

Radon Protection in Existing Buildings***Protection contre le radon dans les bâtiments existants*****Deskriptoren**

Radonschutz, Radonbelastung, Radonmessung, Radondiagnostik, Radonabdichtung, Radonabsaugung, Radon-schutzmaßnahmen

Key Words

Radon protection, radon contamination, radon measurement, radon diagnosis, radon sealing, radon exhaust, radon mitigation measures

Mots-Clés

Protection contre le radon, pollution au radon, mesure du radon, diagnostic du radon, étanchéification contre le radon, aspiration du radon, mesures de protection contre le radon

Erläuterungen zum Merkblatt

Ergänzend sind folgende WTA-Merkblätter in der jeweils aktuellen Fassung heranzuziehen:

- 4-6 »Nachträgliches Abdichten erdberührter Bauteile«
- 6-9 »Luftdichtheit im Bestand, Teil 1: Grundlagen der Planung«
- 6-10 »Luftdichtheit im Bestand, Teil 2: Detailplanung und Ausführung«
- 6-11 »Luftdichtheit im Bestand, Teil 3: Messung der Luftdichtheit«

Inhalt		Seite
1	Inhalt und Ziel des Merkblatts	4
2	Begriffsbestimmung	4
3	Grundlagen des Radonschutzes im Gebäudebestand	5
4	Radon- und Gebäuediagnostik	11
5	Lösungen des baulichen und lüftungstechnischen Radonschutzes im Gebäudebestand	14
6	Handlungsempfehlungen	32
7	Literaturauszug	38
A	Anhänge	39
A.1	Anhang 1: Radonmessung – Beschreibung der Messmethoden	39
A.2	Anhang 2 Realitätsnahe Abschätzung der Radonbelastung mittels Rn50-Test – Messung von Radon im Unterdruckverfahren	40
A.3	Anhang 3 Reduzierung der Radonkonzentration durch Erhöhung des Luftwechsels	41
A.4	Anhang 4: Vorschlag Erfassungsbogen zur Vorbereitung einer Radonsanierung	43
A.5	Anhang 5: Nationale Festlegungen zum baulichen Radonschutz	49

Radonschutz im Gebäudebestand

Deutsche Fassung vom April 2026

Referat 6 Bauphysik**Leiter des Referates**

Gregor A. Scheffler

Fachliche Leitung

Reinhold Uhlig

Organisatorische Leitung

Marc Ellinger

Mitglieder der Arbeitsgruppe

Andy Bödecker

Marc Ellinger

Thomas Haumann

Bernd Hummel

Hansjörg König

Karin Leicht

Thomas Molitor

Uwe Münzenberg

Thomas Naumann

Iris M. Reuther

Urs Rügger

Christian Schwenk

Reinhold Uhlig

Richard Zinken

Erarbeitung des Merkblattes

Beginn der Arbeiten: November 2019

Ende der Arbeiten: Januar 2026

Merkblattentwurf: April 2026

Endgültige Fassung:

ISBN (E-Book) 978-3-7388-1096-7**WTA-Merkblätter****Herausgeber**

WTA International e.V., Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege International e.V.

Schriftleitung

Clemens Hecht, Tobias Steiner

Vertrieb

WTA Publications

Telefon +49-89-57 86 97 27, Fax +49-89-57 86 97 29, email: info@wta-international.org

Die WTA ist stets bemüht in ihren Merkblättern den jeweiligen aktuellen Stand des Wissens festzuhalten. Wenn Sie vor Ablauf der Einspruchsfrist Verbesserungen, Änderungen vorschlagen möchten, wenden Sie sich bitte direkt an den Leiter der Arbeitsgruppe.

© Alle Rechte bei der WTA International e.V.. Nachdruck und Vervielfältigung, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung gestattet.

Die Angaben in diesem Merkblatt stützen sich auf den derzeitigen Stand unserer Kenntnisse. Die WTA International e.V. kann jedoch keinerlei Haftung übernehmen. Vorschläge oder Einwände, die gegebenenfalls bei einer Neuauflage berücksichtigt werden können, sind an die Geschäftsstelle der WTA International e.V. zu richten.

Bei Streitfällen ist die deutsche Fassung gültig.

Den auftragvergebenden Architekten, Denkmalpflegeämtern und den staatlichen, kommunalen und kirchlichen Bauämtern wird nahegelegt, auf dieses und die weiteren Merkblätter der WTA zum Bautenschutz und zur Bauwerksinstandsetzung in Ausschreibungen und Aufträgen Bezug zu nehmen und deren Kenntnisnahme allen Auftragnehmern zur Auflage zu machen.

Fraunhofer IRB Verlag, 2026

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB

Postfach 80 04 69, D-70504 Stuttgart

Telefon +49 7 11 970-2500

Telefax +49 7 11 970-2599

E-Mail: irb@irb.fraunhofer.de

<http://www.baufachinformation.de>

Kurzfassung

Die Radonkonzentration in der Raumluft gilt nach dem Rauchen als zweitwichtigster Risikofaktor für die Auslösung von Lungenkrebskrankungen. Der Radoneintritt in Gebäude und die sich daraus ergebende Radonkonzentration in der Raumluft von Aufenthaltsräumen und an Arbeitsplätzen sind laut WHO (World Health Organisation) weltweit ein bislang zu wenig beachteter Sachverhalt.

Im Neubau wird mit der Einhaltung der allgemein anerkannten Regeln Technik zum Feuchteschutz davon ausgegangen, dass in nahezu allen Anwendungsfällen ein wirksamer Radonschutz erreicht wird. Die vielfältigen baulichen Gegebenheiten im Gebäudebestand und die hier zu erwartende erhöhte Radonbelastung erfordern eine auf das jeweilige Gebäude abgestimmte Herangehensweise zum Radonschutz. Die Untersuchungen und Maßnahmen zur Reduzierung der Radonbelastung, die dazu notwendig sind, sind Gegenstand und Inhalt dieses Merkblattes.

Das Merkblatt gliedert sich in einen Grundlagenteil und in einen fortzuschreibenden Teil nationaler Anhänge, die unter Beteiligung von Angehörigen der anderen EU- Staaten erweitert und ergänzt werden sollen.

Deskriptoren: Radonschutz, Radonbelastung, Radonmessung, Radondiagnostik, Radonabdichtung, Radonabsaugung, Radon-schutzmaßnahmen

Abstract

Radon concentrations in indoor air are considered the second most significant risk factor for lung cancer after smoking. According to the World Health Organisation (WHO), the ingress of radon into buildings and the resulting radon concentrations in the indoor air of living spaces and workplaces are an issue that has so far received insufficient attention worldwide.

In new-build projects, compliance with generally accepted technical standards for moisture protection is assumed to ensure effective radon protection in virtually all cases. The wide variety of structural conditions in existing buildings and the higher levels of radon exposure expected in such cases require an approach to radon protection that is tailored to the specific building. The investigations and measures required to reduce radon exposure are the subject and content of this guideline.

The guideline is divided into a basic part and a section of national annexes to be updated, which are to be expanded and supplemented with the involvement of representatives from other EU Member States.

Key Words: Radon protection, radon contamination, radon measurement, radon diagnosis, radon sealing, radon exhaust, radon mitigation measures

Résumé

La concentration de radon dans l'air intérieur est considérée comme le deuxième facteur de risque, après le tabagisme, de développer un cancer du poumon. Selon l'OMS (Organisation mondiale de la santé), la pénétration du radon dans les bâtiments et la concentration de radon qui en résulte dans l'air intérieur des pièces de vie et des lieux de travail constituent un problème qui, à l'échelle mondiale, n'a jusqu'à présent pas reçu toute l'attention qu'il mérite.

Dans les constructions neuves, le respect des règles techniques généralement reconnues en matière de protection contre l'humidité permet de supposer qu'une protection efficace contre le radon est assurée dans la quasi-totalité des cas. La diversité des conditions architecturales dans le parc immobilier existant et la concentration de radon plus élevée à laquelle on peut s'attendre dans ce contexte exigent une approche de la protection contre le radon adaptée à chaque bâtiment. Les analyses et les mesures nécessaires à la réduction de la concentration de radon font l'objet et constituent le contenu de la présente fiche technique.

Cette fiche technique comprend une partie consacrée aux principes fondamentaux et une partie constituée d'annexes nationales qui doivent être mises à jour et complétées avec la participation de représentants des autres États membres de l'UE.

Mots-clés: Protection contre le radon, pollution au radon, mesure du radon, diagnostic du radon, étanchéification contre le radon, aspiration du radon, mesures de protection contre le radon

1 Inhalt und Ziel des Merkblatts

Im Merkblatt werden, aufbauend auf einer kurzen Einführung zu den Grundlagen des Radonschutzes die Funktionsprinzipien der bekannten bau- und lüftungstechnischen Verfahren zur Reduzierung der Radonbelastung in Gebäuden beschrieben und es werden Hinweise zur Einordnung in den Bauablauf gegeben. Die Zielstellung des Radonschutzes ergibt sich aus den nationalen Vorgaben sowie ggf. vertraglich vereinbarten erhöhten Anforderungen. In Bestandsgebäuden ist die technisch erreichbare Reduzierung der vorhandenen Radonbelastung durch die geologische Ausgangssituation sowie die baulichen Gegebenheiten möglicherweise begrenzt. Auf Grund der Vielfältigkeit der Einflüsse ist für die Lösungsfindung in der Radonsanierung keine standardisierte Herangehensweise möglich und stellt einen komplexen Prozess dar.

Neben der Beschreibung der Maßnahmen soll mit dem Merkblatt das Bewusstsein der im Bauwesen handelnden Personen, vom Investor über die Planenden und Bauausführenden, für die Notwendigkeiten zur Umsetzung von Radonschutzmaßnahmen geweckt werden.

Im zweiten Teil des Merkblattes (nur online verfügbar) werden in Anhängen aktuell die nationalen Regelungen für den Radonschutz in der Schweiz und Deutschland aufgeführt.

2 Begriffsbestimmung

Bodenluft:	Als Bodenluft wird das Gasgemisch bezeichnet, das sich im Erdreich befindet. Die Zusammensetzung der Bodenluft unterscheidet sich hinsichtlich ihrer Bestandteile und deren Konzentration deutlich von der Luft in der Atmosphäre.
Diffusion:	Diffusion beschreibt den durch Konzentrationsunterschiede verursachten Durchgang von Gasen/Gasgemischen ohne Strömungsbewegung durch eine Barriere, z.B. die Bauteile der Gebäudehülle.
Exhalation:	Exhalation beschreibt die Freisetzung von Radon aus dem Porenraum von Boden bzw. Gestein oder Baumaterial in die Raum- oder Außenluft.
Konvektion:	Konvektion beschreibt den durch Druckdifferenzen hervorgerufenen Volumenstrom von Gasen/Gasgemischen durch Undichtheiten, Fehlstellen oder Öffnungen in trennenden Bauteilen.
Mediendurchführung:	Als Mediendurchführung gelten im Kontext dieses Merkblattes die Durchdringungen für Leitungen der technischen Gebäudeausrüstung in Bauteilen (Bodenplatten/Wände und Decken).
Ortsdosisleistung (ODL)	Die Ortsdosisleistung ist die pro Zeiteinheit von außen auf den Menschen wirkende Strahlendosis der radioaktiven Strahlung an einem Standort. Sie wird in der Einheit Mikrosievert pro Stunde ($\mu\text{Sv/h}$) angegeben.
Permeabilität:	Spezifische Eigenschaft von Boden- oder Bauteilschichten, die die Durchlässigkeit der betrachteten Schicht gegenüber Gasen/Gasgemischen beschreibt.
Quellstärke:	Eintritt von Radon in ein Raumvolumen innerhalb einer definierten Zeiteinheit, z. B. pro Stunde [$\text{Bq}/(\text{m}^3\text{h})$].
Radonaktivitätskonzentration:	Gibt an wie hoch die Konzentration von Radon 222 (^{222}Rn) in Bezug auf die Häufigkeit des radioaktiven Zerfalls im jeweils betrachteten Gasgemisch ist. Hierbei wird unterschieden zwischen Bodenluft, Raumluft und Außenluft. Im üblichen Sprachgebrauch hat sich der Begriff Radonkonzentration durchgesetzt.
Radondichte Ebene:	Bauteilschicht, die aufgrund ihres strukturell dichten Aufbaus geeignet ist, den Eintritt von Radon ins Gebäude oder aus radonbelasteten Räumen in zu schützende Räume in ausreichendem Maße zu reduzieren oder zu verhindern. Was als ausreichende Reduzierung betrachtet wird, sollte unter Berücksichtigung der technischen Machbarkeit und den Zielsetzungen des Auftraggebers vertraglich vereinbart werden.
Referenzwert:	In den nationalen Gesetzgebungen definierter Beurteilungswert für den Jahresmittelwert der Radonaktivitätskonzentration in der Raumluft von Aufenthalts- und Arbeitsräumen.
Zielwert:	Vertraglich vereinbarter Jahresmittelwert der Radonaktivitätskonzentration nach Durchführung der Sanierungsmaßnahmen zur Radonreduzierung.

3 Grundlagen des Radonschutzes im Gebäudebestand

Für die Mitgliedsstaaten der Europäischen Union sind in der Richtlinie 2013/59/Euratom [1] erstmalig Regelungen zum Radonschutz in Gebäuden – siehe §§ 54, 74 und 113 – aufgenommen worden. Diese betreffen u. a. die Einhaltung von Referenzwerten an Arbeitsplätzen sowie in Wohnräumen und enthalten Regelungen zur Reduzierung der Strahlenbelastung durch Baustoffe. Inzwischen sind die Anforderungen aus der EU-Richtlinie in die nationale Gesetzgebung der EU-Mitgliedsstaaten – siehe nationale Anhänge – übernommen worden. Auch in Staaten außerhalb der EU gibt es verbindliche Anforderungen an die Untersuchung und Begrenzung der Radonbelastung an Arbeitsplätzen und in Aufenthaltsräumen von Gebäuden.

Die bisher eingeführten gesetzlichen Regelungen im Strahlenschutz sowie Normen zum bau- und lüftungstechnischen Radonschutz betreffen vorrangig Anforderungen und Verfahren zur Begrenzung der Radonkonzentration in Neubauten. Für den bau- und lüftungstechnischen Radonschutz im Rahmen von Gebäudesanierungen liegen demgegenüber bisher nur wenige Regelungen vor. Der Fokus der durch die Strahlenschutzgesetzgebung ausgelösten Anforderungen liegt in der Begrenzung der Radonbelastung an Arbeitsplätzen in Innenräumen und in Aufenthaltsräumen. Beruflich bedingte Radonexposition an Arbeitsplätzen in besonders belasteten Bereichen (z. B. Bergwerken, Radonheilstollen und Schauhöhlen/-bergwerken sowie Anlagen der Wassergewinnung und Verarbeitung) sind durch gesonderte Regelungen erfasst. Auch in Gebieten mit durchschnittlichen oder niedrigen Radonkonzentrationen im Erdreich können erhebliche Probleme insbesondere nach einer energetischen Sanierung auftreten. Bei Veränderungen der Gebäudehülle zur Außenluft wird z. B. durch den Einbau neuer Fenster und Türen sowie weiterer Abdichtungsmaßnahmen (Dach etc.) der Infiltrationsluftwechsel oft stark reduziert.

3.1 Ziele

Ziele des Merkblattes:

- Bewusstsein für die Radonproblematik in der Bestandssanierung für die Verfahrensbeteiligten wecken
- Handlungsempfehlungen für Planung und Ausführung des Radonschutzes im Rahmen der Gebäudesanierung

Zielgruppen:

- Planer von Sanierungsmaßnahmen
- Bau- und Handwerksbetriebe
- Energieberater, Baubiologen
- Gutachter, Sachverständige
- Bauherren, Eigentümer, Nutzer
- Bau- und Denkmalbehörden

3.2 Eigenschaften von Radon

Radon (Rn) ist ein radioaktives Element mit der Ordnungszahl 86 und gehört zur Gruppe der Edelgase. Radon ist geruchlos, geschmacklos und farblos. In der Natur kommen die radioaktiven Isotope ^{219}Rn , ^{220}Rn und ^{222}Rn (andere Schreibweise: Radon-219 usw.) als Glieder unterschiedlicher natürlicher Zerfallsreihen vor. Während ^{219}Rn (unter Aktinon bekannt; Halbwertszeit 3,96 s) sowie ^{220}Rn (unter Thoron bekannt; Halbwertszeit 55,6 s) nur geringe Bedeutung für die Strahlenbelastung des Menschen haben, ist das Isotop Radon-222 mit der Halbwertszeit von 3,8 Tagen von großer Bedeutung für die Strahlenbelastung. Es hat sich deshalb durchgesetzt, den Begriff »Radon« ausschließlich für das Isotop ^{222}Rn zu verwenden. Radon und seine Folgeprodukte Polonium-218, Bismut-214, Blei-214 sowie Polonium-214 (auch als »Radontöchter« bekannt) zerfallen unter Abgabe von energiereicher α -Strahlung oder β -Strahlung (Bismut und Blei), die beim Zerfall in der Lunge zu Gesundheitsschäden führen kann (siehe Abschnitt 3.4). Das Maß der Aktivität ist das Becquerel (Bq), welches die mittlere Zahl der Atomkerne angibt, die pro Sekunde zerfallen. Als Maß für die Radonbelastung in der Raumluft verwendet man den Begriff der Radonaktivitätskonzentration in Bq/m^3 . Weitere Bezugsgrößen sind die Fläche (Bq/m^2) oder die Zeit (Bq/h bzw. Bq/s). Weiterführende Informationen siehe [2] sowie [6] bis [8].

3.3 Quellen und Senken für Radon in der Raumluft

3.3.1 Entstehung und Ausbreitung im Erdreich

Alle Gesteine und Böden enthalten in unterschiedlicher Konzentration Uran und Radium. Das beim Zerfall des Radiums entstehende Radon verteilt sich über die Bodenluft durch verschiedene Transportmechanismen im

Erdreich. Dabei sind Konzentrationen von mehreren Tausend Bq/m³ typisch, vereinzelt können aber auch Konzentrationen von über eine Million Bq/m³ auftreten. Die regionale Verteilung des Radons im Erdreich ist in Abhängigkeit von den geologischen Bedingungen und weiteren Einflussgrößen (z. B. Bergbau). Karten der Radonaktivitätskonzentration in der Bodenluft und des geogenen Radonpotenzials [für Deutschland siehe z. B. [4)] erfassen die statistische Wahrscheinlichkeit hoher Radonkonzentrationen in der Bodenluft, konkrete Schlussfolgerungen für individuelle Bauplätze und Objekte können hieraus nicht abgeleitet werden.

Der Feuchtegehalt des Bodens hat Einfluss auf seine Radondurchlässigkeit. Ein feuchter Boden ist in Abhängigkeit der Porosität tendenziell weniger durchlässig als ein trockener Boden. Bindige, dichtgelagerte Bodenschichten sind in feuchtem Zustand im Regelfall gering radondurchlässig. Fallen sie infolge äußerer Umstände trocken, können sie radondurchlässig werden. Bei nichtbindigen Böden kann die Bodenfeuchte weitestgehend vernachlässigt werden.

3.3.2 Eindring- und Verteilmechanismen

Der Eintritt von radonhaltiger Bodenluft aus dem Erdreich ins Gebäude stellt die mit Abstand wichtigste Quelle für Radon in der Raumluft dar. Als Mechanismen sind hier Diffusion sowie Konvektion durch die erdberührte Gebäudehülle zu betrachten.

Die wesentliche Ursache für den Radoneintritt aus dem angrenzenden Erdreich in ein Gebäude ist der **konvektive Eintritt** durch Fehlstellen in der Gebäudehülle (Bild 1).

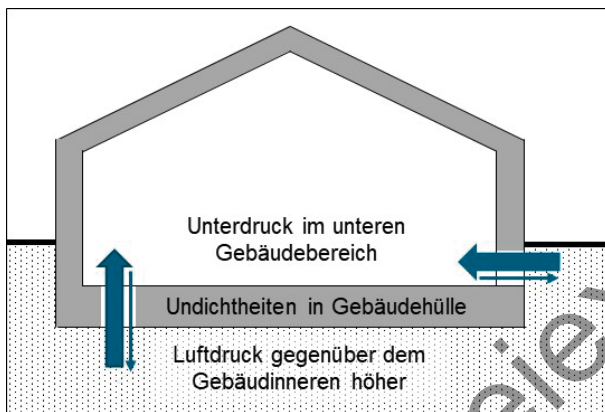
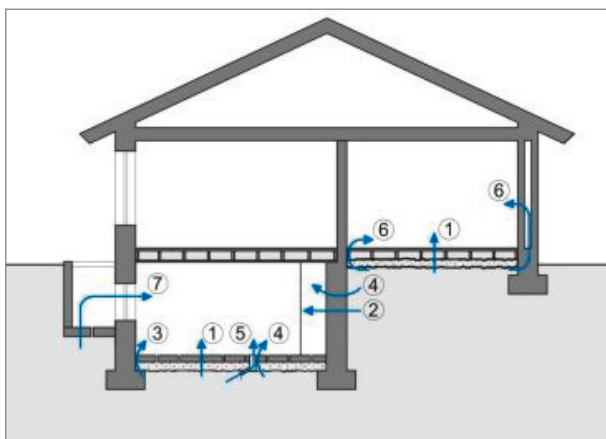


Bild 1 Prinzipdarstellung für das Entstehen und die Ausrichtung konvektiver Luftströmungen im Bereich der erdberührten Gebäudehülle. Die Pfeilstärke verweist auf die vorrangige Ausrichtung des konvektiven Luftstroms vom Erdreich ins Gebäude.

