonsanierung bei denkmalgeschützten Gebäuden vorgestellt.

Specifics of the planning and implementation of radon protection measures on listed buildings

Summary

This article presents the guideline "Minderung der Radonaktivitätskonzentration in denkmalgeschützten Gebäuden" (Reduction of Radon Activity Concentration in listed buildings), which was prepared by the Dresden University of Applied Sciences on behalf of the Saxon Ministry of Energy, Climate Protection, Environment and Agriculture. In particular, the

special features of cultural monuments and their consideration in radon refurbishment are addressed. In this context, the evaluation of the individual measures with regard to the structural peculiarities, the aspects of monument protection law and the expected effectiveness is shown as an example, and the developed step-by-step procedure for radon refurbishment in heritage buildings is presented.

1 Kulturdenkmale

1.1 Was macht ein Kulturdenkmal aus?

Allein im Freistaat Sachsen sind etwa 100.000 Kulturdenkmale klassifiziert. Mehr als 80 % davon sind Wohngebäude. Hinzu kommen etwa 6.800 Industrie- und Verkehrsbauten, etwa 1.850 Kirchen und etwa 800 Schlösser und Burgen. Somit handelt es sich bei einem Großteil der Kulturdenkmale in Sachsen um Gebäude [1].

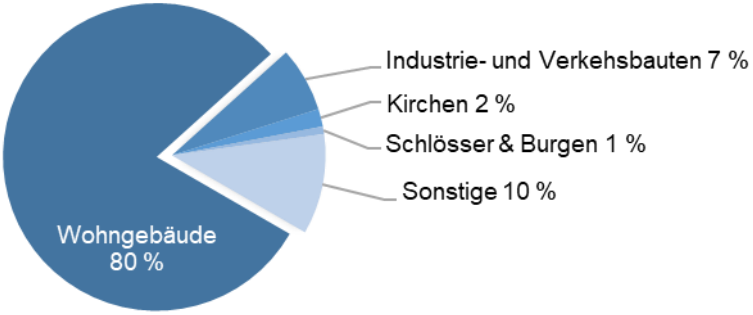


Abb. 1: Relativer Anteil verschiedener Gebäudearten an Kulturdenkmalen in Sachsen, Datengrundlage: [1].

Wesentliche Voraussetzungen für die Klassifizierung eines Gebäudes als Kulturdenkmal bilden dessen Denkmalfähigkeit und Denkmalwürdigkeit.

Ein Objekt gilt dann als denkmalfähig, wenn eine geschichtliche, künstlerische, wissenschaftliche, städtebauliche oder landschaftsgestaltende Bedeutung nachgewiesen ist. Neben der Bausubstanz selbst, kann also auch eine (frühere) Nutzung des Objektes zu dessen Denkmalfähigkeit

führen. Dies kann beispielsweise der Fall sein, wenn bekannte Persönlichkeiten in einem Gebäude gelebt bzw. gewirkt oder eine für einen Industriezweig wichtige Produktion bzw. Entwicklung in einem Gebäude stattgefunden haben.

Nicht jedes denkmalfähige Objekt wird jedoch automatisch als Denkmal eingestuft und gelistet. Neben der Denkmalfähigkeit muss ein öffentliches Interesse am Erhalt des Objektes bestehen. Sofern der diesbezügliche Bewertungsprozess der Fachbehörde eine Bestätigung erbringt, gilt das Gebäude als denkmalwürdig.

Sind diese beiden Voraussetzungen erfüllt, kann die zuständige Denkmalfachbehörde die Eigenschaft des Objektes als Kulturdenkmal feststellen.

1.2 Vorschriften und Leitsätze zum Denkmalschutz

Auch wenn der Denkmalschutz als Anliegen der Gesellschaft international in unterschiedlicher Art umgesetzt wird, gelten allgemeine Grundsätze, die in der Regel in vom Internationalen Rat für Denkmalpflege (ICOMOS) erarbeiteten, so bezeichneten Chartas festgehalten werden. In Bezug auf Gebäude sind hier insbesondere die Charta von Venedig (1964) und die Charta von Burra (1979) von grundlegender Bedeutung.

Diesbezügliche Grundsätze für die Instandsetzung von Kulturdenkmalen (Planung und Ausführung) sind

- die grundsätzliche Prüfung von Reparaturmöglichkeiten anstatt des Austauschs ganzer Bauteile,
- die Nutzung von authentischen Materialien und Konstruktionen mit traditionellen Handwerkstechniken innerhalb des Sanierungsprozesses,
- die Nutzung moderner, wissenschaftlich nachgewiesener und erprobter Konservierungs- und Konstruktionstechniken, wenn sich traditionelle Techniken als unzureichend erweisen, sowie
- die Sicherung der späteren Reversibilität von Maßnahmen, um den Denkmalwert möglichst wenig zu beeinträchtigen.

Der Schutz von Kulturdenkmalen wird in Deutschland in den Denkmalschutzgesetzen der Bundesländer geregelt.

Kulturdenkmale in Sachsen sind nach dem Sächsischen Denkmalschutzgesetz von 1993 [2] „im Rahmen des Zumutbaren denkmalgerecht zu erhalten“. Sie sollen einer Nutzung zugeführt werden, „die eine möglichst weitgehende Erhaltung der Substanz auf die Dauer gewährleistet“. Außerdem sollen möglichst alle Kulturdenkmale in „öffentliche Verzeichnisse (Kulturdenkmallisten) aufgenommen werden“ [2]. Instandsetzungen, Änderungen des Erscheinungsbildes, Erweiterungen sowie Abrisse von Kulturdenkmalen bilden grundsätzlich genehmigungspflichtige Maßnahmen. In Sachsen stehen als Kulturdenkmale eingestufte Gebäude stets in ihrer Gesamtheit unter Denkmalschutz.

Als Ansprechpartner für objektbezogene Genehmigungsverfahren (denkmalschutzrechtliche Genehmigung) und andere Fragen des Denkmalschutzes in Sachsen fungieren die Unteren Denkmalschutzbehörden bei den Landkreisen und kreisfreien Städten. Im Zuge der Bearbeitung denkmalpflegerischer Vorgänge wird das Landesamt für Denkmalpflege als zuständige Fachbehörde je nach Bedarf einbezogen. Bei kleineren Reparaturen kann es ausreichen, diese bei der Unteren Denkmalschutzbehörde anzuzeigen. Eine Abstimmung ist jedoch in jedem Fall notwendig.

1.3 Beispiele charakteristischer Kulturdenkmale in Sachsen

Aufgrund der vielfältigen Gründe, die zu einer Denkmalfähigkeit eines Gebäudes führen können, sind denkmalgeschützte Gebäude in ihrem Alter, ihrer Nutzung und ihrer Bauart und Größe entsprechend verschieden und keinesfalls an bestimmte Bauepochen gebunden.

Abb. 2: Denkmalgeschützte Mehrfamilienhäuser verschiedener Bauphasen in Dresden. Links: um 1910, Mitte: 1958, rechts: 1985.

Vom Denkmalstatus eines Gebäudes kann also nicht auf das Baujahr, die Bauweise oder die Nutzung eines Gebäudes geschlossen werden. Die Klassifizierung als Baudenkmal erfordert lediglich, dass an einem derartigen Gebäude vorgesehene Änderungen bzw. Eingriffe in die Bausubstanz mit der Unteren Denkmalschutzbehörde abgestimmt und von dieser genehmigt werden müssen. Sollten die Maßnahmen am Gebäude gegen denkmalrelevante Grundsätze verstoßen, müssen alternative Lösungen oder planerische Kompromisse gefunden werden.