Die treibende Kraft ist hier die Druckdifferenz zwischen Erdreich und Gebäudeinneren. Tendenziell herrscht in Gebäuden gegenüber dem Erdreich ein Unterdruck, wobei die Druckdifferenz vor allem jahreszeitlichen Schwankungen unterliegt. So liegen im Winterhalbjahr infolge hoher Temperaturdifferenzen zwischen Gebäudeinnerem und Außenluft höhere Einströmraten von Bodenluft vor. Des Weiteren zeigt sich allgemein ein Tagesgang mit höheren Werten in den frühen Morgenstunden durch die höheren Eintrittsraten (Temperaturdifferenzen Innen/Außen) und den geringeren Luftwechsel in der Nacht.

In Bild 2 sind typische Bereiche dargestellt, in denen Undichtheiten der erdberührten Gebäudehülle auftreten können.



Legende:

- 1 Undichtheit in Fußbodenschichten (Konstruktions- und materialbedingt)
- 2 Undichtheiten in den erdberührten Wänden (materialbedingt, fehlende Abdichtung)
- 3 Undichte Anschlussbereiche Wand-Boden
- 4 Undichtheiten im Bereich von Medieneinführungen
- 5 Einströmende Bodenluft über Medien (z.B. Abwasserleitungen)
- 6 Einströmen über Hohlräume in Konstruktionen (Geschossdecken, Wände, Fenster-/Türanschlüsse)
- 7 Einströmen über Nebenwege (z.B. Kellerlichtschächte)

Bild 2 Mögliche Undichtheiten der erdberührten Gebäudehülle in Bestandsgebäuden

Der durch Konvektion ausgelöste Beitrag zur Radonkonzentration in Gebäuden übersteigt den Beitrag aus Diffusion zumeist sehr deutlich, in der Regel um mindestens eine Größenordnung. Insofern muss die Verhinderung bzw. Reduzierung der Konvektion vom Erdreich ins Gebäude vorrangiges Ziel aller baulichen und Lüftungstechnischen Radonschutzmaßnahmen sein.

Diffusion resultiert aus unterschiedlichen Radonkonzentrationen in der Bodenluft und der Raumluft (Bild 3). Der Radon-Diffusionswiderstand der Konstruktion stellt bei einer rissfreien Konstruktion die entscheidende Barriere dar.

Der aus Diffusion resultierende Beitrag zur Radonkonzentration in der Raumluft ist in der Regel gering und kann lediglich bei sehr hohen Radonkonzentrationen in der Bodenluft sowie sehr geringen Luftwechselraten der Raumluft Größenordnungen erreichen, die einen relevanten Beitrag zur Radonkonzentration in der Raumluft leisten.

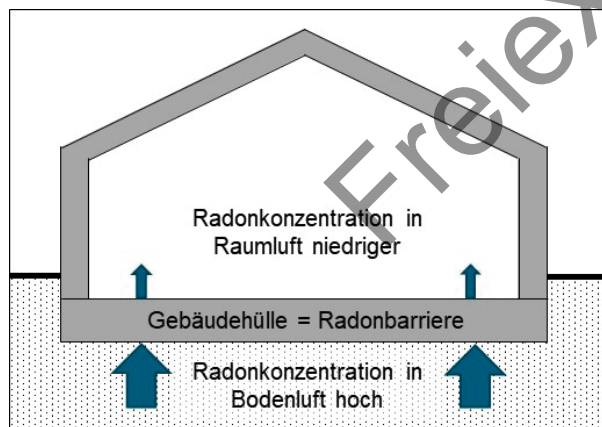
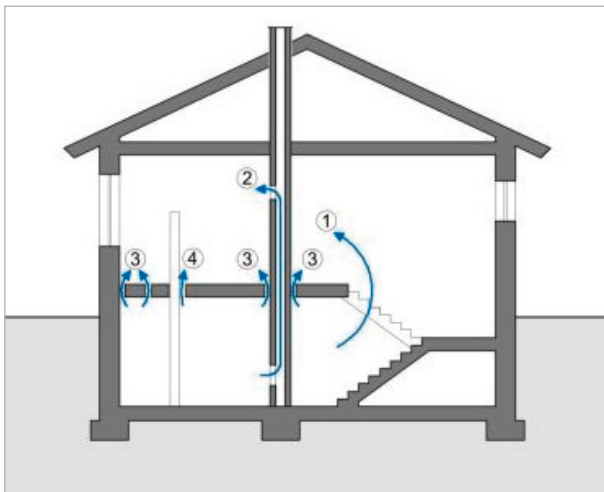


Bild 3 Prinzipdarstellung für die Diffusion von Radon ins Gebäude über die erdberührte Gebäudehülle

Mit dem Abstand zu den erdberührten Räumen nimmt in der Regel die Radonkonzentration in der Raumluft ab. Davon abweichend kann aber auch in höher gelegenen Räumen eine hohe Radonkonzentration in der Raumluft vorhanden sein. Diese Situation ist zum Beispiel dann vorhanden, wenn eine direkte Verbindung, z. B. über vertikale Schächte, offene Treppenhäuser zwischen erdberührten und höher gelegenen Räumen vorhanden ist (siehe Bild 3).



Legende:

- 1 Lufttransport über offene Treppenhäuser
- 2 Lufttransport über Undichtigkeiten in vertikalen Kanälen (Schornsteine, Müllabwurfschächte, Aufzugsschächte usw.)
- 3 Lufttransport über Undichtigkeiten in den Geschossdecken sowie im Bereich des Anschlusses Wand/Decke
- 4 Lufttransport über Undichtigkeiten im Bereich von Medien-durchführungen

Bild 4 Prinzipdarstellung für mögliche Wege der Raumluft aus den Kellerräumen in darüber liegende Gebäudebereiche. Dadurch kann Luft mit hoher Radonkonzentration aus belasteten Räumen im Gebäude weiter transportiert werden und zu erhöhten Radonkonzentrationen in anderen Wohn und Arbeitsräumen führen

3.3.3 Weitere Quellen

Weitere, allerdings weit weniger bedeutsame Quellen für Radon in der Raumluft stellen die Freisetzung von Radon aus Baustoffen (siehe Abschnitt 3.4) sowie aus Trink- und Brauchwasser dar.

Je nach regionaler Geologie hat Trinkwasser oder Wasser aus Hausbrunnen einen mehr oder weniger hohen Radongehalt. Das aus der Erdkruste zur Erdoberfläche aufsteigende Radon, wird, wenn es auf Grundwasservorkommen trifft von diesem aufgenommen und kommt so in die Wassergewinnungsanlagen oder an den Brunnenauslauf. Der Radongehalt des Wassers kann nennenswerte Größenordnungen erreichen, siehe: [Verweis auf Literaturquelle – BfS Studie Trinkwasser]. Beim Zerstäuben des Wassers an den Entnahmestelle (vor allem bei Duschköpfen) entstehen Aerosole, die aufgrund ihrer großen Oberfläche das Radon in hohem Maße an die Raumluft abgeben können.

3.3.4 Reduzierung der Radonkonzentration in der Raumluft (Radonsenken)

Die Absenkung der Radonkonzentration in der Raumluft erfolgt in erster Linie durch den Austausch der Raumluft mit der Außenluft und in einem geringen Maße durch den natürlichen Zerfall.

Da der radioaktive Zerfall nicht beeinflusst werden kann, wird auf diesen im Folgenden nicht weiter eingegangen. Die gezielte Steuerung des Luftwechsels ist dagegen eine sehr wirksame Maßnahme, die Radonkonzentration in der Raumluft zu senken und kann vor allem in Bestandsgebäuden eine wichtige Maßnahme des Radonschutzes sein. Die verschiedenen Lösungen werden in Abschnitt 5.9 vorgestellt.

3.4 Gesundheitliche Gefährdung durch Radon

Die schädigenden Auswirkungen von bereits niederschwelliger Radonbelastungen auf die Gesundheit und die damit verbundene höhere Wahrscheinlichkeit an Lungenkrebs zu erkranken sind als gesicherte Erkenntnis zu betrachten. Hierzu wurden umfangreiche epidemiologische Studien durchgeführt und ausgewertet. Weitere Ausführung dazu siehe WHO handbook on indoor radon, a public health perspective [10]. Dieses Merkblatt kann nur auf die bekannten Risiken hinweisen, die konkrete Beurteilung der Gesundheitsrisiken bleibt Medizinern vorbehalten.

Beim radioaktiven Zerfall von Radon entstehen als kurzlebige Folgeprodukte radioaktive Isotope von Polonium, Bismut und Blei. Diese sind in der Luft überwiegend an Aerosole, z. B. Staubpartikel, angelagert und werden mit der Atemluft aufgenommen. Während das gasförmige Radon fast vollständig wieder ausgeatmet wird, verbleiben die radioaktiven Folgeprodukte in der Lunge und zerfallen dort unter Aussendung von radioaktiver Strahlung. Diese Strahlung kann die Zellen in der Lunge schädigen, was wiederum zu einem erhöhten Risiko führt, an Lungenkrebs zu erkranken.

Hinsichtlich der Höhe der Radonkonzentration in der Raumluft gibt es keinen Hinweis auf einen Schwellenwert, unterhalb dessen Radon und seine Folgeprodukte kein Gesundheitsrisiko darstellen.

3.5 Rechtliche Aspekte des Radonschutzes

Grundlage der nationalen gesetzlichen Regelungen zum Radonschutz ist für die Länder der EU die im Dezember 2013 in Kraft getretene Richtlinie 2013/59/Euratom [1]. Die Richtlinie verpflichtete in Artikel 74 die Mitgliedstaaten, nationale Referenzwerte zu beschließen und durchzusetzen, die 300 Bq/m^3 nicht überschreiten. Weitere Festlegungen der Richtlinie 2013/59 EURATOM sind die Aufforderung zur Erstellung eines nationalen Maßnahmenplans sowie zur umfassenden Information der Bevölkerung.

Anhang A.5 zu diesem Arbeitsblatt enthält eine Zusammenstellung der jeweiligen nationalen Festlegungen – aktuell für die Schweiz und Deutschland.

3.6 Klassifizierung von Gebäuden

3.6.1 Allgemeines

Hinsichtlich des Schutzes vor konvektiv eindringender Bodenluft können die Bestandsgebäude in typische Gruppierungen zusammengefasst werden. Für die Klassifizierung sind sowohl bauzeittypische Lösungen für die Gebäudeabdichtung als auch für die Baukonstruktion sowie die verwendeten Baumaterialien maßgebend, wobei die aufgeführten Zeitgrenzen zwischen den einzelnen Klassifizierungen als fließend anzusehen sind.

3.6.2 Gebäudetyp A

Der Gebäudetyp A umfasst Gebäude ab den 1970er-Jahren. Gebäude dieses Baualters sind in der Regel auf einer unter den Wänden durchlaufenden Bodenplatte gegründet. Infolge der sich ab dieser Zeit durchsetzenden industriellen Herstellung von Beton verbesserte sich dessen Qualität und Homogenität deutlich. Die Gebäude dieses Typs sind in der Regel mit vertikaler und horizontaler Abdichtung der erdberührten Gebäudehülle errichtet worden. Eng mit den verbesserten Abdichtungsmöglichkeiten ist eine verstärkte Nutzung des Kellergeschosses als Wohn- und Arbeitsräume verbunden. Teilunterkellerungen sind vergleichsweise selten in dieser Gebäudegruppe vorhanden.

Bei dieser Gebäudekonstruktion liegen Schwachstellen häufig in undichten Fugen, Rissen, Durchdringungen und Anschlüssen, sowie ggf. defekter, in seltenen Fällen auch nicht vorhandener Außenabdichtung begründet.

3.6.3 Gebäudetyp B

Der Gebäudetyp B umfasst Gebäude von Beginn der Gründerzeit (ab ca. 1860) bis ca. 1970. Bei Gebäuden dieser Altersgruppe wurden die tragenden Wände in der Regel direkt auf Streifenfundamenten gegründet. Eine durchgehende Bodenplatte fehlt zumeist. Vielfach wurden die erdberührten Räume (Kellerräume) ohne zwischengegossene Betonbodenplatte erstellt und verfügen stattdessen über einen Ziegelboden, einen Estrichglattstrich oder gestampften Lehm. Sind erdberührte Räume als Wohn- oder Arbeitsräume vorgesehen, wurde der Bodenaufbau häufig als unterlüftete Holzkonstruktion auf dichter Lehm- oder Schotterschicht ausgeführt. Diese Lösung verliert im Laufe der Zeitspanne für Gebäudetyp B mit dem verstärkten Einsatz von gegossenen Betonschichten an Bedeutung. Die Fundamente und Grundmauern sind aus Naturstein- oder Ziegelmauerwerk errichtet, im Sockelbereich wurden zur Abwehr von Spritzwasser häufig großformatige Naturstein oder Klinkerschichten eingebaut.

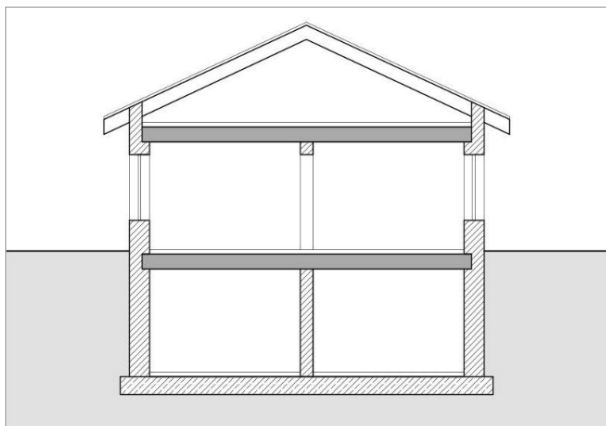


Bild 5 Typische Gebäudestruktur für Gebäude des Typs A

Ab Mitte des 20. Jahrhunderts wurden die Gebäude zunehmend entsprechend der in diesem Zeitraum eingeführten Abdichtungsnormen abgedichtet.

Die Nutzung von Kellerräumen war zum größten Teil für Lager- und Nebenfunktionen vorgesehen. Vor allen Dingen zu Beginn des Zeitraumes für diesen Gebäudetyp sind häufig teilunterkellerte Lösungen realisiert worden.

Für Bodenluft ergeben sich bei diesem Gebäudetyp zahlreiche konvektive Eintrittspfade. Die Gebäude sind zudem nur sehr bedingt gegenüber Diffusion von Bodenluft ins Gebäude geschützt. Regional ist außerdem eine erhöhte Exhalation aus den Baustoffen infolge des Einsatzes von Baumaterialien mit erhöhter Radioaktivität zu beachten.

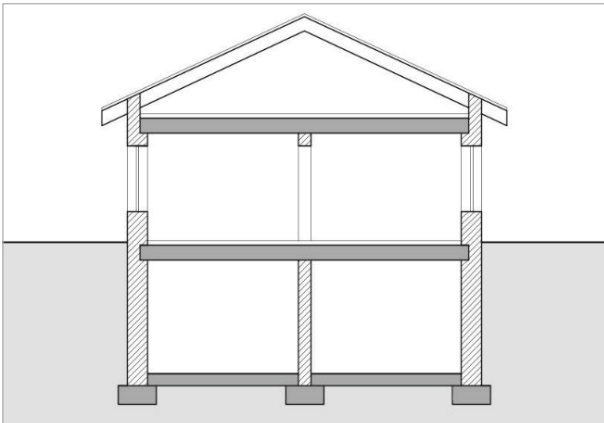


Bild 6 Typische Gebäudestruktur für Gebäude des Typs B

3.6.4 Gebäudetyp C

In dieser Gruppe werden alle nicht Typ A und B zuordenbaren Gebäude (Bauzeit vor ca. 1870 sowie Sonderbauten) zusammengefasst.

Typisch für diese Gebäude ist der Einsatz verschiedenster Materialien für die tragenden Konstruktionen und vollkommen fehlender Abdichtungsschichten der erdberührten Gebäudehülle. Häufig haben diese Gebäude lediglich Teilunterkellerung, z. T. als Gewölbekeller in Trockenmauerwerk ausgeführt. In der Regel wurden die erdberührten Räume ohne zwischengegossene Bodenplatte erstellt und verfügen stattdessen zum Beispiel über einen Ziegelboden, einen Estrichglattstrich oder eine gestampfte Lehmschicht. Sind erdberührte Räume als Wohn- oder Arbeitsräume vorgesehen, wurde der Bodenaufbau häufig als unterlüftete Holzkonstruktion auf dichter Lehmschicht oder auf Schüttungen (zum Beispiel Schotter oder Kies) ausgeführt. Die Fundamente und Grundmauern sind aus Naturstein-, Ziegel- oder Misch- bzw. Schalenmauerwerk errichtet.

Gebäude des Typs C haben typischerweise keine Abdichtung gegen Feuchteinträge aus dem Erdreich. Somit ergeben sich zahlreiche konvektive Eintrittspfade für Bodenluft. Weiterhin ist zu beachten, dass bei diesem Gebäudetyp in der Regel kein luftdichter Abschluss zwischen Keller- und Erdgeschoss vorhanden ist. Regional ist auch bei diesem Gebäudetyp eine erhöhte Exhalation aus den Baustoffen infolge des Einsatzes von Baumaterialien mit erhöhter Radioaktivität zu beachten.

Die vielfältigen Bauformen – und hier vor allen Dingen die häufig vorhandenen Teilunterkellerungen – sowie die unterschiedlichen Baustoffe und Baukonstruktionen erfordern für die Planung und Ausführung von Radon-schutzmaßnahmen erhebliche Aufwendungen und führen zumeist zu individuellen, auf das konkrete Objekt abgestimmten Lösungen.

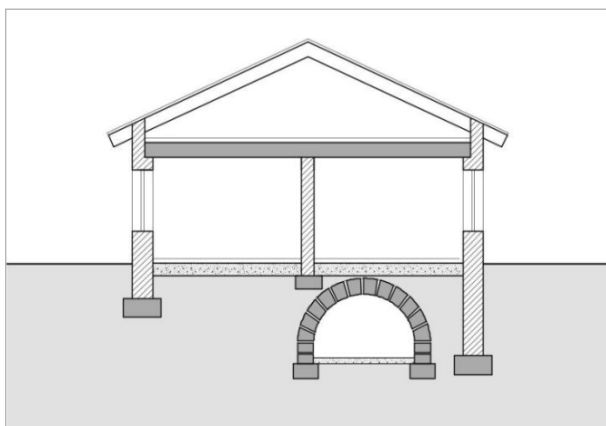


Bild 7 Beispiel für Gebäude des Typs C

3.6.5 Besonderheiten des Radonschutzes im Gebäudebestand

Die erdberührte Gebäudehülle von älteren Bestandsgebäuden (insbesondere Gebäudegruppen B und C gem. Abschnitt 3.6.3 und 3.6.4) erfüllt die heute für Neubauten geregelten Dichtheitskriterien des Feuchteschutzes zumeist nicht, wobei der Radoneintritt über die erdberührten Bauteile in der Regel tendenziell mit dem Gebäudealter zunimmt. Ein konvektiver Radoneintritt ins Gebäude kann häufig durch nachträgliche flächige Abdichtungen als alleinige Maßnahme nicht ausreichend verhindert werden. Vorrangiges Ziel der Sanierungsmaßnahmen sollte deshalb sein, diesen Zustrom zu reduzieren bzw. umzukehren (siehe Abschnitt 5.6).

Radonschutzmaßnahmen in Bestandsgebäuden bedürfen auf Grund der hier beschriebenen Besonderheiten immer einer auf gründlicher Diagnostik beruhender individueller Planung und Ausführung, wobei ein abgestuftes Vorgehen bei der Realisierung der Radonschutzmaßnahme notwendig werden kann.

4 Radon- und Gebäuediagnostik

4.1 Übersicht

Die umfassende Erfassung und Untersuchung der Bestandssituation ist Ausgangspunkt und Grundlage für die Planung und Durchführung von Maßnahmen des baulichen Radonschutzes.

Insgesamt umfasst die Diagnostik die folgenden Schwerpunkte:

- Erfassung der allgemeinen Gebäudedaten (siehe Abschnitt 4.2)
- Erfassung der Gebäudecharakteristik und der Nutzungssituation (siehe Abschnitt 4.3)
- Erfassung der Radonbelastung im Gebäude (siehe Abschnitt 4.4)
- Zustandserfassung des Gebäudes (siehe Abschnitt 4.5)

Die Diagnostik muss vollständig und nachvollziehbar sein. Sie setzt sich aus einer allgemeinen textlichen Beschreibung, der Auswertung bzw. Erstellung von Zeichnungen, verschiedenen Messungen sowie einer umfassenden bildlichen Darstellung zusammen. Abschnitt 4 enthält einen Vorschlag für die systematische Erfassung der Ausgangsdaten. In Abschnitt 1 sind Erläuterungen und Hinweise zur Durchführung und den Anwendungskriterien der unterschiedlichen Messungen sowie zu den mit den Messungen zusammenhängenden Untersuchungen zusammengefasst.