2 Maßnahmen zur Reduzierung der Radonaktivitätskonzentration in denkmalgeschützten Gebäuden

2.1 Grundlegende Strategien

In Abschnitt 1.3 wurde gezeigt, wie vielfältig der Bestand an denkmalgeschützten Gebäuden in Sachsen hinsichtlich seiner Nutzung, Größe, Bauzeit und Baukonstruktionen ist. Ebenso vielfältig sind die möglichen Eintrittspfade für radonhaltige Bodenluft in Bestandsgebäude. Durch die Transportmechanismen Diffusion und Konvektion kann radonhaltige Bodenluft beispielsweise über Fußbodenkonstruktionen, Bodenplatten, Außenwände, Bauteildurchführungen, Hohlräume oder vertikale Risse in ein Gebäude eindringen. Folglich ist es für betroffene Gebäude notwendig, in Abhängigkeit von der festgestellten Radonbelastung im Innenraum geeignete Maßnahmen bzw. Maßnahmenkombinationen zu deren Reduzierung auszuwählen. Hierfür stehen verschiedene Maßnahmen zur Verfügung, welche drei grundlegenden Strategien folgen.

Unter der Strategie I „Konzeptionelle Maßnahmen“ werden solche Maßnahmen verstanden, welche ohne den Einsatz von Abdichtungsmaßnahmen an der Gebäudehülle bzw. ohne Lüftungstechnik geeignet sind, die Radonaktivitätskonzentration in der Innenraumluft zu mindern.

I.1 Erhöhung der Luftwechselrate durch freie Lüftung
I.2 Beseitigung unterdruckinduzierender Elemente
I.3 Räumliche Abtrennung belasteter Gebäudebereiche

Diejenigen Maßnahmen, welche in der Strategie II „Abdichtungsmaßnahmen“ zusammengefasst sind, zielen darauf ab, dass die erdberührte Gebäudehülle gasdicht ertüchtigt wird, um sowohl den konvektiven als auch

den diffusiven Eintritt von radonhaltiger Bodenluft zu verhindern. Neben den flächigen Abdichtungsmaßnahmen bedürfen hier insbesondere Bauteilanschlüsse und Mediendurchführungen besonderer Berücksichtigung.

II.1 Wannenartige Abdichtung (außen liegend)
II.2 Wannenartige Abdichtung (innen liegend)
II.3 Abdichtung konvektiver Eintrittspfade

Zur Strategie III „Lüftungstechnische Maßnahmen“ zählen solche Maßnahmen, bei welchen (1) durch den Einsatz von Lüftungstechnik zwecks Verdünnung der Radonaktivitätskonzentration in der Raumluft der Luftwechsel im Gebäude erhöht oder (2) zur Verringerung des konvektiven Zustroms gezielt auf die Druckverhältnisse zwischen Innenraum und angrenzendem Erdreich eingewirkt wird.

III.1 Punktuelle Bodenluftabsaugung unter bzw. neben dem Gebäude (Radonbrunnen)
III.2 Flächige Bodenluftabsaugung unter dem Gebäude (Radondrainage)
III.3 Absaugung radonhaltiger Luft im Gebäude
III.4 Aktive Gebäudelüftung

Zu diesen Maßnahmen sind im vorgestellten SMEKUL-Leitfaden detaillierte Informationen enthalten. Nachfolgend wird die Betrachtung der baulichen Besonderheiten, der denkmalschutzrechtlichen Aspekte und die zu erwartende Wirksamkeit der Maßnahme „Punktuelle Bodenluftabsaugung unter bzw. neben dem Gebäude (Radonbrunnen)“ beispielhaft dargestellt.

2.2 Punktuelle Bodenluftabsaugung unter bzw. neben dem Gebäude (Radonbrunnen)

Eine Möglichkeit, den konvektiven Zustrom von radonhaltiger Bodenluft ins Gebäudeinnere zu verringern bzw. zu verhindern, bildet die Erzeugung eines Unterdrucks im gebäudenahen Erdreich, da so das Druckgefälle zwischen Innenraum und Erdreich verringert oder bestenfalls umgekehrt wird. Ein Unterdruck im gebäudenahen Erdreich kann durch punktuelle Absaugung der Bodenluft, einen so bezeichneten Radonbrunnen, in der Regel mit mechanischer Unterstützung eines Rohrventilators erzielt werden. Dieser Radonbrunnen kann unterhalb des Gebäudes, aber

auch außerhalb der Gebäudehülle angeordnet werden. Mögliche Varianten zur Anordnung und deren wahrscheinliche Wirksamkeit sind in SMEKUL 2020 [3] enthalten.

Da es sich hierbei um einen punktuellen baulichen Eingriff handelt, kann diese Maßnahme mit relativ moderaten baulichen Aufwendungen und Kosten hergestellt werden. Auch bereits vorhandene Schächte, beispielsweise Pumpen- oder Sickerschächte, lassen sich eventuell zu einem Radonbrunnen umfunktionieren. Besonderes Augenmerk muss jedoch auf der gasdichten Abdichtung der möglicherweise notwendigen Bauteildurchführungen geachtet werden.

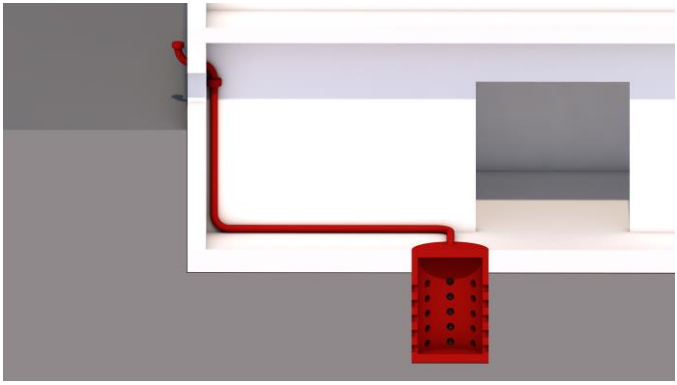


Abb. 3: Schematische Darstellung eines Radonbrunnens unter einem Gebäude.

Die Möglichkeit, einen solchen Radonbrunnen neben dem Gebäude auszuführen, bietet aus denkmalpflegerischer Sicht den Vorteil, dass die Maßnahme ohne bzw. mit geringem Eingriff in die Bausubstanz umgesetzt werden kann. Bei einer Ausführung unterhalb eines Gebäudes ist es jedoch notwendig, die bestehende Fußbodenkonstruktion im Arbeitsbereich punktuell aufzubrechen. Darüber hinaus wird die angesaugte, radonhaltige Bodenluft über Rohrleitungen an die Außenluft abgegeben. Hierfür sind eventuell Außenwand-/ Decken- sowie Dachdurchbrüche nötig und die Leitungsführung kann das optische Erscheinungsbild des Innenraums beeinträchtigen. Durch eine geschickte Anordnung des Radonbrunnens können solche unerwünschten Eingriffe in die Denkmalsubstanz reduziert werden.

Tab. 1: Beurteilung der Maßnahme „Punktuelle Bodenluftabsaugung unter bzw. neben dem Gebäude“

Bauliche Belange	Denkmalpflegerische Belange	Beurteilung der Wirksamkeit
+ punktueller baulicher Eingriff - ausreichend luftdurchlässige Bodenschicht am Standort erforderlich	<u>Bei Ausführung neben Gebäude</u> + Umsetzung ohne bzw. mit geringen Eingriffen im Gebäude möglich <u>Bei Ausführung im Gebäude</u> - Punktuelles Aufbrechen der Fußbodenkonstruktion im Kellergeschoss - Abführung der Bodenluft notwendig, daraus resultieren evtl. Außenwand-/ Decken-/ Dachdurchbrüche oder Veränderungen der vorhandenen Fensteröffnungen	+ bei ausreichend permeablen Böden sehr wirksam - stark abhängig von der Permeabilität des Bodens (bestimmt die Anzahl notwendiger Radonbrunnen) - Stauwasser im Baugrund kann Effektivität reduzieren

Die Wirksamkeit dieser Maßnahme wird maßgeblich von der Permeabilität des Bodens bestimmt. Ist der vorhandene Boden ausreichend permeabel, so stellt sich ein hoher Unterdruck im Erdreich ein und es wird eine sehr hohe Wirksamkeit erreicht. Bei weniger permeablen Böden kann durch die Anordnung weiterer Radonbrunnen ebenso eine hohe Wirksamkeit erzielt werden. Jedoch ist zu beachten, dass es bei schwach wasserdurchlässigen Böden infolge zukünftiger reduzierter Bodenfeuchte aufgrund der Absaugung zu Setzungsprozessen kommen kann. Darüber hinaus kann die Wirksamkeit auch durch zeitweiliges Stauwasser reduziert werden.

3 Empfohlenes Vorgehen zur Radonsanierung bei denkmalgeschützten Gebäuden

Den Abschluss des vorgestellten Leitfadens bildet ein systematisiertes, schrittweises Vorgehen zur Radonsanierung bei denkmalgeschützten Gebäuden. Die vorgeschlagene Strukturierung des Diagnose-, Planungs- und Ausführungsprozesses soll hier als Hilfestellung dienen, alle relevanten Arbeitsschritte im Hinblick auf die richtige Einschätzung der Randbedingungen, die korrekte Auswahl und Umsetzung der Maßnahmen sowie die Beachtung denkmalpflegerischer Grundsätze bei der Radonsanierung von denkmalgeschützten Gebäuden zu beachten. Eine ausführlichere Beschreibung der einzelnen Schritte ist im Leitfaden enthalten.

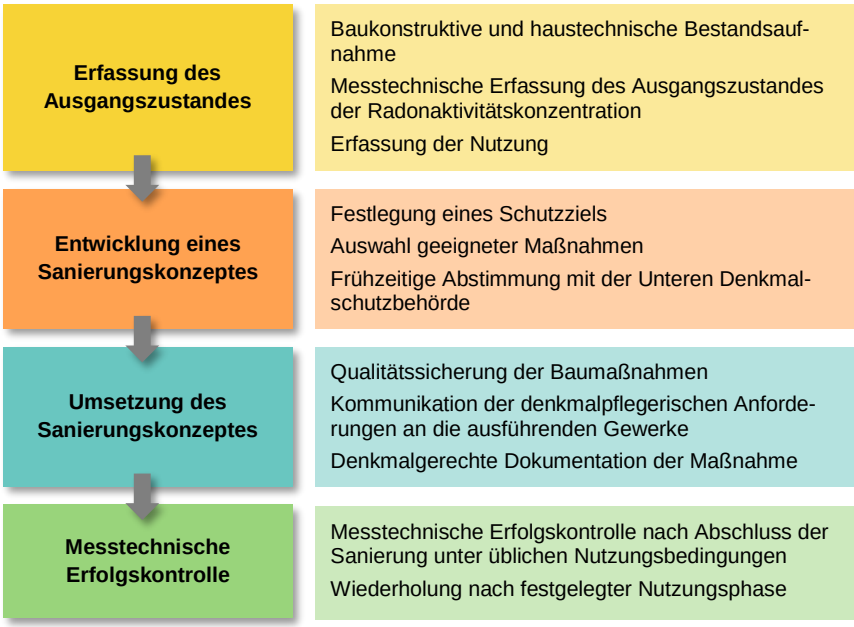


Abb. 4: Zusammenfassung der Arbeitsschritte zur Radonsanierung bei denkmalgeschützten Gebäuden

4 Zusammenfassung

Eine besondere Herausforderung bildet der Radonschutz bei der Erhaltung, Instandsetzung und Veränderung von (historischen) Bestandsgebäuden. Insbesondere beim radonsicheren Sanieren von denkmalgeschützten Gebäuden sind meist vielfältige objektbezogene Randbedingungen zu beachten.

Da sowohl die nachträgliche Bauwerksabdichtung als auch der Einbau von Lüftungstechnik im denkmalgeschützten Bereich bereits gängige Praxis sind, lassen sich grundsätzlich viele anerkannte Maßnahmen zur Senkung der Radonaktivitätskonzentration auch in denkmalgeschützten Gebäuden umsetzen. Neben baulichen Gegebenheiten, Kosten und der zu erwartenden Wirksamkeit sind zusätzlich denkmalpflegerische Aspekte bei der Wahl der geeigneten Maßnahmen bzw. Maßnahmenkombinationen zu beachten. Letztere können dazu führen, dass einzelne Maßnahmen an bestimmten Objekten nicht oder nur mit deutlich höherem Aufwand als üblich umgesetzt werden können. Dabei ist es unerlässlich, jegliche Maßnahmen, die einen Eingriff in die Bausubstanz oder eine optische Veränderung des Gebäudes zur Folge haben, mit der Unteren Denkmalschutzbehörde abzustimmen.

Es ist davon auszugehen, dass für einen Großteil der denkmalgeschützten Gebäude, in denen eine zu hohe Radonbelastung im Innenraum festgestellt wird, geeignete Maßnahmen zur Senkung der Radonaktivitätskonzentration gefunden und umgesetzt werden können.

5 Danksagung

Die Autoren bedanken sich beim Sächsischen Staatsministerium für Energie, Klimaschutz, Landwirtschaft und Umwelt für die vertrauensvolle Zusammenarbeit bei der Erstellung des vorgestellten Leitfadens.

Der vorgestellte Leitfaden gibt einen Überblick über die an denkmalgeschützten Gebäuden einsetzbaren Methoden zum Radonschutz und beschreibt mögliche Konfliktpunkte zwischen Maßnahmen des Radonschutzes und anerkannten Grundsätzen denkmalgerechter Sanierungsprozesse.

Kunze, S.; Klever, J.; Naumann, T.; Golz, S. (2021):
Minderung der Radonaktivitätskonzentration in denkmalgeschützten Gebäuden – Leitfaden, Sächsisches Staatsministerium für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft (SMEKUL) (Hrsg.). https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/39274

6 Literaturverzeichnis

[1] Sächsisches Staatsministerium des Innern (SMI) (2013): Denkmale in Sachsen. Hinweise für Denkmaleigentümer I: Was ist Denkmalschutz? Dresden.

[2] SächsDSchG, vom 03.03.1993 (1993): Gesetz zum Schutz und zur Pflege der Kulturdenkmale im Freistaat Sachsen.