4.2 Erfassung der allgemeinen Informationen zum Gebäude

Es sind die folgenden Daten zu erfassen:

- Gebäudetyp
- Adresse/Katasterangaben
- Gebäudebesitzer
- Baualter

Darüber hinaus sind Daten zu erfassen, die für die Radonsanierungslösung relevant sind, wie:

- Anzahl der Geschosse
- Unterkellerung (vollunterkellert/teilunterkellert/keine Unterkellerung)
- Gebäudenutzung insbesondere des Kellergeschosses, bzw. des Erdgeschosses bei Nichtunterkellerung

4.3 Erfassung der Radonbelastung im Gebäudebestand

Im Mittelpunkt steht hierbei die Feststellung und Bewertung der Radon-Aktivitätskonzentration in der Innenraumluft mittels geeigneter Untersuchungsmethoden als Erstuntersuchung. Zusätzlich kommen im Gebäudebestand Methoden der weiterführenden Diagnostik über Dichtheitsprüfungen in Bezug auf die erdberührende Gebäudehülle mit ggf. Quellensuche in Frage, um einen Radoneintritt quantifizieren und lokalisieren zu können.

Für die Erfassung der Radonsituation im Gebäude kommen die folgenden Untersuchungsmethoden zur Anwendung:

- Raumlufmessungen als Langzeit-, Übersicht-, Kurzzeitmessungen
- Messungen zur Lokalisierung von Eintrittsstellen und Quellstärken (Rn50-Test, Radon-Sniffing)
- Radonmessungen an entnommenen Materialproben (Labordiagnostik)

Bei den **Raumlufmessungen** werden je nach Aufgabenstellung und bestehenden Randbedingungen Langzeitmessungen über mehrere Monate bis zu einem Jahr (Bewertungsmessung und Messungen am Arbeitsplatz, Jahresmittelwert), Übersichtsmessungen über wenige Wochen unter Einbezug der klimatischen Randbedingungen (zur orientierenden Abschätzung der Radonexposition) oder Kurzzeitmessungen über einige Stunden oder Tage zur Beurteilung der räumlichen Verteilung oder zur Bestimmung der Radon-Eintrittsrate durchgeführt.

Anmerkung: Die Ermittlung eines Jahresmittelwertes der Radonbelastung oder ein Nachweis über die Einhaltung des Referenzwertes kann anhand von Kurzzeitmessungen nicht erfolgen.

Bei Raumlufmessungen sind witterungs- und nutzerbedingte zeitliche Schwankungen der Radonkonzentration in Innenräumen zu berücksichtigen, welche sich bei zeitaufgelösten Messungen deutlich abzeichnen. In der Regel ist dabei ein deutlicher Jahresgang mit höheren Werten im Winter und niedrigeren Werten im Sommer zu beobachten. Darüber hinaus zeigen sich auch häufig deutliche Tagesgänge mit ansteigenden Werten über die Nacht und abnehmenden über den Tag. Die Radonkonzentration im Innenraum wird stark durch die Temperaturdifferenz zwischen der Innen- und Außenluft und die damit verbundene Druckdifferenz an der erdberührenden Gebäudehülle beeinflusst.

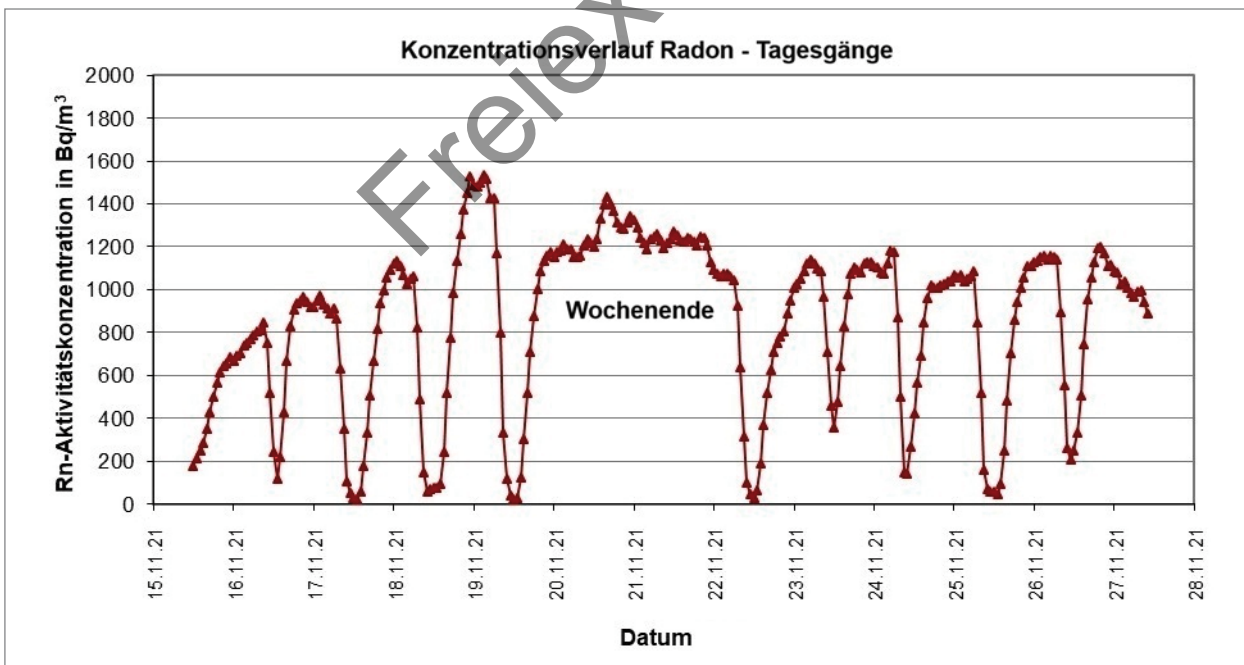


Bild 8a exemplarischer Konzentrationsverlauf Radon Tagesgänge (Stundenwerte)

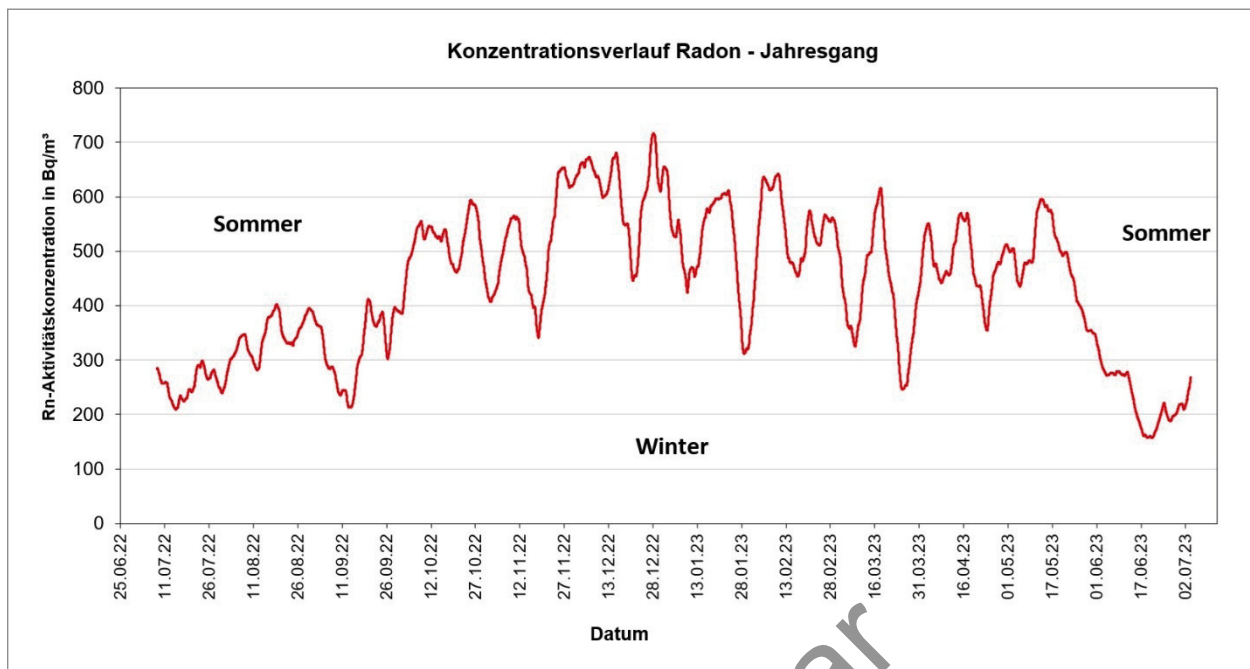


Bild 8b exemplarischer Konzentrationsverlauf Radon Jahresgang

Ergänzend können **Messungen zur Lokalisierung der Radoneintrittsstellen** mittels Radon-Sniffing zur Quellsuche durchgeführt werden.

Die **Beurteilung der Radondichtheit** der Gebäudehülle kann durch Messung der Radonkonzentration und des Luftwechsels zur Bestimmung der Radon-Eintrittsrate im Differenzdruckverfahren unter provozierten Bedingungen (Unterdruck) erfolgen.

Für den Rückschluss von kurzzeitigen Messungen auf den Jahresmittelwert werden die nachfolgend genannten Ansätze diskutiert:

- Differenzdruckverfahren mit erhöhter Druckdifferenz zur Kompensation witterungsbedingter oder sonstiger Einflüsse
- Modellbasierte Simulationsverfahren zur rechnerischen Abschätzung von Jahresmittelwerten der Radonkonzentration, ggf. unterstützt durch KI-Verfahren

Hierzu besteht weiterführender Forschungs- und Validierungsbedarf.

Bei Verdacht auf eine baustoffbedingte Ursache für erhöhte Radonkonzentrationen kommen **Materialuntersuchungen** in Frage. Hierbei werden Materialproben entnommen und im Fachlabor auf ihre Radon-Abgaberate (Exhalationsrate) in der Prüfkammer untersucht. Aussagen zu Probenmenge/Probengröße sind abhängig von den Materialien, die als Radonemittenten in Frage kommen. Dies muss einzelfallbezogen entschieden werden.

4.4 Zustandserfassung

Bei der Zustandserfassung werden Materialität, Aufbau, Geometrie und Struktur des Gebäudes und seiner erdberührten Bauteile erfasst sowie der Erhaltungs-/Schädigungszustand derselben beschrieben.

Allgemeine Voruntersuchungen

- Erfassung der Bau- und Nutzungsgeschichte eines Gebäudes → Anamnese
- Datenlage/vorhandene Voruntersuchungsergebnisse

4.5 Ausbildung und Zustand der Bausubstanz, insbesondere

- Konstruktion und Materialien der erdberührten Gebäudehülle (z. B. Boden, Wände)
- Zustand der erdberührten Gebäudehülle, insbesondere Risse, Materialschäden, Inhomogenitäten, Hohlräume, Abdichtung
- Geometrie der erdberührten Gebäudeteile (z. B. Boden- und Wandflächen)
- Luftdurchlässigkeit der Gebäudehülle (z. B. Ausbildung der Fenster und Türen, Dach)

- Ausbildung weiterer für den Radonschutz relevanten Gebäudeteile (z. B. Konstruktionen der Abgrenzung zwischen Nebenräumen und Nutzräumen, wie Kellerdecken, Treppenhaus usw.)
- Erfassung aller vertikalen Schächte und Kamine sowie Medienführungen im Gebäude
- Schadhafte Anschlüsse zwischen den Konstruktionen der erdberührten Gebäudehülle sowie zu Medientdurchführungen
- Art der Beheizung, Belüftung

Beurteilung der Radondichtheit der erdberührten Gebäudehülle

Unabhängig von Alter und Ausführungsart des Gebäudes und einer vorhandenen Abdichtung gilt für alle Bestandskonstruktionen, dass eine belastbare Beurteilung nur durch eine aussagekräftige Messung der bestehenden Radonbelastung. Die dazu anzuwendenden Messverfahren sollten unter Berücksichtigung des zur Verfügung stehenden Zeitraums sowie weiterer Randbedingungen vertraglich festgelegt werden. Sie können in Verbindung mit weiterführenden Diagnoseverfahren – siehe Anhänge A.1 und A.2 – durchgeführt werden.

Sonstige Parameter

Weitere Untersuchungen können einzelfallbedingt ergänzende Erkenntnisse liefern. Zum Beispiel:

- Radonkonzentration in der Bodenluft
- Gaspermeabilität des Baugrunds
- Geologie/Bodenschichtung
- Hydrologische Situation im Baugrund

5 Lösungen des baulichen und lüftungstechnischen Radonschutzes im Gebäudebestand

5.1 Überblick

Für Radonsanierungen können die folgenden Maßnahmen und Strategien angewendet werden, die einzeln oder in Kombination zum Einsatz kommen:

- Sofortmaßnahmen und einfache Maßnahmen (siehe Abschnitt 5.2)
- Veränderung der Raumnutzung (siehe Abschnitt 5.3)
- Abdichtungsmaßnahmen an der erdberührten Gebäudehülle (siehe Abschnitt 5.4)
- Abschottungsmaßnahmen innerhalb des Gebäudes (siehe Abschnitt 5.5)
- Reduzierung unterdruckverstärkender Situationen (siehe Abschnitt 5.6)
- Bodenluftabsaugung (siehe Abschnitt 5.7)
- Luftunterspülung des Gebäudes (siehe Abschnitt 5.8)
- Lüftungstechnische Maßnahmen (siehe Abschnitt 5.9)
- Schutz vor Radonbelastung aus Baumaterialien (siehe Abschnitt 5.10)

5.2 Sofortmaßnahmen

Sind im Ergebnis von Radonmessungen (zur Durchführung von Radonmessungen siehe Abschnitt 4.4 und Anhang A.1) erhöhte Radonkonzentrationen in der Raumluft von Aufenthaltsräumen sowie Innenräumen mit Arbeitsplätzen festgestellt worden, können diese im Allgemeinen nicht sofort durch bau- und/oder lüftungstechnische Veränderungen ausreichend und dauerhaft reduziert werden. Um die Gesundheit der Nutzer zu schützen, sollten hier deshalb Sofortmaßnahmen ergriffen werden, die in der Regel durch die Nutzer selbst und/oder mit geringem Aufwand realisiert werden können. Bei Durchführung von Sofortmaßnahmen muss ggf. akzeptiert werden, dass diese anderen Zielstellungen, wie zum Beispiel dem effektiven Wärmeschutz, geringeres Sicherheitsniveau gegen Einbruch, entgegenwirken. Liegen Anhaltspunkte für eine deutliche Überschreitung des Referenzwertes vor, sollten Sofortmaßnahmen unverzüglich umgesetzt werden.

Sofortmaßnahmen sind z. B.:

- **Erhöhung des Luftwechsels**

Die Erhöhung der Luftwechselrate durch Fensterlüftung stellt in der Regel eine wirksame, einfach umzusetzende Maßnahme dar. Sie gilt hinsichtlich einer Aufwand-/Wirkungsbetrachtung als effiziente Sofortmaßnahme. Hinweise zur Umsetzung sowie zu Grenzen der Maßnahme siehe Abschnitt 5.9

- **Einschränkung der Raumnutzung**

Inwieweit die Nutzung von Wohn- oder Arbeitsräumen als Sofortmaßnahme eingeschränkt oder aber vollständig ausgesetzt werden soll, hängt maßgeblich von der gemessenen Überschreitung der Zielwerte sowie der Aufenthaltsdauer ab.

- **Abschottung höher belasteter Gebäudebereiche**

Gebäudebereiche mit erhöhter Radonkonzentration können durch organisatorische und/oder bauliche Maßnahmen gegenüber geringer belasteten Gebäudebereichen abgeschottet werden. Zur technischen Umsetzung von Maßnahmen zur gebäudeinternen Abschottung siehe Abschnitt 5.5.

Alle in diesem Abschnitt aufgeführten Sofortmaßnahmen sind durch Messungen der Radonkonzentration in der Raumluft zu begleiten.

5.3 Veränderung der Raumnutzung

Ist eine Reduzierung der Radonkonzentration nur mit einem unverhältnismäßig hohen Aufwand zu erreichen, kann durch eine Verringerung der Aufenthaltsdauer oder durch eine veränderte Raumnutzung die Minderung der Strahlenexposition erreicht werden.

Grundsätzlich gilt es, die Anordnung von Aufenthaltsräumen in erdberührten Räumen kritisch zu prüfen.

5.4 Abdichtungsmaßnahmen an der erdberührten Gebäudehülle

5.4.1 Generelle Anforderungen

Werden Abdichtungsmaßnahmen durchgeführt, sind diese zu planen. Es ist eine weitestgehend lückenlose, radondichte Ebene zu schaffen. Dies erfolgt mit der Zielsetzung, durch die Abdichtungsmaßnahmen die konvektiven Radoneinträge zu reduzieren und damit die Radonbelastung im Gebäude zu senken. Im Gebäudebestand ist die Lage der Abdichtungsebene (Erdseite/Raumseite) objektspezifisch festzulegen. Sie wird meist in Funktionseinheit mit der Bauwerksabdichtung gegen eindringende Feuchtigkeit erstellt.

Bei der Planung ist für die erdberührten Bauteile die Art und Lage der radondichten Ebene festzulegen. Ein Wechsel der radondichten Ebene in Konstruktionen, zum Beispiel von der Raumseite auf die erdberührte Seite des Baukörpers, ist problematisch und nach Möglichkeit zu vermeiden. Die Anschlussdetails und Werkstoffe, wie z. B. mechanische Sicherung etc., sind im Vorfeld festzulegen.

Generell ist die Radonabdichtung, wie andere Abdichtungen auch, vor mechanischen Einwirkungen/Beschädigungen zu schützen.

5.4.2 Abdichtungsstoffe und -bauarten

Für die nachträgliche Bauwerksabdichtung haben sich folgende Abdichtungsstoffe oder -bauarten bewährt:

- kunststoffmodifizierte Bitumendickbeschichtung (KMB/PMBC)
- Flexible polymere Dickbeschichtungen (FPD)
- Mineralische Dichtschlämmen (MDS)
- Bitumen- und Polymerbitumenbahnen
- Kunststoff- und Elastomerbahnen
- Flüssigkunststoffe
- Injektionsstoffe

In die Wahl der anzuwendenden Lösung sind neben den Anforderungen aus dem Feuchteschutz die vorhandene Radonbelastung, die Ausbildung sowie der Zustand der erdberührten Gebäudehülle und ggf. weitere Randbedingungen einzubeziehen. Konkrete Hinweise hierzu sind in den Abschnitten 5.4.4. bis 5.4.8 enthalten.

5.4.3 Partielle Abdichtung

Folgende konvektiv wirksamen Eintrittspfade können in der erdberührten Gebäudehülle vorhanden sein und sind in das Abdichtungskonzept einzubeziehen:

- Risse
- Dehnfugen
- Arbeitsfugen
- Durchdringungen (z. B. Rohre und Mediendurchführungen)

Risse sind in Abhängigkeit des vorhandenen Baustoffs abzudichten. Bei Injektionen ist zu beachten, dass das Injektionsgut mit dem abzudichtenden Bauteil verträglich sein muss und keine schädigende Wechselwirkung hervorgerufen wird. Undichte Arbeits- oder Bewegungsfugen sind in Abhängigkeit der Abdichtungsart (Außen- oder Innenabdichtung) abzudichten. Bauteildurchdringungen (z. B. Mediendurchführung, Abwasserrohr) können mit flexiblen, systemverträglichen Dichtungsstoffsystemen abgedichtet werden. Ebenso können systemgerechte Los-/ Festflanschkonstruktionen zum Einsatz kommen.

Die vorgenannten Maßnahmen sind analog nach dem WTA-Merkblatt 4-6 »Nachträgliches Abdichten erdberührter Bauteile« auszuführen.

Partielle Abdichtungen sind zwar notwendige, aber häufig nicht ausreichende Maßnahmen des baulichen Radonschutzes. Sie sollten jedoch immer angewendet werden, ggf. als erste Sanierungsstufe im Sinne des in Abschnitt 6.2 erläuterten Ablaufschemas.

5.4.4 Flächige Außenabdichtung der erdberührten Wände

Die nachträgliche Außenabdichtung erfordert das Freilegen der erdberührten Wände. Die Arbeiten sind analog WTA-Merkblatt 4-6 »Nachträgliches Abdichten erdberührter Bauteile« auszuführen. Sind Teilbereiche der Außenwände von außen nicht zugänglich, ist eine überlappende Kombination aus Außen- und Innenabdichtung möglich.

Sofern beim Gebäudetyp A – siehe Abschnitt 3.6.2 – eine radonundurchlässige Bodenkonstruktion vorliegt, ist die nachträgliche Außenabdichtung eine wirkungsvolle Maßnahme. Zu beachten ist, dass eine nachträgliche Außenabdichtung bei den Gebäudetypen B und C aufgrund der innenliegenden oder ggf. nicht vorhandenen Bodenplatte und des ggf. klüftigen, ans Erdreich angrenzenden Mauerwerks nicht alle potenziellen Radoneindringpfade beseitigt.

5.4.5 Horizontalabdichtung der Bodenplatte und im Wandquerschnitt

Nachträgliche horizontale Flächenabdichtungen der Bodenkonstruktion sind nach WTA-Merkblatt 4-6 oder in Anlehnung an geltende Abdichtungsnormen auszuführen. Um einen sicheren Radonschutz zu erreichen, sind diese Abdichtungen auf einer glatten und stabilen Unterlage (in der Regel Beton-Bodenplatte) zu errichten (Bild 9). Besondere Aufmerksamkeit hinsichtlich des baulichen Radonschutzes ist dem Anschluss an die aufgehenden Wände zu widmen. Hier sind besondere Maßnahmen für den luftdichten Anschluss erforderlich, um den Weg 1 in Bild 9 für konvektiv eindringende Bodenluft zu verhindern. Die Abdichtungsmaßnahme dieses Wand-Sohlen-Anschlussbereiches ist objektspezifisch zu planen und baustoffverträglich auszuführen.