[3] Sächsisches Staatsministerium für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft (Hg.) (2020): Radonschutzmaßnahmen. Planungshilfe für Neu- und Bestandsbauten. Unter Mitarbeit von Michael Reiter, Hannes Wilke, Walter-Reinhold Uhlig

Radonschutzmaßnahmen an einem komplexen Schulgebäude

Bernd Leißring[1)], *Guido Leißring*[1)], *Gerd Meyer*[2)]

[1)] Geoprax Bergtechnisches Ingenieurbüro, Chemnitz
[2)] Stadt Zwickau

Zusammenfassung

In diesem Beitrag werden Radonschutzmaßnahmen an einem komplexen Schulgebäude dargestellt. Zu Beginn wird die Ausgangssituation durch die Vorstellung der Messergebnisse, den geologischen Randbedingungen und der Gebäudesubstanz aufgezeigt. Aufbauend auf die Diskussion von möglichen Migrationspfaden der Bodenluft ins Gebäude werden die Maßnahmen zur Senkung der Radoninnenraumkonzentration unter Beachtung des Denkmalschutzes vorgestellt. Der Beitrag schließt mit der Erläuterung der bisherigen Sanierungsschritte und der erreichten Ergebnisse.

Radon protection measures on a complex school building

Summary

In this article radon protection measures at a complex school building are presented. At the beginning, the initial situation is shown by presenting the measurement results, the geological boundary conditions and the building structure. Based on the discussion of possible migration paths of the soil air into the building, the measures for the reduction of the indoor radon concentration under consideration of the protection of listed buildings are presented. The paper concludes with an explanation of the previous remediation steps and the achieved results.

Radonschutzmaßnahmen an einem komplexen Schulgebäude

G. Meyer

Stadt Zwickau

B. Leißring
G. Leißring

GEOPRAX
BERGTECHNISCHES INGENIEURBÜRO

GEOPRAX

Inhaltsübersicht

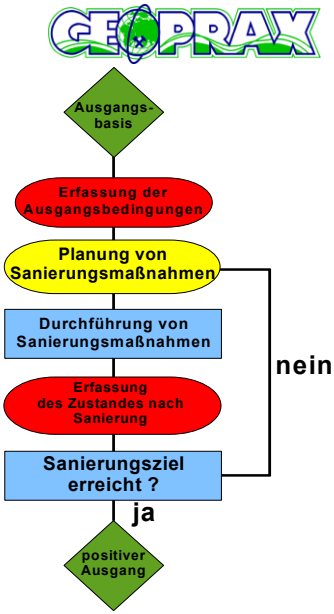
- Ausgangsmessungen
- Gebäudesubstanz, geologisches Radonpotential, Kelleranlagen, potentielle Migrationswege für Bodenluft
- Planung der Maßnahmen zur Senkung der Radoninnenraumkonzentration unter Beachtung des Denkmalschutzes
- bisherige Sanierungsschritte und erreichte Ergebnisse
- iterative Realisierung der Maßnahmen
- Technische Ausführung der Sanierung
- Ergebnisse der Maßnahmen

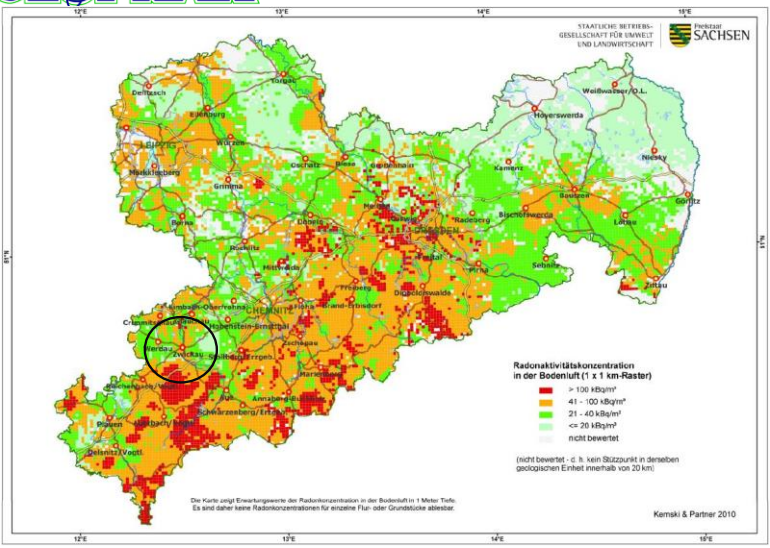
Sanierungskonzept

Für die Realisierung von Radonsanierungsmaßnahmen ist folgendes iteratives Vorgehen relevant.

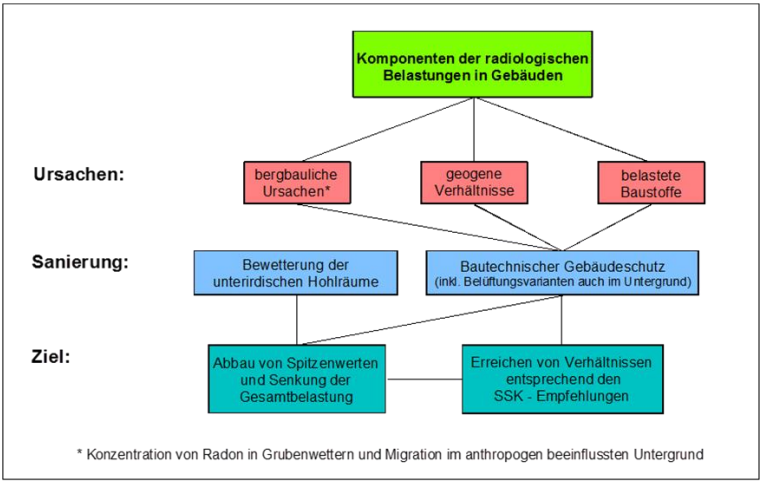
Die Sanierungsschritte sind durch jeweilige Kontrollmessungen in ihrer Auswirkung auf die Belastungssituation im Gebäude zu prüfen.

Entsprechend dem Messbefund können die weiteren Maßnahmen kostenoptimiert angepasst.





Bodenradonkarte Sachsen



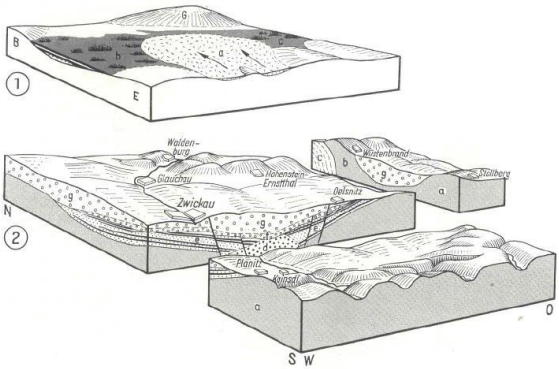
Gesetzliche Gegebenheiten, Ausblick und Hinweise

- Vor Beginn der Sanierung muss in Abstimmung mit dem Auftraggeber über den zu erreichenden Zielwert und die Machbarkeit im jeweiligen Objekt (Kostenaufwand) gesprochen werden.
- Bei komplizierten Ausgangsbedingungen hat sich eine iterative Abarbeitung der Sanierungsschritte auch zur Einhaltung von Kostenrahmen bewährt.
- Mit Langzeitmessungen muss der Sanierungsstand nach Abschluss der Baumaßnahmen dokumentiert werden.
- Meist sind die Sanierungsmassnahmen mit technischen Anlagen gekoppelt. Eine turnusgemäße Prüfung der technischen Anlagen ist Voraussetzung für eine dauerhafte Radonsenkung (Wartungspflicht).
- Die ausgeführten baulichen Maßnahmen müssen dokumentiert werden (Hausakte), bei Modernisierungsmaßnahmen, Umbauten u. ä. im Objekt müssen die vorhandenen Radonschutzgegebenheiten unbedingt beachtet werden, damit es nicht durch Zerstörungen zu negativen Auswirkungen kommt.

Hauptsächliche Sanierungswege

- Beeinträchtigung der Radonquelle durch Abdichtung der erdberührten Gebäudeteile oder Absaugung der radonbehafteten Bodenluft
- Erhöhung der Luftwechselrate bis Radonkonzentration unter 300 Bq/m³ erreicht wird

Geologie am Standort



Das Erzgebirgische Becken

1 Zur Zeit des Oberkarbons: *E* Höhen des Erzgebirgssattels, *B* des Bergaer Sattels, *G* des Granulitgebirgssattels, *a* Schwemmkegel aus Sand und Kies, *b*, *c* Steinkohlensümpfe bei Zwickau und Oelsnitz

2 Die heutige Landschaft: *a* Grundgebirge, *b* Schiefermantel des Granulitgebirges, *c* Granulit, *d* flözleeres Oberkarbon (Sedimente des Schwemmkegels zwischen Zwickau und Oelsnitz), *e* flözführendes Oberkarbon, *f* graues Konglomerat (unterste Schicht des Rotliegenden, schneidet Steinkohlenflöze erosiv ab), *g* Rotliegendes

8

D
FLÜGEL D
C
FLÜGEL C
A
FLÜGEL A
B
FLÜGEL B

Erste Radonmessungen und Ergebnisse bis Juni 2018

- Beteiligung der Stadt Zwickau am freiwilligen Radonmessprogramm des Freistaates Sachsen
- **02/2016 bis 02/2017** - Langzeitmessungen an 16 Schulen der Stadt
- **08/2017** - Ergebnisse der Langzeitmessungen liegen vor, Festlegung: Durchführung von Kurzzeitmessungen, um konkrete Ergebnisse für die Aufenthaltszeiten zu ermitteln
- **11/2017** - Durchführung der Kurzzeitmessungen in den Schulen
- **5.6.2018** - sofort nach Vorliegen der Kurzzeit-Messergebnisse wurden alle Daten den Schulen mitgeteilt; Festlegung erster Lüftungsmaßnahmen/Änderung des Nutzungsverhaltens , CO_2-Detektoren aufgestellt, Radonfachbüro GEOPRAX einbezogen, Zusicherung der Stadt, dass die Thematik Priorität hat
- **21.6.2018** - Informationsveranstaltung für Eltern und Lehrer
- **27.6.2018** - Brief des Schulleiters an Eltern zu Ergebnissen und Bewertung der Radonmessungen sowie zu Maßnahmen

Maßnahmen und vertiefende Untersuchungen von Juni 2018 bis Mai 2019

- Aufstellung der beiden städtischen Radonmessgeräte für detaillierte Stichprobenmessungen; im Ergebnis: Feststellung eines hohen Radonwertes im Kellergewölbe des Gebäudeflügels A
- Sichtung aller verfügbaren Bauakten aus 20 Jahren Sanierung und historischer Pläne
- **bis 11/2018** - Versuch einer Abdichtung des Kellerbodens, der Leitungsdurchführungen und der Kellerdecke; stufenweiser Einbau eines Abluftsystems 2018 im Keller des Flügels A
- **02/2019** - Sanierung und Abdichtung des Lehrerzimmers
- umfangreiche **Radon-Messungen** von GEOPRAX **im Sommer 2018, im Winter 2018/2019 und im März 2019** - Analyse und Erfassung des Luftwechselregimes in den Gebäuden
- **05/2019 - Festlegung der nächsten Arbeiten:**
  - weiterer Lüftereinbau in den zugänglichen Kellerbereichen und
  - Lüftungsversuche während der Sommerferien zur Vorbereitung der Lüftungsplanung

Besonderheiten des CWG

- **Beachtung Denkmalschutz**, Brandschutz, Gebäudestatik; starke Windanfälligkeit des auf einer Klippe gebauten Gebäudekomplexes - damit starke Druckschwankungen im Gebäude; 2 Fahrstühle im Gebäude

- jeder Raum muss speziell betrachtet werden, **dezentrale und zentrale Lösungen sind möglich** = Einzelfallentscheidung; bautechnisch schwierig umzusetzen

- **lärmintensive Bauarbeiten sind nur in der unterrichtsfreien Zeit möglich**

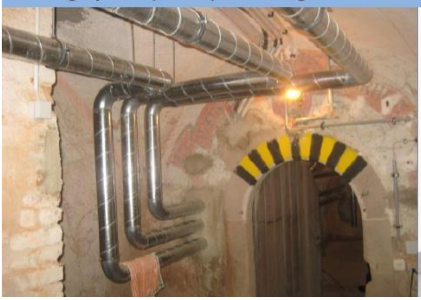
- Unterricht erfolgt meist als Doppelstunden; schneller Anstieg von CO_2 in der Raumluft, da seltenerer Raumwechsel der Schüler

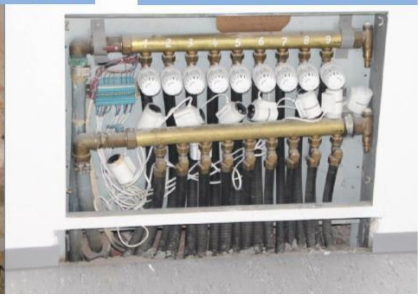
- Gebäudeflügel sind teilweise etwa 400 Jahre alt, d. h. fehlende Baupläne, „versteckte“ Hohlräume, Kaminabzüge und gasoffene Kanäle zwischen den Etagen

- *generelle Thematik bei Schulen:* Beim Nachweis der Radonbelastung in Schulen sollte man angesichts einer **jährlichen Aufenthaltsdauer von nur etwa 15% eines Jahres** nicht die Jahresmessung als Maßstab für eine Radon-Sanierung anwenden, sondern die reale Aufenthaltszeit anhand der zeitaufgelösten Messungen beachten

Lüftungssystem (Abluft) im Kellergewölben des Flügels A

Heizverteiler im Lehrerzimmer

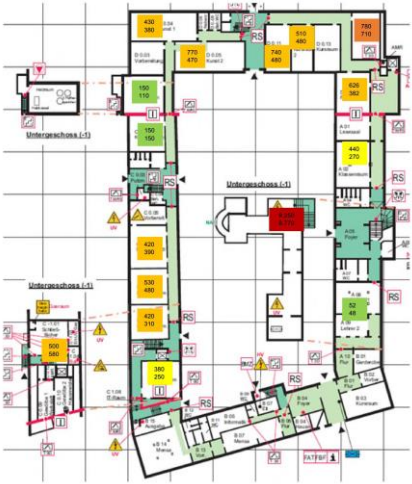




		15.-29.03.2019			
Raum	Bezeichnung	MW gesamt	MW Schulzeit	Wintermessung 2017	Langzeitmessung 16/17
A02	U-Raum	440	270	703	800
A1.06	Aula	150	190		
A1.07	U-Raum	150	160		
A1.08	PC-Raum	150	150		
B1.03	Physik	260	300		
B1.05	Biologie, Physik	660	630		
B1.06	Biologie	940	1.200		
C0.01	U-Raum	150	130		180
C0.06	Chemie	420	390	306	600
C0.07	U-Raum	530	480		
C0.08	U-Raum	420	310	259	550
C1.01	U-Raum	90	140		
C1.03	U-Raum	90	110		
C1.04	U-Raum	140	170		
C1.05	U-Raum	110	130		
C1.06	U-Raum	660	840		
C1.07	U-Raum	380	250		
D0.01	U-Raum	150	110		
D0.04	Kunst	430	380	494	850
D0.05	Kunst	770	470		
D0.11	U-Raum	740	480		
D0.12	U-Raum	510	370	579	640
D0.15	TC	780	710	1760	1400
D0.17	TC	626	382	1002	1000
D1.01	Informatik	250	240		
D1.04	Musik	540	480		
D1.05	Musik	420	341		
D1.12	Saal	310	370		
D1.16	U-Raum	430	370		
	Hausmeisterraum	500	580	1233	2200
	Lehrerzimmer	52	48	1323	1200
	Keller	9.250	8.770		