Beim Fehlen einer Horizontalsperre im Mauerwerk kann insbesondere bei Naturstein- oder Mischmauerwerk sowie allgemein geschädigtem Mauerwerk Bodenluft über Undichtheiten im Mauerwerksgefüge ins Gebäude eindringen (Weg 2 in Bild 9).

Sofern eine Horizontalsperre in den Wänden gegen aufsteigendes Radon erforderlich ist, ist diese zwingend gasdicht auszuführen.

Nachträglich mittels Injektionsverfahren erstellte Horizontalsperren nach WTA-Merkblatt 4-10 sind, unabhängig von ihrer Eignung für die nachträgliche Bauwerksabdichtung, nach aktuellem Erkenntnisstand je nach Injektionsverfahren und -mittel als dauerhafte radondichte Sperre nur bedingt geeignet.

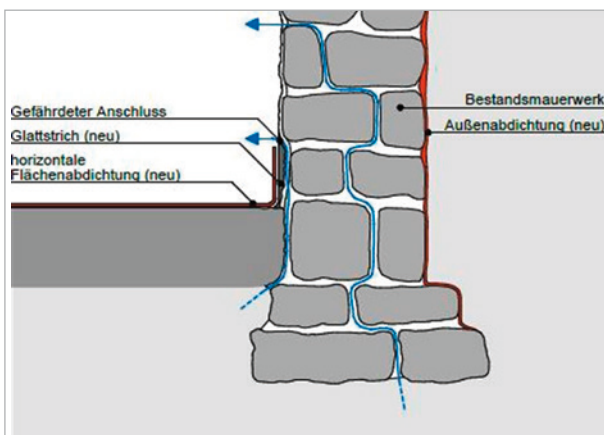


Bild 9 Problemzonen nachträglich eingebauter Abdichtungen und daraus entstehende ungewünschte Eindringwege von Bodenluft ins Gebäude. Hinweis: Der weitere Schichtenaufbau an Wand und auf Bodenplatte hier nicht dargestellt!

5.4.6 Innenabdichtungen

Um den baulichen Radonschutz mittels Abdichtung zu gewährleisten, ist die wannenförmig ausgeführte Innenabdichtung eine zielführende Maßnahme. Das Innenabdichtungssystem benötigt einen ausreichend tragfähigen Untergrund und ist unter Berücksichtigung der zu erwartenden Wassereinwirkung zu planen und auszuführen.

Es kommen z. B. folgende Abdichtungsstoffe/Abdichtungssysteme in Frage:

- Rissüberbrückende Mineralische Dichtschlämmen (MDS)
- Wasserundurchlässige Mörtelsysteme in Kombination mit einer rissüberbrückenden Abdichtung
- Flexible polymermodifizierte Dickbeschichtung (FPD)
- Kunststoffmodifizierte Bitumendickbeschichtungen (PMBC)
- Abdichtungsbahnen
- Konvektionsdichte, vollflächig verklebte Dämmstoffe (z. B. Schaumglas)

Werden Dichtungsbahnen verwendet, sind diese vollflächig zu verkleben. Eine lose Verlegung erfüllt nicht die Anforderungen an die Konvektionsdichtheit. Die fachgerechte Ausführung von Innenabdichtungen gegen Feuchtigkeit ist im WTA-Merkblatt 4-6 »Nachträgliches Abdichten erdberührter Bauteile« beschrieben.

Zu beachten ist, dass bei den Gebäudetypen B und C die Wand-Boden-Anschlussfugen der Innenwände ebenfalls anzuschließen sind.

5.4.7 Weiße Wanne/Wasserundurchlässige Betonkonstruktion

Wasserundurchlässige Betonkonstruktionen gemäß der eingeführten Konstruktionsprinzipien gelten bei ordnungsgemäßer Herstellung hinsichtlich Radonschutz als ausreichend dicht gegenüber Konvektion und Diffusion. Häufige Probleme bei der Dichtheit dieser Konstruktionen zeigen sich in der Baupraxis jedoch bei Anschlüssen am Wandfußpunkt, bei der Ausbildung von Fugen und Durchdringungen sowie an Rissen, die während der Erstellungs- und Nutzungszeit auftreten können.

5.4.8 Reduzierung der Diffusion von Radon aus der Bodenluft ins Gebäude

Da die Konvektion durch Undichtheiten in der Gebäudehülle um mindestens eine Potenz größer ist als durch Diffusion eingedrungenes Radon und im Bestandsgebäude zumeist davon ausgegangen werden muss, dass entsprechende Undichtheiten vorhanden sind, spielt für die Lösungsfindung die Diffusion nur eine untergeordnete Rolle. Bei sehr hohen Radonkonzentrationen in der Bodenluft und/oder niedrigen Zielwerten für die Radonkonzentration in der Raumluft kann eine Überprüfung des diffusiven Eintritts auch im Bestandsgebäude erforderlich werden. Hierzu wird auf das Verfahren von Keller/Hoffmann verwiesen.

5.4.9 Zusätzliche Schutzmaßnahmen

Der Einbau einer zusätzlichen flächigen Radondränge wird im Einzelfall insbesondere dann empfohlen, wenn nicht sichergestellt werden kann, dass die horizontale sowie vertikale Flächenabdichtung den Lufteintritt aus dem Erdreich sicher unterbinden kann.

Die Radondränge wird im Zusammenhang mit der Sanierung in der Regel vorerst ohne Absaugung verlegt. Letztere wird erst dann nachgerüstet und aktiviert, wenn bei der nach Abschluss der Baumaßnahme erfolgten Messung zur Erfolgskontrolle (siehe Abschnitt 6.5) eine die Zielwerte überschreitende Radonkonzentration in der Raumluft festgestellt wird. Damit in diesem Falle die Bodenluftabsaugung nachgerüstet werden kann, sind entsprechende Anschlussverbindungen bereits in der Bauphase vorzusehen.

5.5 Abschottungsmaßnahmen innerhalb der Gebäude

Abschottungen innerhalb von Gebäuden werden zur Erreichung der folgenden Ziele vorgesehen:

- Bauliche Abtrennung radonbelasteter Gebäudebereiche/Räume von zu schützenden Nutzräumen
- Reduzierung der Luftauftriebskräfte und damit Reduzierung des konvektiven Radoneintrags vom Erdreich ins Gebäude

Die abschottenden Maßnahmen sind von den örtlichen Gegebenheiten wie Gebäudenutzung, Bauzustand usw., abhängig. Die Schwerpunkte liegen in der konvektionsdichten Ausführung von (siehe auch Bild 10):

- Geschossdecken einschließlich ihrer Durchdringungen, An- und Abschlüssen
- Innenwänden einschließlich ihrer Durchdringungen, An- und Abschlüssen
- Schornsteinen, Schächten, Medienrohren
- Abschlüssen offener Treppenbereiche bzw. Treppenhäuser zu den Aufenthalts-/Nutzräumen
- Raumabschlüssen z. B. durch den Einbau rauchdichter Türen

Durch die Abschottung der Nutzräume von radonbelasteten Räumen wird der Radoneintrag in die Nutzräume reduziert. In den abgeschotteten, radonbelasteten Bereichen kann sich infolge dieser Maßnahme die Radonkonzentration erhöhen.

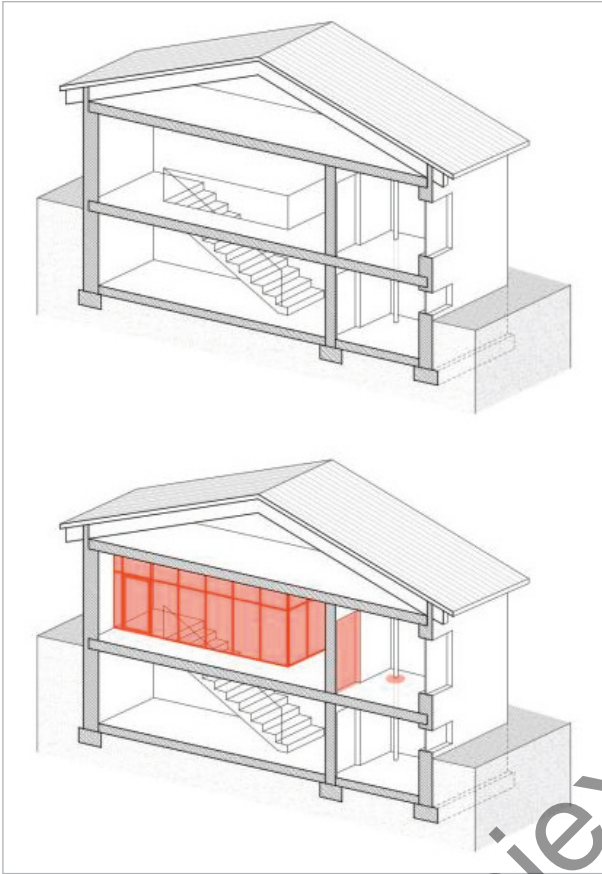


Bild 10 Prinzipdarstellung für typische Abschottungen in einem Gebäude

Marktübliche rauchdichte Türen – mit allseitig umlaufenden Dichtungen – sind im geschlossenen Zustand und bei korrekter Türeinrichtung geeignet die Verteilung von Radon im Gebäude ausreichend zu reduzieren. Raumfüllend eingebaute Brandabschottungen sind bei sachgerechter Ausführung als ausreichend konvektionsdicht anzusehen. Brandschottung die erst im Brandfall raumfüllend werden, sind als Radonbarriere nicht geeignet.

5.6 Beschreibung unterdruckverstärkender Situationen und möglicher Radonschutzmaßnahmen

Bestehende bauliche Gegebenheiten, bauliche oder nutzungsbedingte Veränderungen innerhalb eines Gebäudes können zu einer Erhöhung der Druckdifferenz zwischen angrenzendem Erdreich und Innenräumen führen. Dadurch verstärkt sich der konvektive Eintrag von Bodenluft aus dem Erdreich ins Gebäude. Im Folgenden werden hierfür typische Situationen beispielhaft genannt und beschrieben.

5.6.1 Ansaugung von Verbrennungsluft für Heizungsanlagen und Feuerstätten

Wird Verbrennungsluft aus dem Raum angesaugt, entsteht dadurch ein Unterdruck in eben diesem Raum. Liegt dieser Raum im erdberührten Bereich, erhöht sich dadurch auch die Druckdifferenz zwischen Gebäudeinnerem und Erdreich, was zu einer Zunahme des konvektiven Luftstromes zwischen Erdreich und Gebäude führt. Um diesen Effekt zu vermeiden, sollte die Verbrennungsluft direkt von außen angesaugt und der Brennstelle zugeführt werden.

5.6.2 Kamine/Schornsteine im Raumlufverbund

Bestehende Kamine und Schornsteine sowie durchgehende Schächte erzeugen aufgrund des thermischen Auftriebs Unterdruck in Räumen, mit denen sie im Raumlufverbund stehen. Dies lässt sich bei nicht mehr genutzten Anlagen durch deren Verschluss, zum Beispiel auf Deckenebene, oder durch den Rückbau der Anlage verhindern.

5.6.3 Abluftanlagen

Abluftanlagen, wie z. B. Fortlufthauben, WC-Lüfter, reine Abluftanlagen erhöhen den Unterdruck im Gebäude und verstärken bei Raumluftverbund mit erdberührten Räumen den konvektiven Zutritt von Bodenluft in diese. Bei einer nicht konvektionsdicht ausgeführten erdberührten Gebäudehülle sollten solche Anlagen deshalb vermieden werden.

5.6.4 Fußbodenheizungen auf Bodenplatten

Durch Fußbodenheizungen auf Bodenplatten erhöht sich die Temperaturdifferenz zwischen Gebäudeinnerem und Erdreich. Infolgedessen kann sich ein vorhandener konvektiver Radoneintrag vom Erdreich ins Gebäude verstärken. Fußbodenheizungen sollten deshalb in diesem Bereich nur dann eingesetzt werden, wenn die Konvektion von Bodenluft über die Gebäudehülle sicher verhindert wird (Abdichtung gem. Lösungen in Abschnitt 5.4).

Kann die Konvektionsdichtheit der erdberührten Gebäudehülle nicht sicher gewährleistet werden, sind weitere Maßnahmen erforderlich.

5.7 Bodenluftabsaugung

5.7.1 Wirkprinzip und Lösungsübersicht

Die Absaugung von Bodenluft aus dem an das Gebäude angrenzenden Erdreich kommt dann zur Anwendung, wenn die konvektionsdichte Ausführung der erdberührten Gebäudehülle nicht sicher und/oder nicht wirtschaftlich realisiert werden kann. Ziel dieser Maßnahme ist es, die Drucksituation über das Absaugen umzukehren, so dass im Erdreich gegenüber dem Gebäudeinneren während des Absaugbetriebs dauerhaft ein Unterdruck gegenüber dem Luftdruck im Gebäude erzeugt wird. Damit wird erreicht, dass die Bodenluft nicht mehr konvektiv ins Gebäude einströmt. (Bild 11).

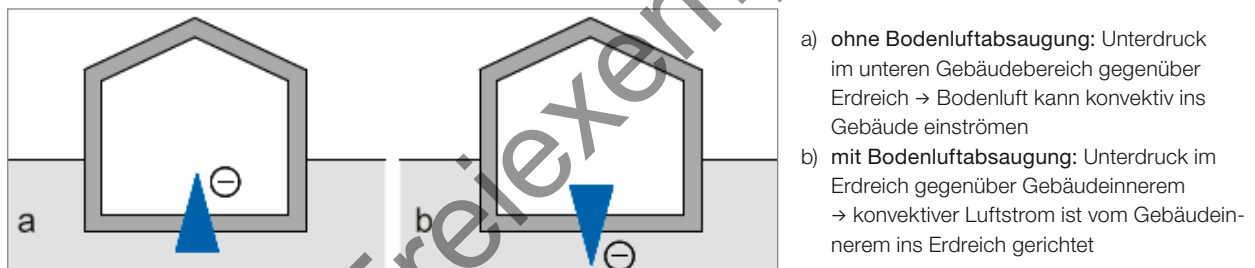


Bild 11 Darstellung des Wirkprinzips für die Veränderung der Druckverhältnisse zwischen Gebäudeinnerem und Erdreich durch Bodenluftabsaugung.

Die Absaugung erfolgt punktuell an einer oder mehreren Absaugstellen. Hat das anstehende Erdreich eine ausreichende Permeabilität, kann die Luft direkt aus diesen Schichten abgesaugt werden (Direktabsaugung). Alternativ wird eine permeable Bodenschicht eingebaut (Radondränage). Als weitere Lösung kann innerhalb der erdberührten Gebäudekonstruktion eine luftführende Schicht eingeordnet werden, aus der Luft abgesaugt wird (Zwischenschichtabsaugung).

Für die Bodenluftabsaugung haben sich eine Reihe von Lösungsvarianten etabliert. Die Wahl der Lösung sowie die Anlagenkonfiguration wird durch die folgenden Kriterien beeinflusst

- Radonkonzentration in der Bodenluft
- Permeabilität des anstehenden Erdreichs
- Radonkonzentration im Gebäudebestand
- Baulicher Zustand der erdberührten Gebäudehülle
- Bauliche Struktur des Gebäudes, insbesondere Lage und Ausbildung der Fundamente sowie möglicher weiterer unterirdischer Baukonstruktionen
- Geländeverlauf (ebenes oder hängiges Gelände)
- Raumnutzung
- Gebäudehöhe

5.7.2 Voruntersuchungen

Die Anlagenkonzeption ist von einer Reihe von Faktoren abhängig und mit einer gewissen Unsicherheit hinsichtlich der Wirksamkeit verbunden. Es sind deshalb gründliche Voruntersuchungen zur Erfassung aller Daten zur Planung und Ausführung einer sicheren und erfolgreichen Absauglösung, erforderlich. In erster Linie betrifft das die Messung der Radonkonzentration in möglichst vielen erdberührten Räumen des Gebäudes. Weitere Räume des Gebäudes sollten auszugsweise in die Messungen einbezogen werden. Mit diesen Messungen erhält man eine Übersicht über die Verteilung der Radonkonzentration im Gebäude und es werden Räume identifiziert, in denen besonders hohe Radonkonzentrationen in der Raumluft vorhanden sind. Die Messungen sind ggf. durch Sniffing-Messungen sowie zeitaufgelöste Kurzzeitmessungen zu ergänzen, um mögliche Eindringwege und -mechanismen detailliert zu erfassen. Neben den Radonmessungen gehört eine gründliche Bauzustandsuntersuchung, hier insbesondere die Erfassung von Bauschäden (Risse, Materialabtrag usw.) sowie des allgemeinen baulichen Zustandes aller Teile der erdberührten Gebäudehülle, zu den Voruntersuchungen. Weitere Kriterien für die Anordnung der Absaugpunkte sind Einschränkungen durch die Raumnutzung oder aber günstige Wegführungen für die Anordnung der Rohrleitungen im Haus. Weitere Hinweise zur Durchführung der diagnostischen Untersuchungen siehe Abschnitt 4 und Anhang A.4.

Selbst bei gründlicher Ausführung der hier zusammengestellten Voruntersuchungen kann nicht ausgeschlossen werden, dass Situationen unerkannt bleiben, die auf die Wirksamkeit Einfluss haben. Es wird deshalb gerade für punktuelle Absauglösungen der in Abschnitt 6.2 beschriebene Bauablauf ggf. mit stufenweiser Optimierung vorgesehen.

5.7.3 Aktive und passive Bodenluftabsaugung

Für die Erzeugung der Druckdifferenz zwischen Gebäude und Erdreich kommen zwei Wirkprinzipien zur Anwendung:

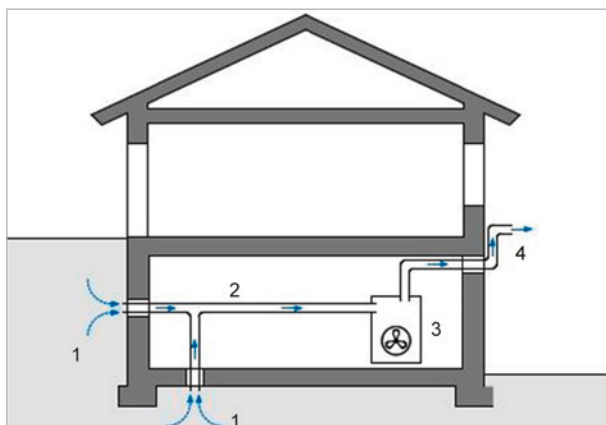
- aktive Bodenluftabsaugung
- passive Bodenluftabsaugung

Aktive Bodenluftabsaugung:

Die Erzeugung der Druckdifferenz zwischen Gebäude und angrenzendem Erdreich erfolgt durch eine mechanische Lüftungseinheit. Der erforderliche Luftvolumenstrom für den Aufbau des Unterdrucks im Erdreich ist abhängig von der Größe der angeschlossenen Bodenfläche, der Permeabilität des Bodens, den baulichen und anlagentechnischen Gegebenheiten sowie der erforderlichen Absenkrate der Radonkonzentration im Gebäudeinneren. Die für die Planung der Anlage erforderlichen Grundlagen sind durch geeignete Untersuchungsverfahren zu ermitteln- siehe Abschnitt 4.

Die Anlagenkomponenten und die Rohrleitungsführung können bei einer aktiven Bodenluftabsaugung weitgehend flexibel an die baulichen Gegebenheiten angepasst werden.

Rohrleitungen, die radonhaltige Bodenluft innerhalb von Gebäuden führen, sind dauerhaft luftdicht auszuführen. Um zu gewährleisten, dass in diesem Rohrsystem ein permanenter Unterdruck herrscht, sollte die Lüftereinheit vorzugsweise nahe der Ausblasöffnung angeordnet werden. Damit wird gewährleistet, dass bei Undichtheiten der Abluftrohre keine radonhaltige Bodenluft ins Gebäude strömt. Die Betriebssicherheit der Anlage und die Wirksamkeit des Anlagenbetriebs sind zu überwachen.



Legende:

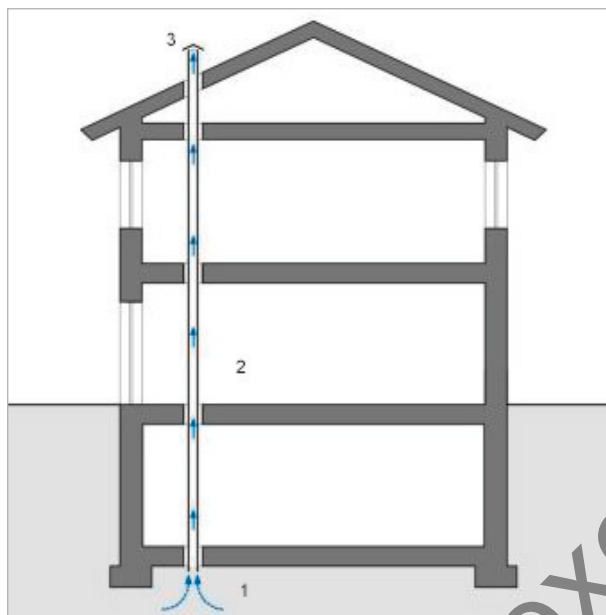
- 1 Ansaugpunkte der Bodenluft
- 2 Rohrleitungen
- 3 Lüftereinheit
- 4 Ausblasöffnung

Bild 12 Prinzipdarstellung für die Unterdruckerzeugung mittels aktiver Bodenluftabsaugung als Beispiel mit zwei Absaugpunkten

Passive Bodenluftabsaugung:

Die Unterdruckerzeugung erfolgt bei dieser Lösung ausschließlich durch die Aktivierung des natürlichen Luftauftriebes. Die mit diesem Verfahren erzielbare Druckdifferenz ist abhängig von der Steighöhe, dem Querschnitt der Steigleitung, den Witterungsverhältnissen und der Permeabilität des Bodens. Insofern kann die Wirksamkeit tages- und jahreszeitlich stark schwanken. Der Wirkungsgrad des natürlichen Luftauftriebes ist begrenzt und wird nur für Situationen empfohlen, in denen die Permeabilität des Bodens hoch ist. Es sollte zudem bereits in der Planungsphase immer die Möglichkeit der Nachrüstung einer mechanischen Lüftungseinheit berücksichtigt werden.