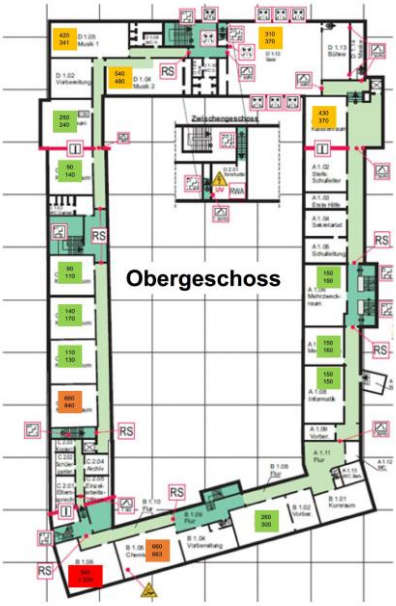
Vergleich der Ausgangs-messungen und der Messungen nach den ersten Sanierungs-schritten

Verteilung der Messwerte



Erdgeschoss/Keller

310 / 370 = Mittelwert gesamt / Mittelwert Schulzeit



Verteilung der Messwerte im Obergeschoss

Mögliche Verbesserung der Radonsituation

- **Maßnahmen in den Kellerbereichen könnten umgehend geplant und umgesetzt werden**

- **Installation erster Lüfter als Pilotprojekt in ausgewählten Räumen und weitere Abdichtungsmaßnahmen; Ausführung während der Sommerferien 2019 sinnvoll**

Ziel: deutlich verbesserte Radonsituation im neuen Schuljahr

Sanierungsmöglichkeiten

Schlussfolgerungen aus dem damaligen Kenntnisstand und den Messergebnissen

- Absaugung der erkannten, hohen Radonbelastungen in den vorhandenen Kellern (im Keller Flügel A liegt Unterdruck an, neu dazu kommen Keller C0.09 und das Altgewölbe unter Flügel D ebenfalls mit einer Unterdruckbewetterung) zur Entlastung der darüberliegenden Klassenräume

- Unterbindung von Migrationswegen des Radons vom Untergrund in das Gebäude
  - nur theoretisch vollständig realisierbar
    - Problem der Teilunterkellerung
    - Kein Horizont für Gesamtabsaugung

Sanierungsmöglichkeiten

Schlussfolgerungen aus den bisherigen Kenntnisstand und den Messergebnissen

- Erhöhung der Luftwechselrate für Räume mit einer Belastung von > 300 Bq/m³ (**in Planung**)
  - **Einzellösungen** oder Lüftungsverband
- Abdichtung der zwei Fahrstuhlsümpfe und von Leitungsdurchführungen vom Keller ins Gebäude in zugänglichen Bereichen, z. B. Keller C009 und C010
- Einzellösungen in Klassenräumen, bei denen eine techn. Lüftung nicht ausreicht (z. B. Abdichtung alter Medienzuleitungen)

  Unterbodenabsaugung unter bestimmten Räumen

Was ist seit Mai 2019 geschehen?

bis 08/2019
raumlufttechnische Versuche in allen vier Gebäudeflügeln sowie Kellerbereichen; Auswertung durch GEOPRAX mit dem Ergebnis: „Vorzugsvariante Lüftereinbau“

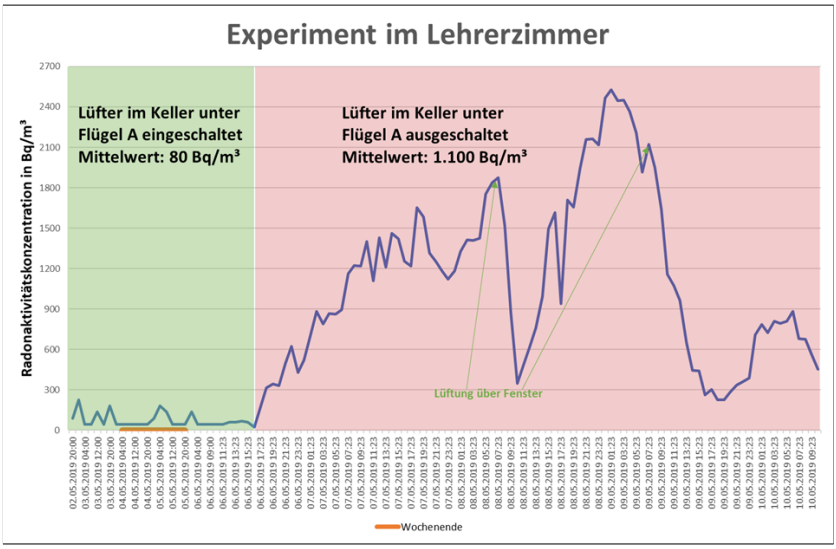
09/2019
Abstimmungen mit dem Radonfachbüro GEOPRAX, dem Fachplaner für Lüftungstechnik und einem Ingenieurbüro für Bauwesen; Auftrag zur Erarbeitung einer Kostenschätzung für den Lüftungseinbau

bis 08-2021
Fertigstellung aller geplanten Lüftungssysteme: Unterbodenentlüftung im Flügel D, Fensterlüftungen in allen Gebäudeflügeln

Danach - mit Beginn des üblichen Regelschulbetriebes:
Inbetriebnahme und Einstellung aller eingebauten Lüfter im Gebäudekomplex

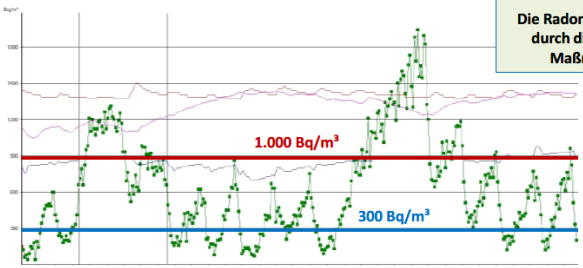
Ständig: Kontrollmessungen der Radonkonzentration in den Klassenräumen

Vergleich
Lüfterbetrieb - Nichtlüftung
und Erfolg aller bisherigen Maßnahmen

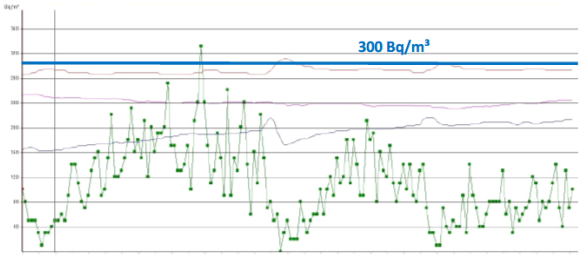


Fazit:

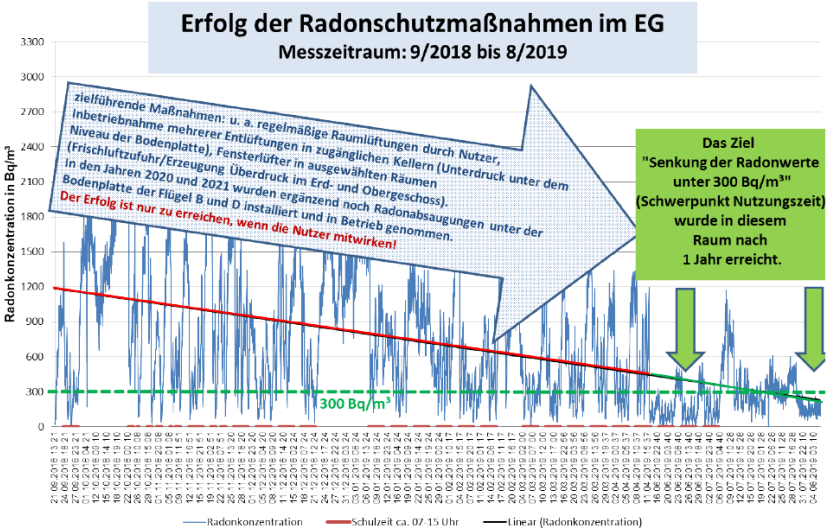
Die Radonsituation hat sich in den Räumen durch die Kombination aller bisherigen Maßnahmen deutlich verbessert.



Klassenraum im EG
März 2019
kein Lüfter



Klassenraum im EG
August 2019
Lüfter Frischluft
139 Bq/m³



Clara-Wieck-Gymnasium

Kontrolle der Wirkung Unterbodenlüftung im Flügel D (Raum D011) 2020

Messzeitraum	Mittelwert	Lüfter	Raumnutzung: Unterricht	Raumnutzung: unbesetzt
28.10.-6.11. (9 Tage)	753 Bq/m³	aus	422	796 Bq/m³
6.11.-10.11. (4 Tage)	231 Bq/m³	an	150	251 Bq/m³
10.11.-20.11. (10 Tage)	237 Bq/m³	an	165	243 Bq/m³
20.11.-25.11. (5 Tage)	674 Bq/m³	aus	369	735 Bq/m³
			(93 Std.) 13,88%	(577 Std.) 86,12%

Clara-Wieck-Gymnasium

Auswertung der Messergebnisse 21.12.2020 bis 4.1.2021

Wirkungstest Lüfter im Altkeller unter Flügel D

	Funktion	Lage	Lüfterzustand: an	Lüfterzustand: aus
D003	Vorb. Kunst	EG	110	779
D105	Klassenraum Musik	1. OG	188	553
Flur bei D001	Flur	EG, zwischen Flügel C-D	203	351

Technische Realisierung der Unterbodenbelüftung (ALPHATERM GmbH)

- Im Flügel D der Schule wurde versucht, unter Beachtung der baulichen und der recherchierten Unterbodenbedingungen, mittels Unterdruckhaltung unter der Bodenplatte eine Senkung der Radonbelastung unter 300 Bq/m³ zu erreichen.

- Dabei waren Anforderungen an den Brandschutz, dem Lärmschutz und des Denkmalschutzes zu beachten. Die Abführung der radonhaltigen Luft aus den Radonbrunnen erfolgte auf der Rückseite des Gebäudes. Die Optimierung der Lüftung mittels Absaugturbinen wurde mittels der Überwachungskotrolle (RADONCOM der Firma Alphaterm) in Echtzeit gemessen und entsprechend der Messwerte gesteuert.

- **Das Sanierungsziel wurde erreicht.**

29

Aktueller Stand 03/2021

- **in 21 Aufenthaltsräumen** der Schule waren die Radon-Werte in der Innenraumluft zu senken, d. h. **Lüftungstechnik einzubauen**:
  im Erdgeschoss: 13 Räume
  im Obergeschoss: 8 Räume

- **Dauerbetrieb der Lüfter in allen zugänglichen Kellerbereichen** (*Unterdruckerzeugung durch Abluftregelung*)

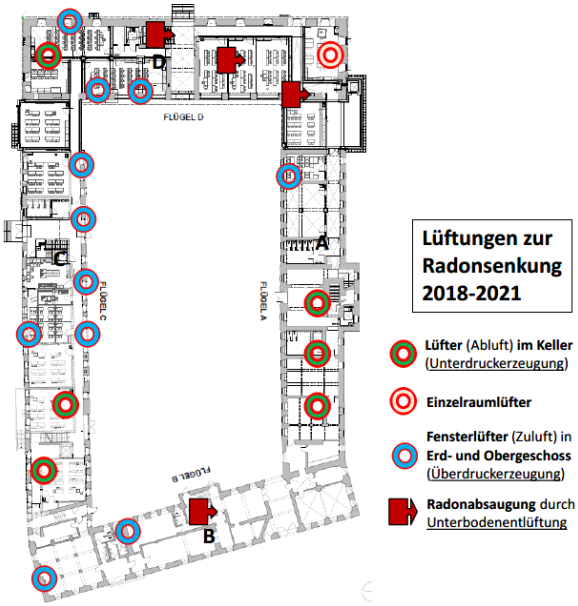
- **Weiterbetrieb des Lüfters mit Vorwärmung im Werkraum Flügel D**

- **Dauerbetrieb der Radonabsaugungen unter der Bodenplatte mit Schwerpunkt im Flügel D** *(Unterbodenentlüftung)*

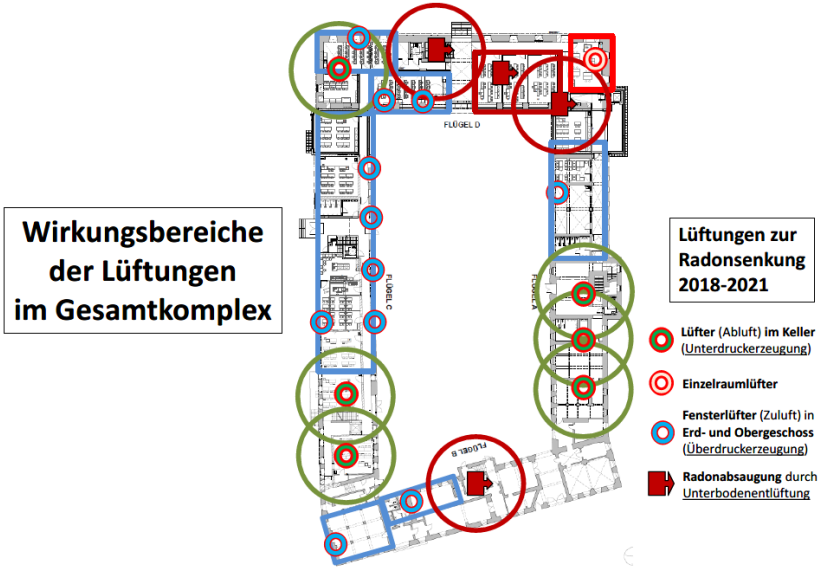
- **Betrieb aller installierten Fensterlüfter in Erd- und Obergeschoss** *(Überdruckerzeugung durch zeitgesteuerte Zuluftregelung)*

- *ergänzend: weiterhin **regelmäßiges Fenster-Lüften der Räume durch die Nutzer** während der Nutzungszeit*

Radonlüftungen im Gesamtkomplex



32



Nach Fertigstellung der Sanierungsarbeiten bezüglich des Radonschutzes im Clara-Wieck-Gymnasium wurden zur Überprüfung der Wirksamkeit, Kontrollmessungen in allen Klassenräumen des Erd- und Obergeschosses durchgeführt.