Die Variabilität der Anlagenkonfiguration ist gegenüber aktiven Lösungen deutlich eingeschränkt.



Legende:

- 1 Ansaugpunkte der Bodenluft
- 2 Rohrleitungen
- 3 Ausblasöffnung

Bild 13 Prinzipdarstellung für die Unterdruckerzeugung mittels passiver Bodenluftabsaugung als Beispiel mit einem Absaugpunkt

Weitere Anforderungen an die Abluftführung bei aktiver und passiver Bodenluftabsaugung:

Die Ausblasöffnungen sind gegen Witterungseinflüsse zu schützen. Bei deren Anordnung ist in Bezug zum Gebäude und zu Nachbargebäuden die Hauptwindrichtung zu berücksichtigen. Um Rückkopplungseffekte zu vermeiden, sind die Ausblasöffnungen in ausreichendem Abstand – erfahrungsgemäß sollten mindestens zwei Meter angestrebt werden – zu Türen und offenbaren Fenstern, sowie Zuluftansaugungen von Lüftungsanlagen anzuordnen.

Die Anlagen sind regelmäßig zu warten. Entstehendes Kondensat ist schadensfrei abzuführen. Die Anforderungen des Brand- und Schallschutzes sind zu berücksichtigen.

5.7.4 Randbedingungen für die Wirksamkeit der Bodenluftabsaugung und mögliche Nebenwirkungen

Die Wirksamkeit der Maßnahmen dieser Lösungsgruppe ist von mehreren Einflussfaktoren abhängig.

- **Permeabilität des Bodens:**

Die Permeabilität (Durchlässigkeit) des Bodens hat bei punktuellen Absaugungen großen Einfluss. Dichte Böden erfordern eine hohe Lüfterleistung, um einen Unterdruck im Erdreich flächig zu erzeugen. Mit steigender Dichtheit des Bodens sinkt der Wirkungsradius von punktuellen Absaugungen ab. Bei sehr dichten Böden müssen die Anzahl der Absaugpunkte erhöht und/oder das Luftvolumen der Absaugohlräume unter der Bodenplatte vergrößert werden. In einigen Fällen können andere Lösungen (z. B. flächiger Einbau einer durchlässigen Schicht unterhalb der Bodenplatte) effizienter sein.

Anhaltswerte für die Permeabilität sind in Tabelle 1 zusammengestellt:


Bodenart	Korngröße [mm]	Bereich der Gaspermeabilität [m ²]	Einschätzung der Gaspermeabilität
Kies	>2,0 bis 63,0	>10 ⁻¹⁰	hoch 
Sand	0,063 bis 2,0	10 ⁻¹⁰ bis 5 × 10 ⁻¹²	
Schluff	0,002 bis 0,063	5 × 10 ⁻¹² bis 10 ⁻¹⁵	
Ton	≤0,002	<10 ⁻¹⁵	gering

Tabelle 1 Anhaltswerte für die Permeabilität

Prüfen der Permeabilität

Um den erforderlichen Unterdruck für eine Bodenluftabsaugung bestimmen zu können sollte die Permeabilität des Bodenuntergrundes im zu untersuchenden Bereich ermittelt werden. Die Anlagenkonzeption ist auf die erforderlichen Druckdifferenzen an der Absaugbohrung auszulegen.

Ein wirksames in situ-Verfahren zur Einschätzung der Permeabilität des unterhalb eines Gebäudes anstehenden Erdreiches für die Eignung einer Direktabsaugung der Bodenluft besteht in der messtechnischen Erfassung des Ausbreitungsradius der Druckabsenkung nach Bild 14.

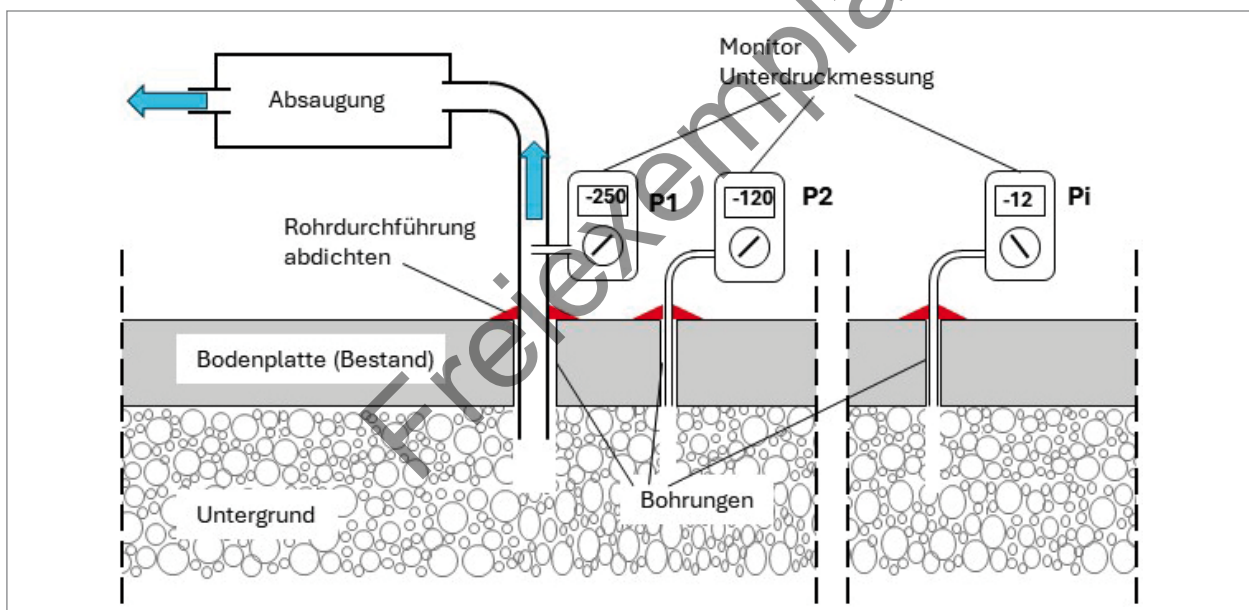


Bild 14 In situ-Verfahren zur Einschätzung des Wirkungsradius der Druckabsenkung bei punktueller Absauglösung

Erläuterung des Verfahrensaufbaus:

1. Es wird an mehreren Punkten die Bodenluft aus der für die Absaugung vorgesehenen Bodenschicht über Probebohrungen abgesaugt. Als Durchmesser dieser Bohrungen sind ca. 1 cm ausreichend. Sollten im Zusammenhang mit dem Absaugversuch Bodenproben für Baugrunduntersuchungen entnommen werden, sind größere Bohrdurchmesser erforderlich. Wichtig ist, dass die Probebohrungen bis in die geplante Absaugerschicht reichen.
2. Im Bereich des final geplanten Absaugpunktes wird über eine Probebohrung die Bodenluft abgesaugt und dort der sich einstellende Unterdruck gemessen (Messpunkt P1)
3. Um den Druckabfall innerhalb der geplanten Absaugerschicht einzuschätzen, wird an einem oder mehreren weiteren Punkten (P2 bis Pi) der Druckabfall über weitere Probebohrungen gemessen. Die Anordnung der Messpunkte P2ff. ergibt sich aus der geplanten Lösung, d.h., die Absaugpunkte sind so anzuordnen, dass eine Einschätzung der Wirksamkeit möglich wird. Zur Festlegung der Probeabsaugpunkte P2ff sind des Weiteren die Ergebnisse von Radonmessungen im Bestand (hier insbesondere Messung der Radonkonzentration in den Räumen sowie Sniffingmessungen) heranzuziehen.

4. Das Ergebnis der Messungen wird für die Dimensionierung der Absauganlage herangezogen (siehe nachfolgende Beispiele).

Beispiele:

Beispiel 1: permeabler Unterbau, Kies-/Schotterpackung,

Es wird über zwei Bohrungen im Abstand von fünf Meter die Permeabilität ermittelt. Beträgt diese 50 Pa auf 5 m so kann daraus näherungsweise ein Druckverlust von 10 Pa pro Meter in der betrachteten Schicht des Untergrundes abgeleitet werden. Soll in einer Fläche mit einem Radius von 10 m um einen zentralen Absaugpunkt ein Unterdruck unter der Bodenplatte aufgebaut werden, ist die Absaugung so zu dimensionieren, dass diese sicher zu jeder Zeit über 100 Pa in der Absaugbohrung erzeugt. Der jahreszeitliche Verlauf der Druckverhältnisse ist zu berücksichtigen.

Beispiel 2: dicht gelagerter Unterbau, z. B. Schluff/Sandgemisch,

Es wird über zwei Bohrungen im Abstand von fünf Meter die Permeabilität ermittelt. Beträgt diese 500 Pa auf 5 m so kann daraus ein Druckverlust von näherungsweise 100 Pa pro Meter in der betrachteten Schicht des Untergrundes abgeleitet werden. Soll in einer Fläche mit einem Radius von 10 m um einen zentralen Absaugpunkt ein Unterdruck unter der Bodenplatte aufgebaut werden, ist die Absaugung so zu dimensionieren, dass diese sicher zu jeder Zeit über 1000 Pa in der Absaugbohrung erzeugt. Der jahreszeitliche Verlauf der Druckverhältnisse ist zu berücksichtigen.

- **Bodenschichtung:**

Ideal für den Aufbau eines Unterdruckes im gebäudeangrenzenden Erdreich ist eine hoch durchlässige Bodenschicht, die von einer deutlich weniger luftdurchlässigen Schicht sowohl nach unten als auch zur Geländeoberfläche hin begrenzt wird. Ist dies nicht gegeben sind andere Lösungen, z.B. nach Abschnitt 5.8 oder Lösungskombinationen zu wählen.

- **Dichtheit der erdberührten Gebäudehülle:**

Sollte aufgrund von Undichtheiten in der erdberührten Gebäudehülle kein ausreichender Unterdruck im gebäudeangrenzenden Erdreich aufgebaut werden können, sind diese durch partielle Abdichtungsarbeiten im Bereich der Fehlstellen so weit zu beseitigen, dass eine dauerhafte Unterdruckerzeugung möglich wird.

- **Konstruktive Randbedingungen:**

Unterirdische Bauteile und Baukonstruktionen, wie z. B. Streifenfundamente, oder geologische Inhomogenitäten können die Druckausbreitung unterbrechen und oder beeinflussen und damit den Wirkungsradius einer Absaugung nachteilig verändern.

Vermeidung unerwünschter Nebenwirkungen

- **Austrocknung des Erdreiches:**

Mit der Absaugung von Bodenluft kann eine geringe, aber messbare Austrocknung des Bodens ausgelöst werden, die bei bindigen Böden sowie Böden mit organischen Bestandteilen zu einer Volumenreduzierung und damit zu Setzungserscheinungen führen kann.

- **Kühlung von Böden und Konstruktionen**

Wird bei Absaugung aus einem neben dem Gebäude liegendem Radonbrunnen kalte Außenluft mit angesaugt, kann es hierdurch zur Auskühlung des anliegenden Erdreichs kommen.

- **Wärmeverluste im Gebäude und Kondensatbildung in Konstruktionsschichten sowie den Elementen des Abluftsystems**

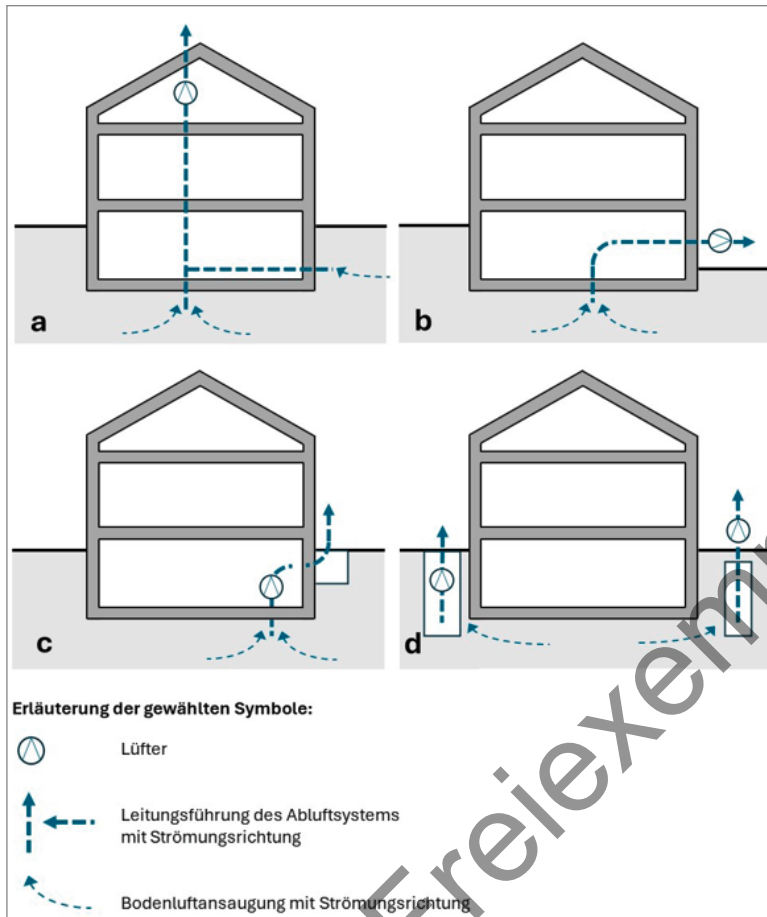
Die Gefahr, dass es durch Undichtheiten in der Gebäudehülle zu relevanten Energieverlusten sowie zu Kondensatfeuchte in den erdberührten Außenkonstruktionen kommt, ist als gering einzuschätzen, da hierzu der durch Absaugung ausgelöste Luftstrom durch die Undichtheiten der Gebäudehülle nicht ausreicht.

5.7.5 Lösungsvarianten für die Bodenluftabsaugung

Für die Bodenluftabsaugung haben sich eine Reihe von Lösungsvarianten etabliert

Die Absaugung der Bodenluft kann entweder aktiv oder passiv erfolgen (siehe Abschnitt 5.7.2), wobei für Lösungen mit Direktabsaugung der Bodenluft aus dem Erdreich auf Grund des gegenüber mit zusätzlich eingebauter Dränageschicht zumeist höheren Absaugwiderstandes nahezu ausschließlich die aktive Luftabsaugung zur Anwendung kommt.

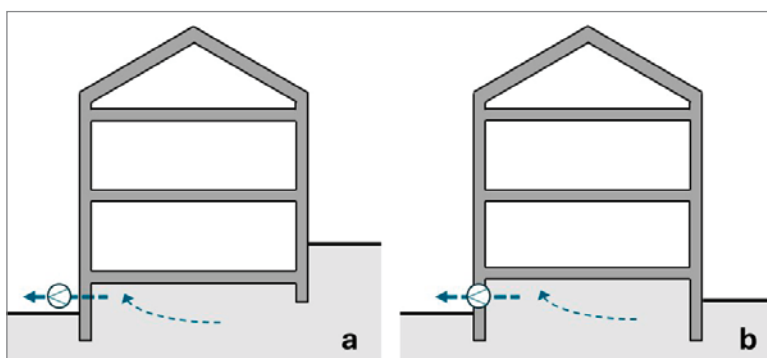
Die folgenden Prinzipdarstellungen zeigen typische Lösungsvarianten für **aktive** (Bild 15 bis Bild 17) und **passive Systeme** (Bild 18), bei denen die Bodenluft entweder direkt aus dem anstehenden Erdreich oder über ein Schachtbauwerk abgesaugt wird. Dabei können die Absaugpunkte unterhalb der Bodenplatte, an erdberührten Außenwänden oder neben dem Gebäude angeordnet sein. In die Prinzipskizzen sind des Weiteren mögliche Abluftführungen im oder neben dem Gebäude aufgenommen.



Legende:

- a) **Absaugung unter der Bodenplatte:** Abluftführung innerhalb des Gebäudes und über Dach. Der Lüfter sollte hier am Strangende (im Dachraum, wie dargestellt, oder über Dach) angeordnet werden, um im Rohrsystem einen Unterdruck zu induzieren. Zusätzlich ist in dieser Abbildung eine horizontale Absaugung über die erdberührte Außenwand aufgenommen, die für die Lösung nach b und c sinngemäß angewendet werden kann.
- b) **Absaugung unter der Bodenplatte:** Abluftführung aus unterster Geschossebene direkt nach außen, Lüfteranordnung außerhalb (dargestellt) oder im Gebäude. Typische Lösung bei Hanglage oder bei nichtunterkellerten Gebäuden
- c) **Absaugung unter Bodenplatte:** Wie Lösung b, aber für Abluftführung Nutzung eines Lichtschachtes oder eines ähnlichen Bauteils. Lüfteranordnung im Gebäude (dargestellt) oder außen (z.B. im Lichtschacht); typische Lösung bei unterkellerten Gebäuden
- d) **Absaugung neben dem Gebäude:** Zumeist wird hierzu ein Schacht (»Radonbrunnen«) angeordnet. Lüfteranordnung außerhalb des Schachtes (rechte Darstellung) oder im Schacht (linke Darstellung)

Bild 15 Prinziplösungen für die aktive Bodenluftabsaugung bei ebenem unteren Gebäudeabschluss



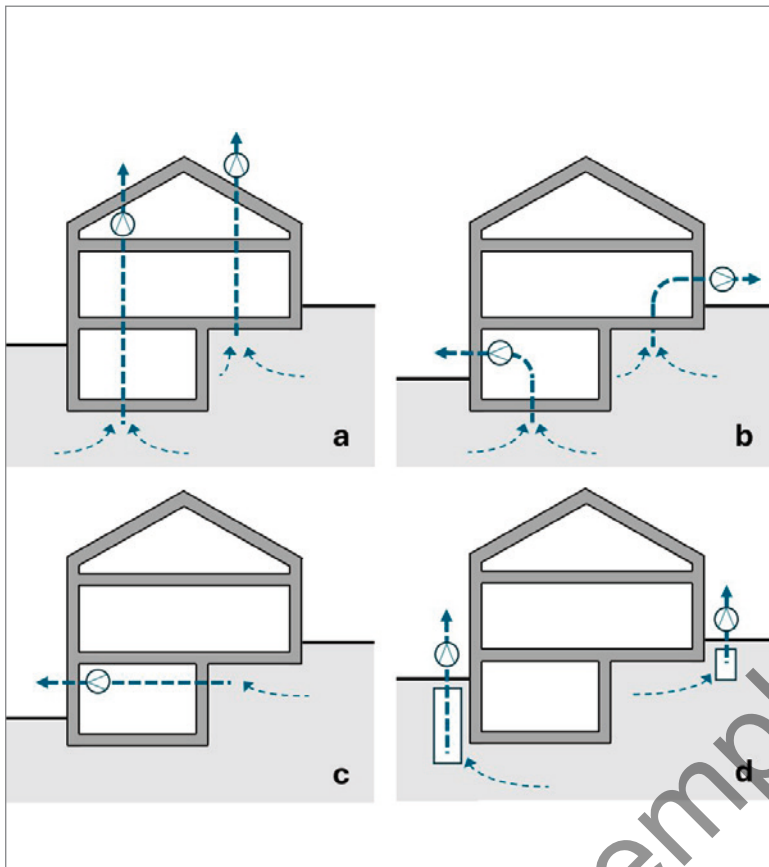
Erläuterungen:

- a) Gebäude in Hanglage;
- b) Gebäude mit erhöhtem Bodenniveau der untersten Geschossebene zum Geländeniveau

Bild 16 Prinziplösungen für die aktive Bodenluftabsaugung bei Hanglage oder Gebäuden mit unterster Bodenebene oberhalb des Geländeniveaus; Erläuterung der gewählten Symbole siehe Bild 15

Bei dieser Konstellation des Geländeprofils kann neben allen in Bild 15 zusammengestellten Lösungen die horizontale Bodenluftabsaugung eine sehr effektive Lösungsvariante sein.

Der Lüfter kann entweder außerhalb des Gebäudes (dargestellt in Bild 16 a) oder direkt in der Grundmauer (dargestellt in Bild 16 b) angeordnet werden.



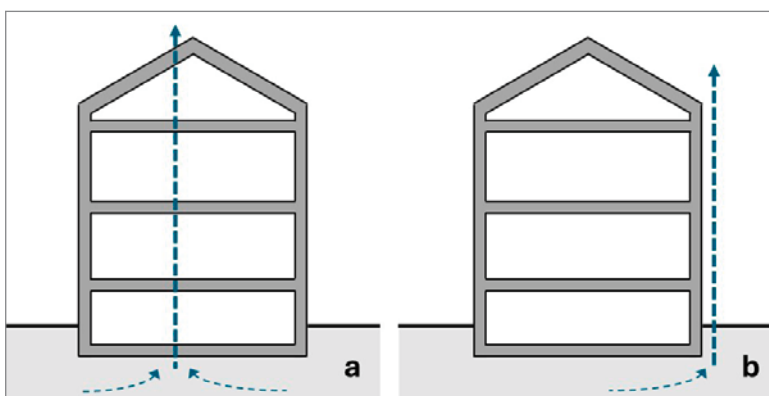
Legende:

- a) **Absaugung unter den Bodenplatten:** Abluftführung innerhalb des Gebäudes und über Dach. Die Lüfter sollten hier am Strangende angeordnet werden, um im Rohrsystem einen Unterdruck zu induzieren. Lüfteranordnung im Dachraum (links dargestellt) oder über Dach (rechts dargestellt).
- b) **Absaugung unter der Bodenplatte:** Abluftführung aus unterster Geschossebene direkt nach außen; Lüfteranordnung außerhalb (links dargestellt) oder im Gebäude (rechts dargestellt);
- c) **Absaugung über Außenwand (horizontale Absaugführung):** Diese Lösung kommt vor allem dann zum Einsatz, wenn das Kellergeschoss als Nebenraum (Lager usw.) genutzt wird, weswegen in dieser Beispielskizze auch keine Absaugung unterhalb des tiefer liegendem Bodenniveaus dargestellt ist; Lüfteranordnung im Gebäude (dargestellt) oder außerhalb des Gebäudes
- d) **Absaugung neben dem Gebäude:** Bei tiefer liegendem Absaugniveau (links dargestellt) wird in der Regel ein Absaugschacht (»Radonbrunnen«) angeordnet. Liegt das Absaugniveau nur gering unter dem Gelände (rechts dargestellt), kann ggf. auf einen Absaugschacht verzichtet werden. Lüfteranordnung außerhalb des Gebäudes

Bild 17 Prinziplösungen für die aktive Bodenluftabsaugung bei abgetrepptem unteren Gebäudeabschluss; Erläuterung der gewählten Symbole siehe Bild 15

Auf Grund der unterschiedlichen Fußbodenniveaus werden häufig mehrere Absaugebenen erforderlich (Bild 17 a bis c). Wenn das Untergeschoss lediglich für Nebenfunktionen (Lager usw.) genutzt wird, kann ggf. auf die Absaugung unterhalb dieses Gebäudebereiches verzichtet werden (Bild 17 d)

Für passive Systeme sind die Anlagenkonzeptionen deutlich eingeschränkt (siehe Bild 18). Zudem sollte hier immer eine Nachrüstung zu einem aktiven System möglich sein, da passive Systeme in ihrer Wirksamkeit begrenzt sind.



Legende:

- a) **Anlage innerhalb des Gebäudes (Regel-lösung)**
- b) **Anlage außerhalb des Gebäudes:** Diese Lösung wird als sehr problematisch angesehen und seitens WTA nicht empfohlen.

Bild 18 Prinziplösungen für die passive Bodenluftabsaugung; Erläuterung der gewählten Symbole siehe Bild 17

Es wird hier eine große Steighöhe erforderlich, weswegen passive Systeme nur bei höheren Gebäuden angewendet werden können. Als Orientierungswert kann von einer Mindeststeighöhe von 10 m ausgegangen werden.

Direktabsaugung der Bodenluft

Für die Direktabsaugung der Bodenluft können alle in den Bild 15 bis Bild 18 vorgestellten Anlagenkonzeptionen zum Einsatz kommen. Anzahl und Lage der Absaugpunkte ergeben sich aus der Permeabilität des Erdreiches, siehe Tabelle 1, der Lüfterleistung, den baulichen Randbedingungen, dem sich daraus ergebenden Wirkungsradius, der Radonkonzentrationen im Gebäude, der Gebäudenutzung und der Zielwertvorgabe des Auftraggebers.

Voraussetzung für die Funktionsfähigkeit:

Wichtigstes Kriterium für die Wirksamkeit ist die Absaugung aus einer ausreichend permeablen Bodenschicht. Für die Anwendung der Lösungen 1) und 2) muss eine solche Schicht direkt unter bzw. neben dem Gebäude vorhanden sein (Bild 19). Ist diese Bedingung nicht gegeben, ist ein Radonbrunnen anzulegen, der bis in eine genügend permeable Schicht reicht (Bild 20).

Lage der Absaugstellen:

Punktueller Absaugungen können durch die Bodenplatte, die erdberührten Außenwände oder außerhalb des Gebäudes erfolgen. Neben dem Wirkungsradius spielen für die Anordnung eine Reihe weiterer Kriterien eine Rolle, wie die Verteilung der Radonbelastung im Gebäude, die Raumnutzung, die Gebäudeform und der Geländeverlauf sowie die baulichen Möglichkeiten und bauliche sowie funktionelle Einschränkungen für die Positionierung der Absaugpunkte. Tendenziell sind Anordnungen direkt unter dem Gebäude hinsichtlich der Wirksamkeit günstiger als Anordnungen neben dem Gebäude.

Durchdringungen durch erdberührte Bauteile sind dauerhaft konvektionsdicht auszuführen.

Hinweise zur Ausführung

Die Lösung ist in Abhängigkeit von der Lage der permeablen Bodenschicht zu wählen. Dabei kristallisieren sich zwei Vorzugslösungen heraus

- a) Direktabsaugung aus dem am Gebäude anstehendem permeablen Erdreich
- b) Anordnung eines Absaugschachtes (Radonbrunnen)

Lösung a in Bild 19 kommt dann zur Anwendung, wenn direkt unterhalb der Bodenplatte eine permeable Bodenschicht, die eine Bodenluftabsaugung zulässt, vorhanden ist. Diese Schicht kann sowohl Teil des gewachsenen Bodens als auch eine vorhandene Konstruktionsschicht (z.B. Kies-/Schotterunterbau) sein. Liegt die permeable Bodenschicht tiefer als die Gründungssohle kann diese über eine verrohrte Bohrung erreicht werden (Lösung b in Bild 19).

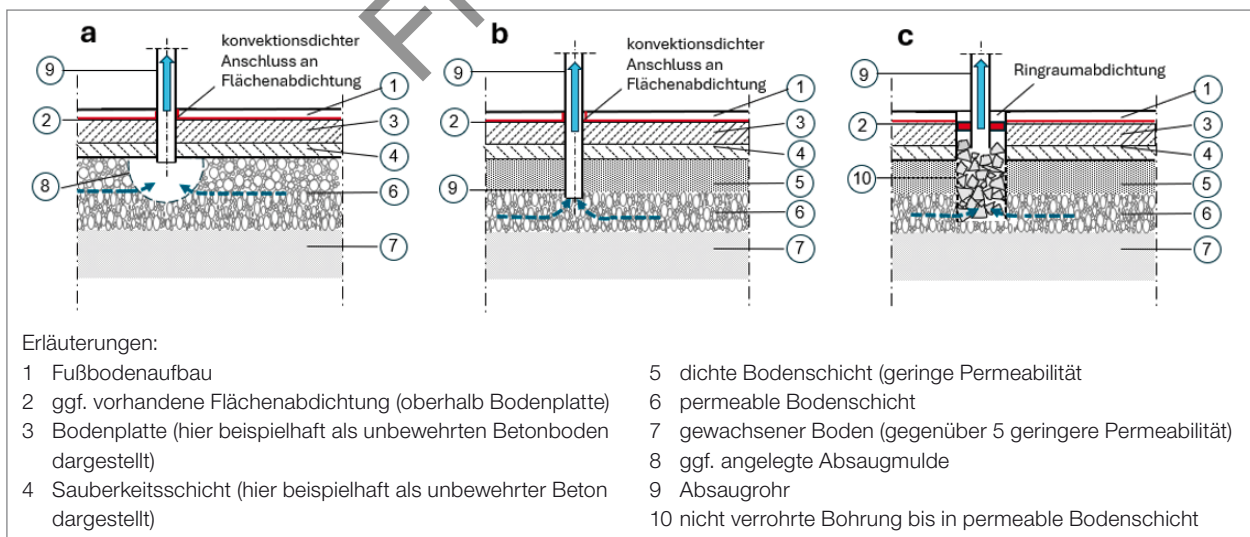


Bild 19 Beispiellösungen für Direktabsaugung der Bodenluft unterhalb des Gebäudes ohne Schachtbauwerk (Schemaskizze)

Schachtbauwerke (sogenannte Radonbrunnen) kommen vorzugsweise in folgenden Fällen zur Anwendung:

- Keine permeable Bodenschicht direkt an der Gebäudehülle
- Absaugpunkt liegt neben dem Gebäude (Lösung d in Bild 15)
- Erfordernis der Wartung und Kontrolle innerhalb des Schachtes, z. B., wenn der Lüfter im Schacht angeordnet werden soll (Sonderlösung)
- Er ist ein komplett neuer Bodenaufbau vorgesehen, wodurch die Errichtung des Schachtbauwerkes ohne zusätzliche Eingriffe in die zu erhaltende Bausubstanz möglich wird.

Die Bodenluftansaugung im Schacht kann sowohl seitlich, von unten oder in Kombination beider Lösungen erfolgen (siehe Bild 20). Bei seitlicher Bodenluftansaugung sind in Höhe der Ansaugschicht Ansaugöffnungen in der Schachtwandung vorzusehen. Für die konstruktive Ausbildung können beispielsweise gemauerte Schächte, Schächte aus Brunnenringen, Kunststoffschächte usw. eingesetzt werden. Alternativ ist der Verzicht auf ein Schachtbauwerk möglich, wenn ausreichend standsicheres Erdreich ansteht und der Schacht gegen Einbruch z. B. durch Auffüllen des Schachtes mit hochdurchlässigem Material gesichert ist. Alternativ zur Errichtung neuer Schächte können vorhandene Schächte und sonstige Baulichkeiten zu »Radonbrunnen« umfunktioniert werden, wenn ein luftdichter Abschluss zum Gebäudeinnerem sowie die lufttechnische Öffnung zur Bodenabsaugung realisiert werden kann.

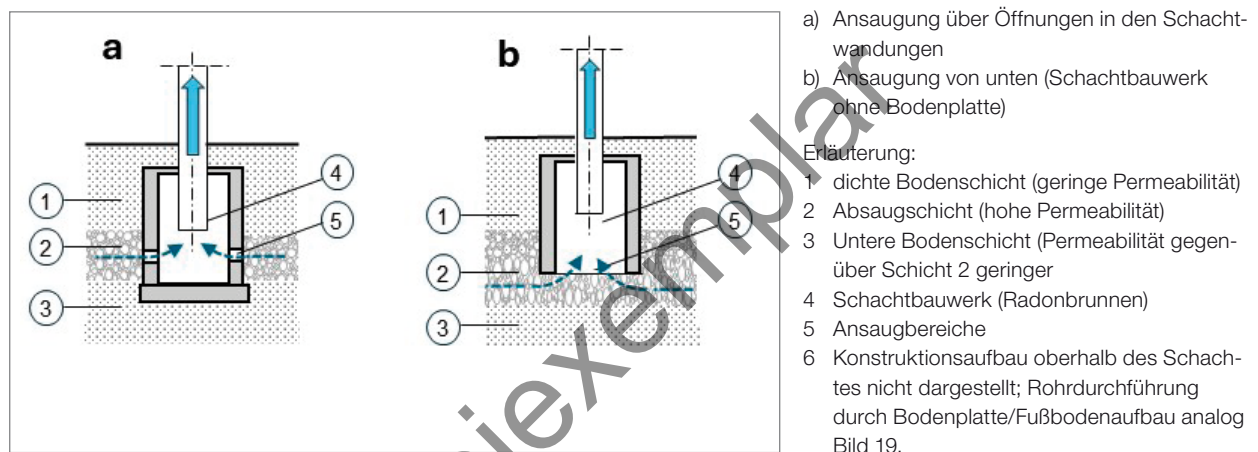


Bild 20 Varianten der Bodenluftansaugung in Schachtbauwerken (Radonbrunnen)

Der Wirkungsgrad von neben dem Gebäude angeordneten Absaugschächten ist gegenüber den Varianten mit Absaugung unterhalb des Gebäudes im Regelfall geringer.

Die Anlagen und ihre Einbauteile müssen unter Beachtung der örtlichen Gegebenheiten fachgerecht geplant, dimensioniert und eingebaut werden.

Es können auch bestehende Schächte oder Kellerräume genutzt werden, wenn sie für die Absaugung geeignet sind oder entsprechend ertüchtigt werden können.

Wenn die Permeabilität unter der Bodenplatte nicht ausreichend ist, um eine wirkungsvolle Direktabsaugung anwenden zu können, kann der Einbau einer permeablen Schicht (Dränageschicht mit oder ohne Dränagerohrsystem) unter einer neu zu erstellenden Bodenplatte die Grundvoraussetzung für die ausreichende Bodenluftabsaugung schaffen. Radondränagen sind so auszuführen, dass ein unerwünschtes Ansaugen von Fremdluft (Raum- oder Außenluft) weitgehend ausgeschlossen ist. Daher sind Dränanlagen zur Wasserableitung in der Regel ungeeignet.

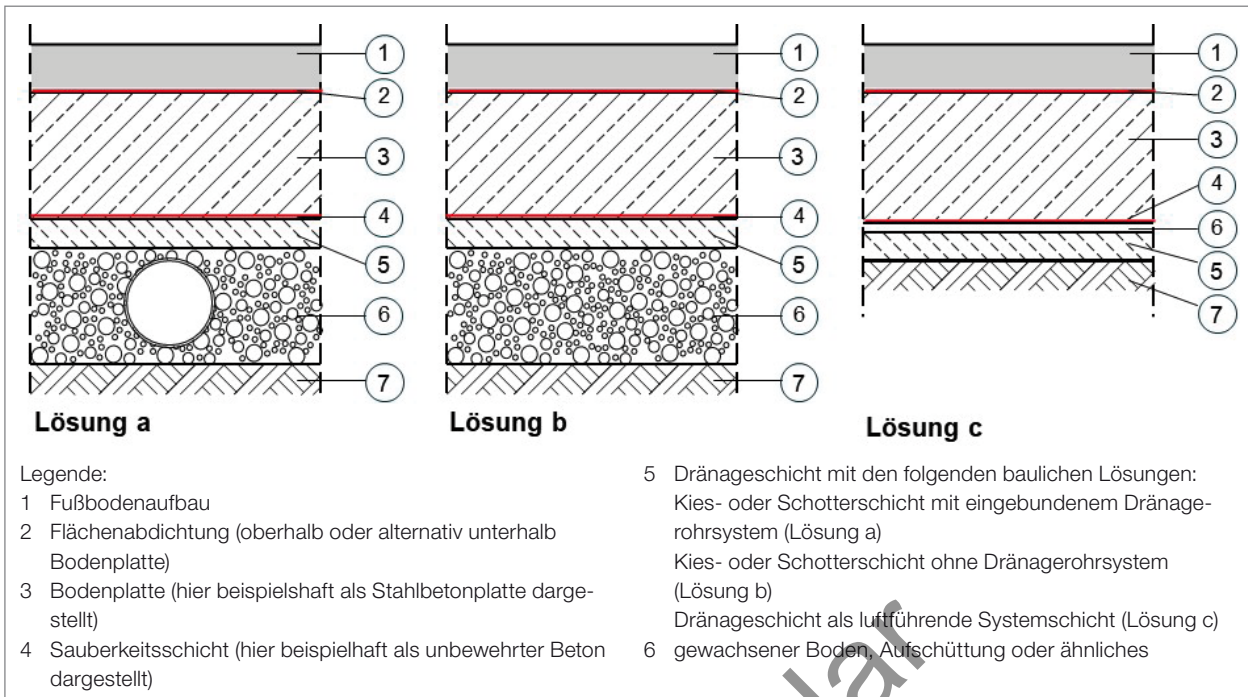


Bild 21 Varianten für die Schichtenfolge über Radondrängen (Prinzipdarstellungen)

Bei handelsüblichen Dränleitungen, wie sie für Wasserableitung benutzt werden, mit konstantem Lochbild stellt sich – gerade bei sehr permeablen Schotter-/Kiesauffüllungen unter der neu eingebrachten Bodenplatte – bereits nach wenigen Metern Rohrleitungslänge nach der Absaugstelle ein Druckabfall im Leitungssystem ein. Dies kann die Wirksamkeit der Maßnahme erheblich einschränken.

5.7.6 Raumseitige Absaugung aus luftführenden Schichten

Es wird durch bauliche Maßnahmen eine luftführende Ebene geschaffen aus der abgesaugt wird. Diese luftführende Schicht kann auf einer bestehenden Bodenplatte (Zwischenbodenabsaugung) oder raumseitig vor Außenwänden liegen. Eine Absaugung aus Hohlraumssystemen innerhalb von Wänden, z. B. bei mehrschaligem Mauerwerk oder Hohlraummauerwerk ist möglich. Die baukonstruktiven und die Belange des Wärme- und Feuchteschutzes sind zu berücksichtigen.

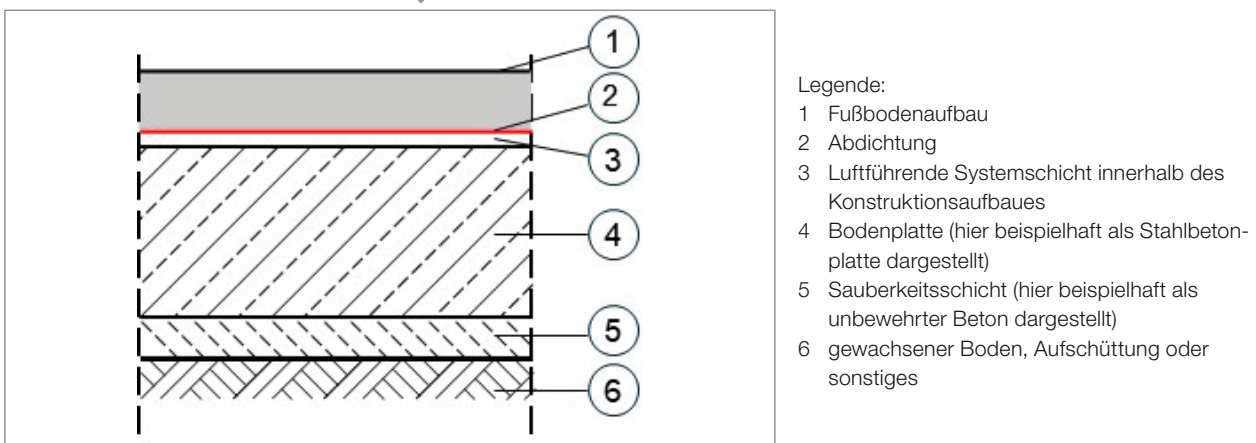


Bild 22 Prinzipdarstellung Zwischenbodenabsaugung

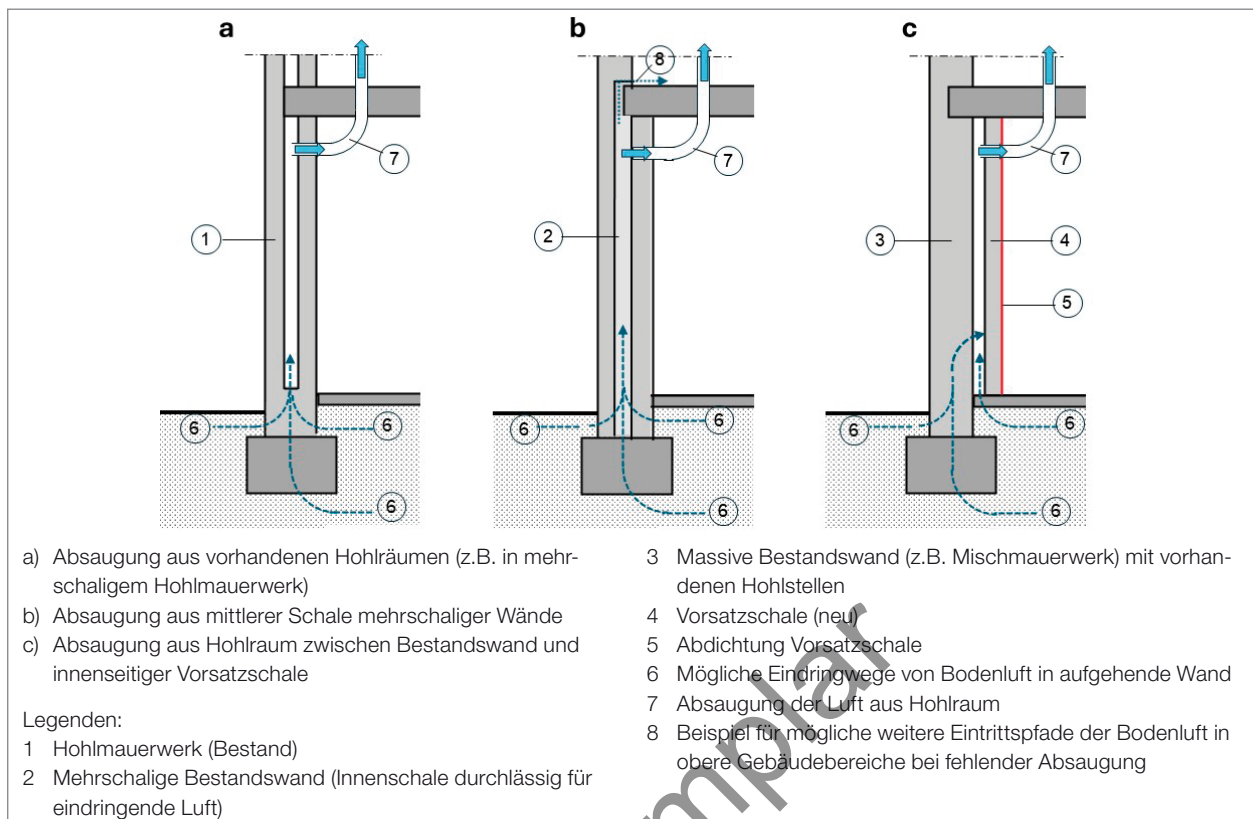


Bild 23 Prinzipdarstellung Wandabsaugung

5.7.7 Abführung/Absaugung aus bestehenden Hohlräumen unterhalb des Gebäudes

Ist unterhalb einer Geschossebenen mit Nutzräumen eine luftdurchströmte Ebene (z. B. Kriechkeller und Kellerräume mit Querlüftung oder Parkgeschosse) vorhanden, kann diese unter Berücksichtigung der Belange des Wärme- und Feuchtschutzes zur Radonabführung genutzt werden. Bei offenen Geschossen (Parkgeschossen) ist für eine ausreichende Querlüftung in der Regel keine mechanische Lüftungsunterstützung erforderlich.