Messzeitraum: 28.10. bis 12.11.2021

Der Zeitraum lag somit in einer meteorologischen Übergangszeit (Herbst).

Monitor	Messpkt.	Expositionsort	Ø C-Rn in Bq/m³ gesamt	Ø C-Rn in Bq/m³ Schulzeit	Etage
TESLA 19 086	M1	A.01	200	75	EG
TESLA 19 212	M2	A.02	400	250	EG
TESLA 20 002	M3	A.04	65	50	EG
TESLA 20 017	M4	B.03	100	60	EG
TESLA 20 014	M5	B.05	20	30	EG
TESLA 19 218	M6	C0.01	60	50	EG
TESLA 20 016	M7	C0.06	30	25	EG
TESLA 20 006	M8	C0.07	20	25	EG
TESLA 20 019	M9	C0.08	25	30	EG
TESLA 19 216	M10	C0.09/0.10	1.610	1.530	EG
TESLA 20 004	M11	D0.01	45	20	EG
RSplus - 026	M37	D0.03	150	100	EG
TESLA 20 005	M12	D0.04	90	40	EG
TESLA 19 215	M13	D0.05	200	80	EG
TESLA 19 196	M14	D0.11	90	50	EG
TESLA 20 018	M17	D0.13	60	30	EG
TESLA 19 087	M15	D0.15	330	310	EG
TESLA 20 010	M16	D0.17	100	90	EG

C0.09/0.10 Keller mit absaugenden Lüftern

Monitor	Messpkt.	Expositionsort	Ø C-Rn in Bq/m³ gesamt	Ø C-Rn in Bq/m³ Schulzeit	Etage
AlphaE 458	M18	A1.03	290	190	1. OG
AlphaE 716	M19	A1.06	150	110	1. OG
AlphaE 674	M20	A1.07	110	60	1. OG
AlphaE 450	M21	A1.08	200	150	1. OG
AlphaE 473	M22	B1.01	150	100	1. OG
AlphaE 673	M23	B1.03	100	90	1. OG
AlphaE 463	M24	B1.05	160	120	1. OG
AlphaE 672	M25	B1.06	55	50	1. OG
AlphaE 708	M26	C1.01	80	60	1. OG
AlphaE 719	M27	C1.03	95	70	1. OG
AlphaE 671	M28	C1.04	80	55	1. OG
AlphaE 570	M29	C1.05	100	80	1. OG
AlphaE 460	M30	C1.06	150	110	1. OG
TESLA 20 013	M31	C1.07	30	20	1. OG
AlphaE 670	M32	D1.01	125	110	1. OG
AlphaE 721	M33	D1.04	90	100	1. OG
AlphaE 778	M34	D1.05	105	110	1. OG
AlphaE 722	M35	D1.12	170	160	1. OG
TESLA 19 213	M36	D1.16	190	90	1. OG

Besten Dank für die Aufmerksamkeit und ein herzliches Glück auf!

Autorenverzeichnis

Mandy Alisch-Mark

Staatliche Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft
Geschäftsbereich 2 Immissions- und Strahlenschutz
Altwahnsdorf 12
01445 Radebeul

Sebastian Feige

Bundesamt für Strahlenschutz
Abteilung Umweltradioaktivität
Fachgebiet Radonmetrologie
Köpenicker Allee 120-130
10318 Berlin-Karlshorst

Dr. Nora Fenske

Bundesamt für Strahlenschutz (BfS)
Abteilung Wirkungen und Risiken ionisierender und nichtionisierender Strahlung
Ingolstädter Landstraße 1
85764 Oberschleißheim/Neuherberg

Dr. Udo Gerstmann

Bundesamt für Strahlenschutz
Abteilung Umweltradioaktivität
Köpenicker Allee 120-130
10318 Berlin-Karlshorst

Dr. Thomas Heinrich

Staatliche Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft
Geschäftsbereich 2 Immissions- und Strahlenschutz
Altwahnsdorf 12
01445 Radebeul

Dr. Bernd Hoffmann

Bundesamt für Strahlenschutz
Abteilung Umweltradioaktivität
Fachgebiet Radon und NORM
Köpenicker Allee 120-130
10318 Berlin-Karlshorst

Jakob Klever

Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden
Fakultät Bauingenieurwesen
Friedrich-List-Platz 1
01069 Dresden

Gerhard Klingelhöfer

Ingenieur+Sachverständigenbüro für Bautechnik
Dipl.-Ing. Gerhard Klingelhöfer BDB
Öbuv. Sachverständiger der IHK Gießen-Friedberg
Goethestraße 49
35415 Pohlheim

Stefanie Kunze

Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden
Fakultät Bauingenieurwesen
Friedrich-List-Platz 1
01069 Dresden

Prof. h.c. Dr. rer. nat. Bernd Leißring

Bergtechnisches Ingenieurbüro GEOPRAX Bernd Leißring und Nick Leißring GbR
Max-Planck-Straße 18
09114 Chemnitz

Guido Leißring

Bergtechnisches Ingenieurbüro GEOPRAX Bernd Leißring und Nick Leißring GbR
Max-Planck-Straße 18
09114 Chemnitz

Gerd Meyer

Stadt Zwickau
Lindenplatz 1
08058 Zwickau

Prof. Dr.-Ing. Thomas Naumann

Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden
Fakultät Bauingenieurwesen
Friedrich-List-Platz 1
01069 Dresden

Dr. Kateřina Navrátilová Rovenská

National Radiation Protection Institute (NRPI)
Bartoskova 1450/28
140 00 Praha 4
Česká republika

Gisela Reetz

Sächsisches Staatsministerium für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft
Staatssekretärin für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft
Postfach 10 05 10
01075 Dresden

Wolfgang Ringer

Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit
Abteilung Radon und Radioökologie
Wieningerstraße 8
4020 Linz
Österreich

Prof. Dr. rer. nat. Katrin Salchert

Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden
Rektorin
Friedrich-List-Platz 1
01069 Dresden

Dr. Maria Schnelzer

Bundesamt für Strahlenschutz (BfS)
Abteilung Wirkungen und Risiken ionisierender und nichtionisierender Strahlung
Ingolstädter Landstraße 1
85764 Oberschleißheim/Neuherberg

Dr. Peter Scholz-Kreisel

Bundesamt für Strahlenschutz (BfS)
Abteilung Wirkungen und Risiken ionisierender und nichtionisierender Strahlung
Ingolstädter Landstraße 1
85764 Oberschleißheim/Neuherberg

Roland Strubbe

Ed. Züblin AG – Direktion Ost / Bereich Sachsen
Radeburger Str. 28
01129 Dresden

Herausgeber

Dipl.-Ing. Stefanie Kunze
Prof. Dr.-Ing. Thomas Naumann
Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden
Fakultät Bauingenieurwesen
Lehrgebiet Baukonstruktion und Bauwerkserhaltung
Friedrich-List-Platz 1
01069 Dresden

Redaktionsschluss: 05. April 2022

Für die Inhalte sind die jeweiligen Verfasser verantwortlich.
Ohne ausdrückliche Genehmigung der Verfasser ist es nicht gestattet, dieses Werk oder Teile daraus auf fotomechanischem Wege (Fotokopie, Mikrokopie) zu vervielfältigen sowie die Speicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen vorzunehmen.
Angaben ohne Gewähr.

www.radontag.de