Dagegen ist für die Sicherstellung eines ausreichenden Luftvolumenstroms bei Kriechkellern oder ähnlichen Hohlräumen in der Regel eine mechanische Lüftung vorzusehen. Die Entscheidung, inwieweit diese erforderlich wird, ist von der Höhe des vorhandenen Hohlräumens, der Größe der Einströmöffnungen sowie der Grundflächengröße und geometrischen Gestaltung des Hohlräumens abhängig und individuell, z. B. durch geeignete Messungen abzuklären.

5.8 Luftumspülung der erdberührten Gebäudehülle als Sonderlösung

Voraussetzung für die Anwendung der Lösung ist eine durchgehend hohe Permeabilität des Erdreiches im gebäudeangrenzenden Bereich, welches ein weitestgehend behinderungsfreies Ein- und Ausströmen der Außenluft zulässt. Sollte die Permeabilität des vorhandenen anstehenden Bodenmaterials nicht ausreichen, kann dies mittels Austauschs durch gut permeable Materialien erreicht werden. Im Zuge eines Bodenaustauschs kann dies mit erforderlichen Abdichtungsmaßnahmen der erdberührten Gebäudehülle kombiniert werden.

Unter Umständen kann es ausreichend sein, Oberflächenversiegelungen am Gebäude zurückzubauen, so dass die Bodenluft am Gebäude ungehindert in die Atmosphäre austreten kann.

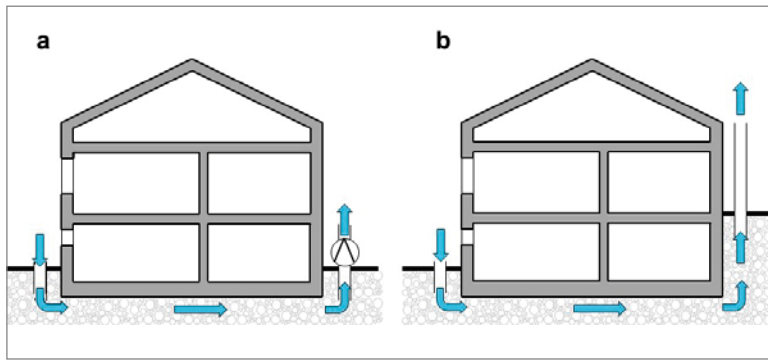


Bild 24 Prinziplösung für die Luftumspülung von Gebäuden als aktives System (a) oder passives System (b)

5.9 Lüftungstechnische Maßnahmen

5.9.1 Überblick

Der Radoneintritt in Gebäude findet, wenn auch in der Intensität schwankend, kontinuierlich statt. Die Wirksamkeit der Lüftungstechnischen Maßnahme ist abhängig von der Quellstärke und der bestehenden Luftwechselrate im Gebäude. Die Erfolgsaussichten sind abhängig von der Differenz zwischen Ausgangskonzentration und angestrebtem Zielwert (siehe Anhänge A.1 und A.2).

In vielen Fällen bieten Lüftungstechnische Maßnahmen, allein oder in Kombination mit anderen Verfahren, eine effiziente Möglichkeit, den vereinbarten Zielwert zu erreichen und einzuhalten.

Grundsätzlich kann die Luftwechselrate in der Praxis nicht beliebig gesteigert werden, da in der Regel begrenzte Faktoren berücksichtigt werden müssen.

1. Begrenzung der Lüftungswärmeverluste
2. thermische Behaglichkeit
3. Begrenzung des Kühlbedarfs

Überblick über mögliche Lüftungsstrategien:

- Fensterlüftung
- Freie Lüftung als Quer- oder Schachtlüftung
- Ventilatorgestützte Lüftung

5.9.2 Fensterlüftung

Die Lüftung durch Öffnen von Fenstern eignet sich sehr gut als Sofortmaßnahme zur Reduzierung der Radonkonzentration in der Innenluft, da diese ohne zusätzlichen anlagentechnischen Aufwand durchgeführt werden kann.

Wird die Fensterlüftung als dauerhafte Maßnahme in Erwägung gezogen, ist ein messtechnisches Monitoring der Radonkonzentration zur Wirksamkeitskontrolle empfehlenswert. Aufgrund von Fensterlüftung verändert sich die Drucksituation im Gebäude, dies kann bei hohen Quellstärken zu einer unerwünschten Erhöhung der Radonkonzentration führen.

Nachteile der Fensterlüftung liegen in möglichen Zielkonflikten zum Feuchteschutz, dem baulichen Wärmeschutz sowie zu einer Behaglichkeits-/Komforteinschränkung. Eine Fensterlüftung kann bei hohen Radonbelastungen der Raumluft deshalb nicht als dauerhafte Lösung des Radonschutzes empfohlen werden.

Als besonders wirksame Form der Fensterlüftung erweist sich die Stoßlüftung, welche, wenn möglich, als Querlüftung, angewendet werden sollte.

5.9.3 Aktivieren einer Querlüftung in den Kellerräumen

Eine kontinuierliche natürliche Belüftung der Kellerräume kann die Radonbelastung in diesen Räumen reduzieren. Infolge der dadurch reduzierten Ausbreitung kann sich die Radonbelastung auch in anderen Bereichen des Gebäudes verringern. Besonders effektiv ist hier die Querlüftung.

Bei der Anwendung der natürlichen Belüftung von Kellerräumen sind die bauphysikalischen Gesetzmäßigkeiten (Sommerkondensation) zu berücksichtigen.

5.9.4 Freie Lüftung

Unter dieser Gruppe werden die folgenden nutzerunabhängige Lösungen zusammengefasst:

- Querlüftung über Außenbauteil-Luftdurchlässe (ALD)
- Schachtlüftungen

Das Prinzip beruht, grundsätzlich vergleichbar zur Fensterlüftung, auf dem Luftaustausch infolge der natürlichen Druckdifferenzen. Es erfolgt jedoch nutzerunabhängig über Außenluftdurchlässe (Nach- und Ausströmöffnungen) in der Gebäudehülle. Der Luftaustausch kann durch Ventilatoren verstärkt werden. Die freie Lüftung kann als möglicher Lösungsansatz bei geringen Absenkraten angewandt werden.

5.9.5 Ventilatorgestützte Lüftungssysteme

Bei Anwendung ventilatorgestützter Lüftungssysteme können definierte Luftwechselraten erzielt werden. Im Hinblick auf den Radonschutz spielen die sich durch den Anlagenbetrieb ergebenden Druckverhältnisse die maßgebliche Rolle.

Ventilatorgestützte Systeme können als

- Abluftsystem (Unterdrucksystem)
- Zu- und Abluftsystem
- Zuluftsystem (Überdrucksystem)

in dezentraler und zentraler Konzeption ausgeführt werden.

Abluftsystem

Abluftsysteme bestehen aus einem oder mehreren Ventilatoren, die Luft aus dem Gebäudeinneren absaugen. Der sich hierbei einstellende Unterdruck wird durch nachströmende Luft über Zuluftöffnungen oder Infiltrationseintritte ausgeglichen. Bei Infiltration über Fehlstellen der erdberührten Gebäudehülle erhöht sich infolge des im Gebäude hervorgerufenen Unterdrucks der Radoneintritt ins Gebäude, was der Zielstellung der Radonschutzmaßnahmen zuwiderläuft.

Zuluftsystem

Zuluftsysteme bestehen aus einem oder mehreren Ventilatoren, die Luft in das Gebäudeinnere hineinfördern. Der sich hierbei einstellende Überdruck wird durch ausströmende Luft über Abluftöffnungen oder Infiltrationseintritte ausgeglichen. Bei Austritt über Fehlstellen der erdberührten Gebäudehülle verringert sich infolge des im Gebäude hervorgerufenen Überdrucks der Radoneintritt ins Gebäude, was die Zielstellung der Radonschutzmaßnahmen unterstützt.

Durch den sich bei Anlagenbetrieb einstellenden Überdruck können feuchtetechnische Probleme im Gebäude verstärkt werden. Dies ist zu berücksichtigen.

Zu-/Abluftsystem

Zu-/Abluftsysteme bestehen aus mehreren Ventilatoren, die sowohl auf der Zuluft- als auch auf der Abluftseite angeordnet und in gleicher Strömungsrichtung betrieben werden. Bei entsprechender Einstellung lässt sich ein minimaler Überdruck erzielen, der den Radoneintritt über die erdberührte Gebäudehülle reduziert.

Voraussetzung für die zielgerichtete Entscheidung zu Lüftungstechnischen Lösungen ist die Erfassung der Ausgangssituation hinsichtlich Radoneintrittsrates und Luftwechsel im Bestandsgebäude. In Bezug auf die Anforderungen an die Lüftungsstrategien zur Reduzierung von Radon in Innenräumen und deren Anwendungsgrenzen wird auf die Anhänge 8 verwiesen.

5.10 Schutz vor Radon aus den Baumaterialien – Exhalation

Radonexhalation ist der Übergang aus den verwendeten mineralischen Baustoffen an die Raumluft.

Während bei modernen Baustoffen die Radonexhalationsrate im Regelfall keine nennenswerten Größenordnungen erreicht [Literaturverweis BfS Studie], kann dies für historische mineralische Baustoffe nicht vorausgesetzt werden.

Bei historischen Gebäuden wurden für deren Errichtung zumeist regional vorkommende Baustoffe verwendet, beispielsweise Natursteine und gebrannte Steine, aber auch Baustoffe, die Zuschläge aus Schlacke / Schlacke-Asche-Gemischen mit hohen Konzentrationen aus Radium 226 beinhalten (z. B. Zuschlagstoffe für Betone die z. B. aus ehemaligen Bergbaugebieten stammen oder Schlacke aus Verhüttungsprozessen als Füllmaterial in Holzbalkendecken und Hohlmauerwerkskonstruktionen).

Vielerorts wurden Gebäude auch direkt gegen anstehenden Fels gebaut.

Je nach geologischer Situation und lokaler Gewinnungsstätte weisen diese Natursteinvorkommen unterschiedlich hohe Radonexhalationsraten auf. Im Zuge der Bestandserfassung sollten daher auch die bauzeitlich verwendeten Baustoffe untersucht und im Hinblick auf ihren potenziellen Beitrag zur Radonbelastung im Gebäudeinneren beurteilt werden.

Radonexhalation erfolgt sowohl diffusiv als auch konvektiv. Bei sehr stark exhalierenden Materialien kann, sofern keine anderen Gesichtspunkte wie z. B. Denkmalschutzgedanken dagegenstehen, ein Austausch dieser Materialien unter Beachtung der Standsicherheitskriterien ein Lösungsansatz sein.

Sofern der Konvektivanteil des Übergangs durch baustanzverträgliche, konvektionsdichte Oberflächenbeschichtungen oder Bekleidungen verlangsamt/reduziert wird, können in Verbindung mit einer messtechnischen Überprüfung weitere Maßnahmen möglicherweise entfallen. Hierbei sind die Konstruktionsprinzipien des luftdichten Bauens anzuwenden. Die Beschichtungen/ Bekleidungen sind vollflächig, Fugen und Übergänge sind radondicht auszuführen.

6 Handlungsempfehlungen

6.1 Besonderheiten des Radonschutzes im Gebäudebestand

Sanierungen erfordern immer eine objektspezifische Betrachtung und Lösungsfindung. Sie unterscheiden sich von der Herangehensweise im Neubaugeschehen durch die folgenden Aspekte:

- Verallgemeinerungsfähige Aussagen zum Gebäude sind im Regelfall nicht möglich, jedes Gebäude ist hinsichtlich der baulichen Lösung individuell zu betrachten. Häufig fehlen aussagefähige Unterlagen zum Gebäude, welche vor allem für Bauwerksteile im Erdreich (z. B. Fundamente) schwierig zu ergänzen sind.
- Häufig fehlen aussagekräftige Unterlagen zum Baugrund im Bereich des Bestandsgebäudes.
- Bei der Lösungsfindung sind Schäden oder Fehlstellen an der erdberührten Gebäudehülle sowie eine fehlende oder unzureichende Abdichtung zu beachten.
- In der überwiegenden Mehrzahl der Gebäude ist es auf Grund der vorhandenen Ausbildung der erdberührten Gebäudehülle, dem Vorliegen von Bauschäden sowie fehlender Zugänglichkeit nicht möglich oder nicht wirtschaftlich vertretbar, eine nach den aktuellen a. a. R. d. T. ausgeführte radondichte Abdichtungslösung der erdberührten Gebäudehülle in der Sanierungsphase nachzurüsten.

Zu berücksichtigen ist, dass die hier angeführten besonderen Aspekte mit steigendem Alter der Gebäude tendenziell zunehmen.

Schlussfolgerungen

- Diagnostische Voruntersuchungen sind unerlässlich, wobei deren Umfang für jedes Gebäude individuell zu bestimmen ist. Einen Schwerpunkt der diagnostischen Voruntersuchungen bilden dabei aussagekräftige Messungen der Radonkonzentration im Gebäude.
- Der »Königsweg« des baulichen Radonschutzes, die Ausführung einer konvektiv dichten erdberührten Gebäudehülle, ist in vielen Fällen nicht vollständig zu erreichen.
- Liegen hohe Ausgangswerte der Radonbelastung vor, können bei umfangreichen Sanierungslösungen häufig Sofortmaßnahmen als Interimslösung bis zur endgültigen Radonsanierung erforderlich werden.

6.2 Einordnung des Radonschutzes in den Planungs- und Bauablauf

Im folgenden Ablaufdiagramm (Bild 25) ist die Vorgehensweise für die Vorbereitung, Durchführung und Prüfung der Radonschutzmaßnahmen in Bestandsgebäuden zusammengefasst.

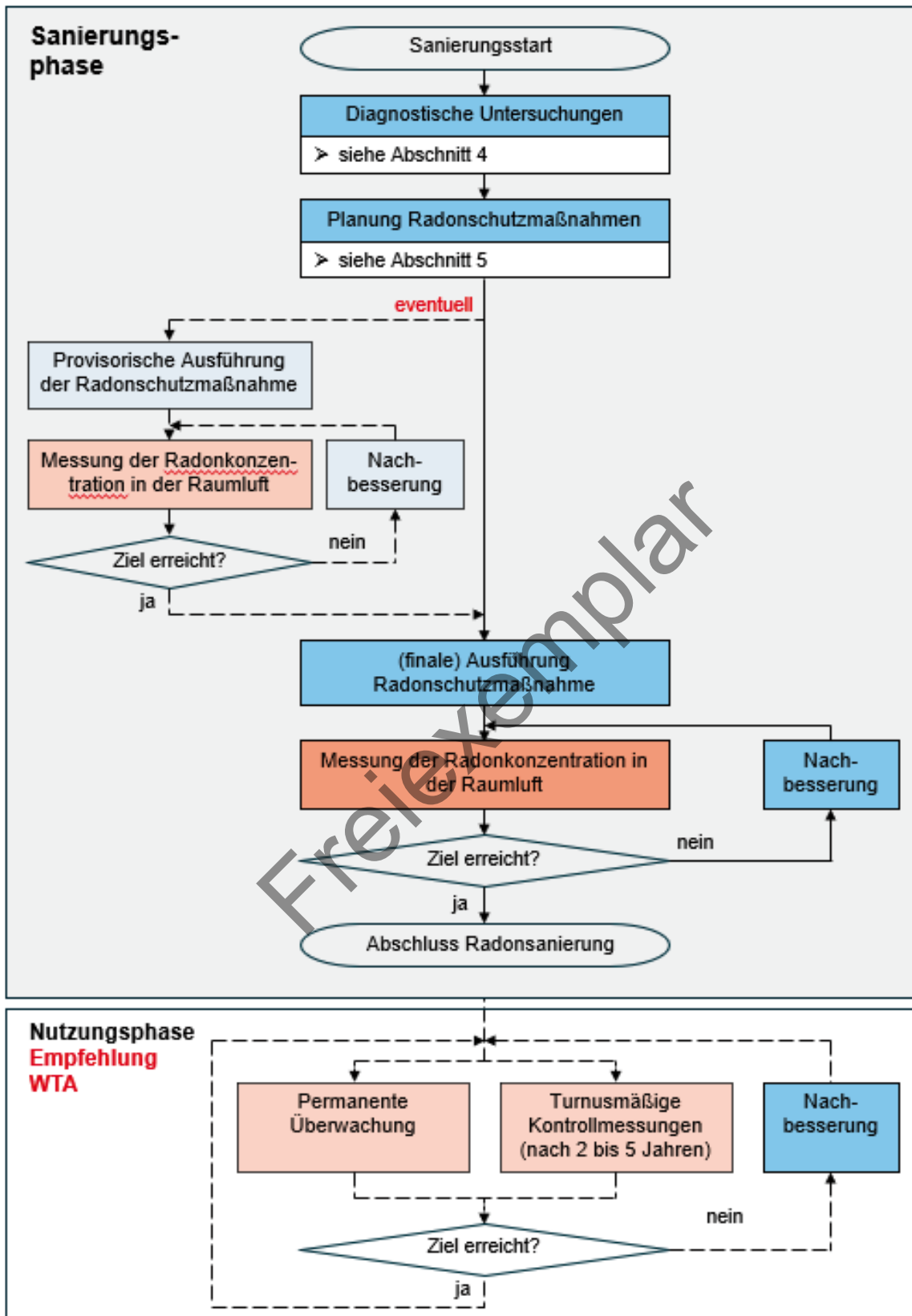


Bild 25 Ablaufdiagramm einer Radonsanierung

Inwieweit der Zwischenschritt einer provisorischen Errichtung der Radonschutzmaßnahme erforderlich wird, ist individuell zu entscheiden. Kriterien hierbei sind:

- Qualität und Aussagekraft der Ergebnisse aus den diagnostischen Voruntersuchungen
- Höhe der Vorbelastung in Verbindung mit dem Sanierungsziel
- Wahl der Ausführungslösung

6.3 Diagnostische Voruntersuchungen

Die erforderlichen diagnostischen Untersuchungen sind im Abschnitt 4 beschrieben.

Zu Besonderheiten der Radonmessungen in Bestandsgebäuden siehe auch Anhänge A.1 und A.2.

6.4 Aspekte zur Wahl der Sanierungslösungen

6.4.1 Überblick über die Einflüsse auf die Wahl der Sanierungslösungen

Die Wahl der Sanierungslösung gemäß Abschnitt 5 ist von einer Vielzahl externer und interner Aspekte abhängig. Die wesentlichsten sind im Folgenden zusammengefasst:

- Ausgangswerte der Radonbelastung in den Räumen
- Raum- bzw. Gebäudenutzung
- Baukonstruktive Gegebenheiten, vor allem Aufbau und Zustand der erdberührten Gebäudehülle
- vorgesehene bauliche Veränderungen
- Bauliche oder nutzungsbedingte Zwänge
- Einschränkungen in der äußeren Zugänglichkeit der erdberührten Bauteile
- Baugrundbeschaffenheit
- Wirksamkeit unterschiedlicher bau- und lüftungstechnischer Lösungen des Radonschutzes
- Kosten/Nutzenabwägung

Gerade im Gebäudebestand ist die gewünschte Minimierung der Radonbelastung aufgrund der baulichen Gegebenheiten nicht in allen Fällen erreichbar. Ziel der Sanierungslösung ist daher die weitgehende Reduzierung der Radoneinträge ins Gebäude. Hierbei spielen sowohl technische Belange als auch die Kosten der Maßnahme samt Folgekosten – hier vor allem Energiekosten, Wartung und Geräteaustausch – maßgebende Beurteilungsgrößen dar.

6.4.2 Einsatz von Sofortmaßnahmen gem. Abschnitt 5.2:

Zeitlich befristete Sofortmaßnahmen können vor der eigentlichen Radonsanierung ergriffen werden. Welche Maßnahmen ergriffen werden, hängt von mehreren Faktoren ab. Insbesondere sind das:

- Die gemessene Radonkonzentration in der Raumluft
- Die Nutzungsart und -intensität der Räume
- Möglichkeit der Nutzungseinschränkung für belastete Räume
- Die zu erwartende Zeitdauer bis zur Durchführung der Radonsanierung
- Wirksamkeit und Umsetzbarkeit der jeweiligen Maßnahme

Es ist aktuell nicht möglich, quantifizierbare Empfehlungen für den Einsatz von Sofortmaßnahmen zu geben. Diese sind objektbezogen abzustimmen.

6.4.3 Anwendung von Abdichtungslösung gem. Abschnitt 5.4

Nachträgliche Außenabdichtungen nach WTA-Merkblatt 4-6 zum Erreichen einer konvektionsdichten Gebäudehülle gem. Abschnitt 5.4.4 und 5.4.5 stellen hinsichtlich des Radonschutzes in der Gebäudesanierung die Ausnahme dar. Voraussetzung für eine erfolgreiche Ausführung von Außenabdichtungen sind:

- Vollständige Freilegung der erdberührten aufgehenden Wände
- Weitestgehend ebene und rissfreie Bestandskonstruktion, nachträglich Herstellung einer solchen für die Applikation der Abdichtung geeigneten Oberfläche
- Schaffung einer ebenen, für den Einbau einer Flächenabdichtung geeigneten Bodenplatte bzw. massiven Fußbodenkonstruktion, die raumseitig abzudichten ist
- Möglichkeit des Einbaues/ zur Herstellung einer konvektionsdichten Querschnittsabdichtung, wenn erforderlich, sofern nicht bereits vorhanden.
- Möglichkeit der konvektionsdichten Ausbildung bzw. Nachrüstung von Durchdringungen der Gebäudehülle.

Diese hier aufgeführten Voraussetzungen lassen sich in der Regel nur bei umfassender Sanierung und allseitiger Zugänglichkeit der erdberührten Gebäudehülle schaffen.

Innenabdichtungen der erdberührten Gebäudehülle kommen als Alternative zu Außenabdichtungen in Frage. Dabei ist das WTA-Merkblatt 4-6 in der aktuellen Fassung zu beachten.

Partielle Abdichtungen, etwa an Fehlstellen, Rissen, Übergängen oder Durchdringungen der erdberührten Gebäudehülle, sind als flankierende Maßnahmen in der Regel bei den in folgenden Abschnitten genannten Radonschutzmaßnahmen im Gebäudebestand einzubeziehen.

Ist aus Feuchteschutzgründen ohnehin eine nachträgliche Bauwerksabdichtung vorgesehen, ist diese so auszuführen, dass der konvektive Radoneintritt im Rahmen der durch die baulichen Gegebenheiten vorhandenen Randbedingungen weitgehend reduziert oder verhindert wird.

6.4.4 Unterdrucklösungen (Bodenluftabsaugung) gem. Abschnitt 5.7

Aktive und passive Bodenluftabsaugung

Für die Entscheidungsfindung, inwieweit eine passive Bodenluftabsaugung zum Einsatz kommen kann oder aber eine aktive Lösung erforderlich wird, kann das folgende Ablaufdiagramm als Entscheidungshilfe herangezogen werden.

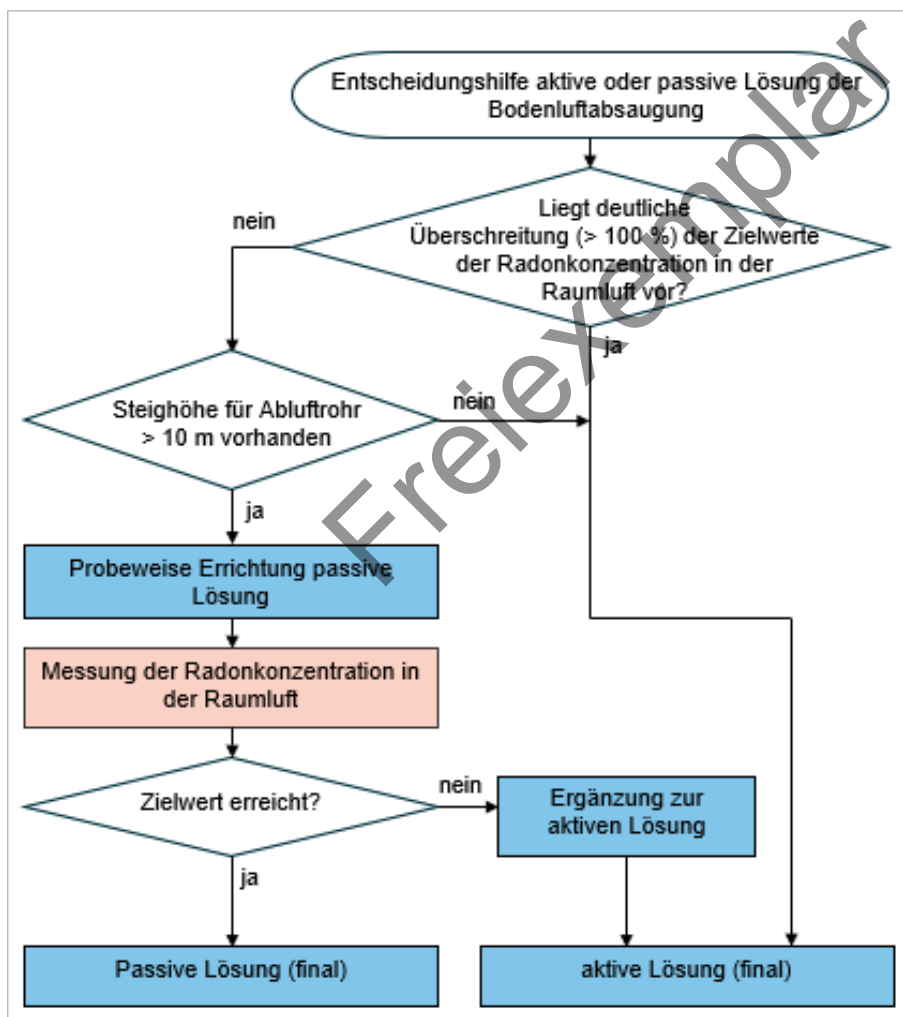


Bild 26 Ablaufdiagramm zur Entscheidungsfindung aktive oder passive Bodenluftabsaugung

6.4.5 Anwendung lüftungstechnischer Lösungen

Zur Beurteilung der Erfolgsaussichten lüftungstechnischer Lösungen der in Kapitel 5.9. beschriebenen Maßnahmen ist eine umfassende Beurteilung der Ausgangssituation (Radonkonzentration, Luftwechselrate, bauliche Randbedingungen) nötig.

Entsprechende Mess- und Berechnungsverfahren werden in den Anhängen A.1 bis A.3 beschrieben.

Bereits aus innenraumhygienischer Sicht ist – unabhängig vom Radonenschutz – zur Minimierung von Feuchtigkeit, Schimmelrisiko, Gerüchen und Schadstoffen ein ausreichender Luftwechsel erforderlich. Sofern dieser Luftwechsel bereits besteht, sind zusätzliche Lüftungstechnische Maßnahmen zur Reduzierung der Radonbelastung durch Erhöhung des dauerhaft wirksamen Luftwechsels nur begrenzt möglich. Dabei ist darauf zu achten, dass sich der Unterdruck im Gebäude nicht erhöht.

Anhand der folgenden Ausführungen und des Ablaufdiagrammes (Bild 27) kann abgeschätzt werden, inwieweit in Abhängigkeit von der vorhandenen Radonkonzentration in der Raumluft (Bezug Jahresmittelwert) sowie der vorhandenen Luftwechselrate die Zielwerte für die Radonkonzentration durch Erhöhung der Luftwechselrate erreicht werden können oder bauliche Maßnahmen zur Reduzierung der Quellstärke anzuwenden sind.

Geringe Überschreitung des Zielwertes

Liegt der Jahresmittelwert im Wertebereich des Zielwertes oder bis zu Faktor 2 über dem Zielwert und der bereits wirksame gesamte Luftwechsel unter 0,2/h, sind gezielte und dauerhaft wirksame Lüftungsmaßnahmen zur sicheren Unterschreitung des Zielwertes erfolgversprechend. Liegt der bereits wirksame gesamte Luftwechsel bereits bei 0,5/h oder höher, sind Lüftungsmaßnahmen nur dann erfolgversprechend, wenn sie gleichzeitig die Druckverhältnisse zur Reduzierung der Radon-Quellstärke verändern (Reduzierung von Unterdruck, siehe Anhang A.3).

Radon-Jahresmittelwert liegt Faktor 2 oder mehr über dem Zielwert

Liegt der Jahresmittelwert um den Faktor 2 oder mehr über dem Zielwert oder liegt der bereits wirksame gesamte Luftwechsel bereits bei 0,5/h oder höher, reichen Lüftungsmaßnahmen in der Regel nicht mehr aus. Hier sind Maßnahmen zur Reduzierung der Quellstärke (Abdichtungen oder gezielte Änderungen der Druckverhältnisse) erforderlich.

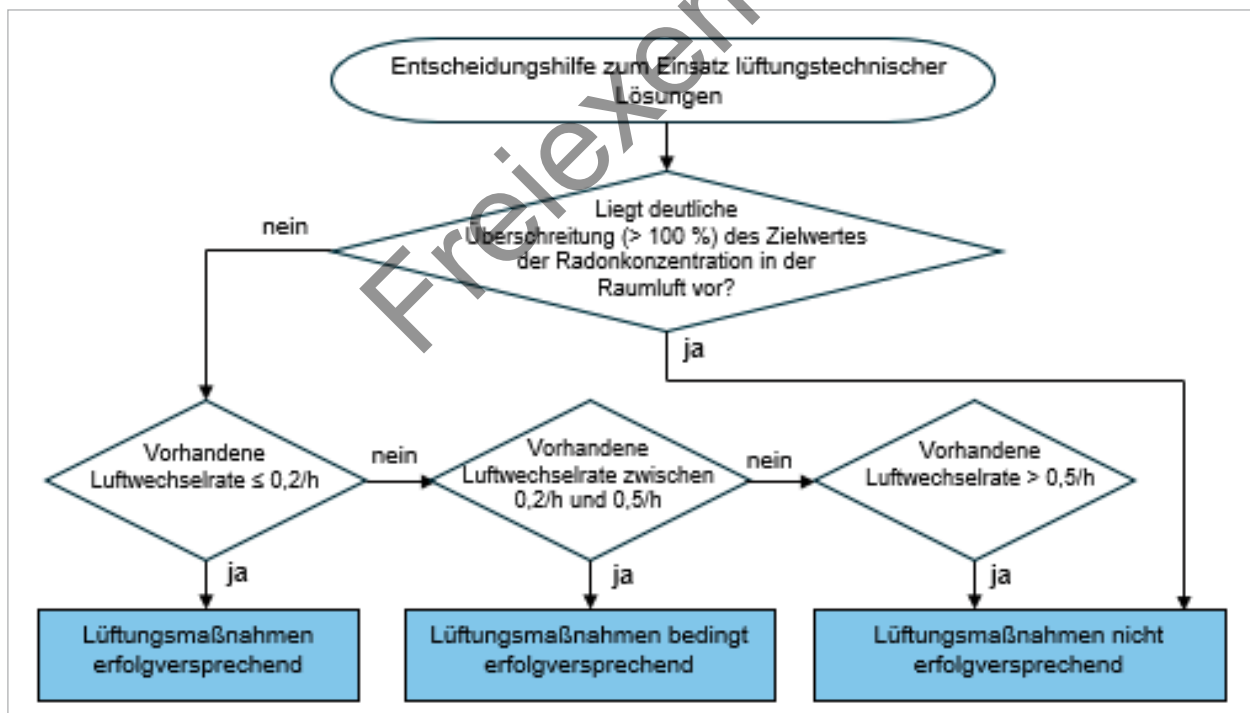


Bild 27 Ablaufdiagramm zur Entscheidungsfindung für die Anwendung Lüftungstechnischer Maßnahmen zur Erhöhung des vorhandenen Luftwechsels.

6.4.6 Besonderheit für den Fall erhöhter Radonexhalation aus den Baustoffen

In Bestandsgebäuden die mit Natursteinen oder/und unter Verwendung von Abprodukten der Industrie, z. B. Schlacken als Deckenschüttung oder Wandfüllung mehrschaliger Wände, errichtet wurden, kann die Exhalation aus diesen Baustoffen einen merklichen Beitrag zur Radonbelastung der Raumluft liefern.

Indizien dafür sind:

- die regionale Lage des Bauwerks,
- die räumliche Nähe zu Gewinnungs- oder Verarbeitungsstätten der Rohstoffe, oder anderen Betrieben des Bergbaus und Hüttenwesens,
- die Ergebnisse der Bauwerksanalyse im Hinblick auf die verwendeten Materialien,
- die Ortsdosisleistung im Gebäude,
- erhöhte radioaktive Strahlung an Bauteiloberflächen
- geringe oder fehlende Schwankungen der Radonkonzentration über den Betrachtungszeitraum
- Räumliche und zeitliche Auffälligkeiten bei der Radonkonzentrationsverteilung (ggf. höhere Radonkonzentration in den Obergeschossen) im Gebäude

6.4.7 Besonderheiten im Rahmen von energetischen Sanierungen

Energetische Sanierungen von Bestandsgebäuden sind sehr häufig mit einer Reduzierung der Luftwechselrate (z. B. infolge des Einbaus dichter Fenster) verbunden. Dadurch kann die Konzentration an Schadstoffen in der Raumluft und somit auch die Radonkonzentration deutlich steigen. Diesem Umstand sollte bei der energetischen Maßnahmenkonzeption Rechnung getragen werden.

Weitere für die Radonkonzentration in der Raumluft relevante Veränderungen im Rahmen von Sanierungsarbeiten sind u. a. die Umwandlung von Kellerräumen in Aufenthalts- und Arbeitsräume, die Veränderung der Heizungslösung, die Abdichtung von erdberührten Wänden sowie der Einbau von dichten Rauchschutztüren zwischen Kellergeschoss und Erd- sowie Obergeschossen. Die hier beispielhaft genannten Maßnahmen können sowohl zu einer potenziellen Erhöhung als auch Reduzierung der Radonkonzentration in der Raumluft führen.

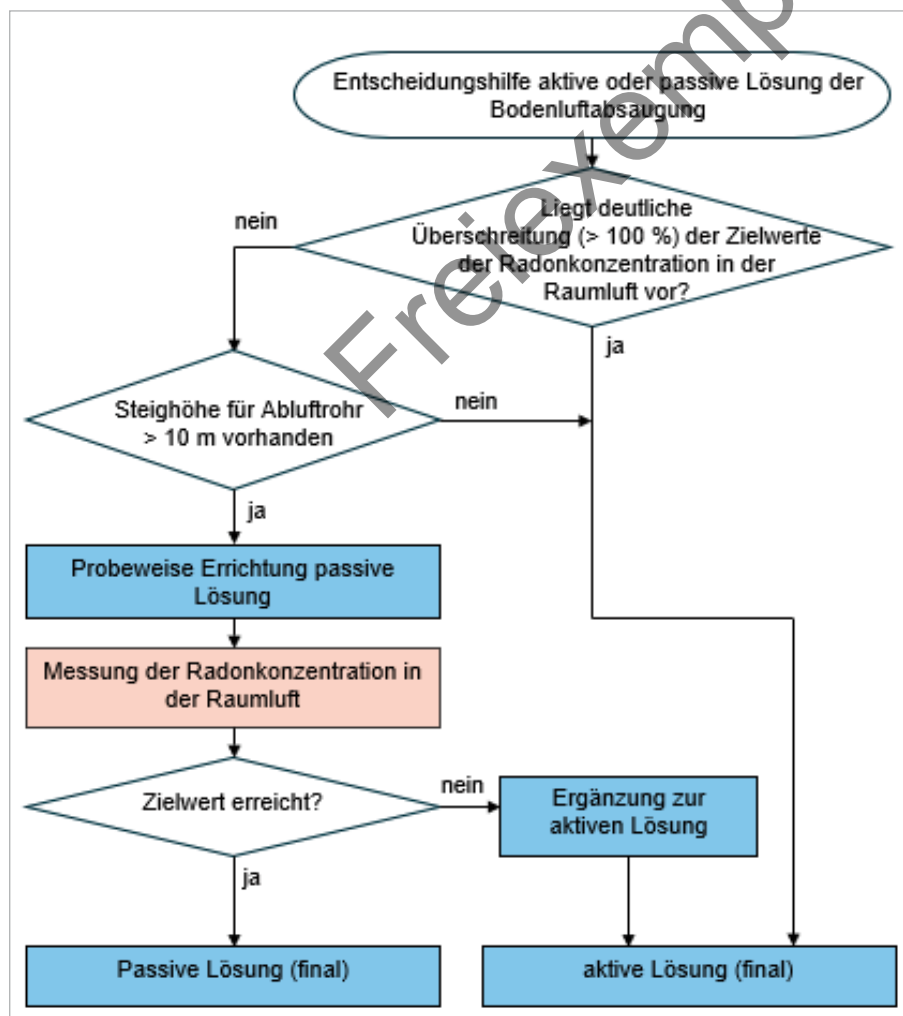


Bild 28 Ablaufdiagramm zum Radonschutz im Rahmen energetischer Sanierungen

6.4.8 Besonderheiten Radonschutz bei Baudenkmalen

Zahlreiche historische Gebäude, aber auch Objekte aus jüngeren Bauepochen, sind als Baudenkmale klassifiziert. So ist für Deutschland von einem Gesamtbestand von etwa 1,0 Mio. Baudenkmalen auszugehen. Denkmalgeschützte Gebäude umfassen hinsichtlich ihres Alters, ihrer Nutzung sowie ihrer Bauart und Größe eine große Bandbreite. (Beispiele siehe Leitfaden HTW/SMEKUL/LfD 2021 [5]).

Alle in Abschnitt 5 dieses Merkblattes beschriebenen Maßnahmen zur Senkung der Radonaktivitätskonzentration sind grundsätzlich auch in denkmalgeschützten Gebäuden umsetzbar. Allerdings erfordert die Klassifizierung als Baudenkmal, dass an einem derartigen Gebäude vorgesehene Änderungen bzw. Eingriffe in die Bausubstanz mit der zuständigen Denkmalschutzbehörde abzustimmen und von dieser zu genehmigen sind. Sollten die Maßnahmen am Gebäude gegen denkmalrelevante Grundsätze verstoßen, müssen alternative Lösungen oder planerische Kompromisse gefunden werden.

Für die Planung von Radonschutzmaßnahmen an Baudenkmalen bedeutet dies, dass die Maßnahmen vorab im Hinblick

- auf mögliche Beeinträchtigungen des äußeren Erscheinungsbildes sowie
- auf bauliche Eingriffe in die originale Substanz,

einschließlich der jeweiligen Zumutbarkeit, zu überprüfen sind.

Bei denkmalgeschützten Gebäuden ist somit ein systematisiertes, schrittweises Vorgehen zur Radonsanierung erforderlich, welches den ohnehin nötigen Diagnose-, Planungs- und Ausführungsprozess um die objektkonkrete Abstimmung und Beachtung denkmalpflegerischer Grundsätze erweitert. So sind folgende zusätzlichen Anforderungen im Planungs- und Umsetzungsprozess zu berücksichtigen:

- **Erarbeitung des Sanierungskonzeptes (Planungsphase):** Frühzeitige Abstimmung mit der Unteren Denkmalschutzbehörde
- **Umsetzung des Sanierungskonzeptes:** Kommunikation der denkmalpflegerischen Anforderungen an die ausführenden Gewerke
- **Abschluss der Umsetzungsphase:** Denkmalgerechte Dokumentation der Maßnahme

6.5 Erfolgskontrolle zum Abschluss der Sanierungsmaßnahmen

Der Erfolg der Radonsanierungsmaßnahmen kann nur durch eine abschließende Messung dokumentiert werden. Diese Messung ist unter Nutzungsbedingungen durchzuführen. Art und Dauer der Messung sind vertraglich zu vereinbaren. Zu Radonmessung siehe Anhang A.1.

6.6 Begleitende Kontrollmessungen während der Nutzungsphase

Da nach der Sanierung bauliche Veränderungen nicht auszuschließen sind, sich Nutzungsszenarien ändern, oder sich bei technischen Anlagen Defekte einstellen können, empfiehlt die WTA Kontrollmessungen während der Nutzungszeit durchzuführen. Dies kann durch fortlaufende Messungen zum Beispiel mittels elektronischer Messgeräte oder als Kontrollmessungen im Abstand von 2 bis 5 Jahren erfolgen.

7 Literaturlauszug

- [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 (veröffentlicht im Amtsblatt der Europäischen Union vom 17.1.2014)
- [2] DIN/TS 18117-1, Bauliche und Lüftungstechnische Maßnahmen zum Radonschutz Teil 1; Begriffe, Grundlagen und Beschreibung von Maßnahmen; Beuth-Verlag 2021
- [3] DIN/TS 18117-2, Bauliche und Lüftungstechnische Maßnahmen zum Radonschutz Teil 2; Klassifizierung, Auswahl und Handlungsempfehlungen; Beuth-Verlag 2024
- [4] <https://www.imis.bfs.de/geoportal/>
- [5] Staatsministerium für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft (SMEKUL) Sachsen: »Leitfaden Minderung der Radonaktivitätskonzentration in denkmalgeschützten Gebäuden«; Nov. 2021

7.1 weiterführende Literatur

- [6] Haumann, Thomas: »Radon im Neubau und Bestand«; RM Rudolf Müller Medien GmbH & Co. KG, 2024
- [7] Klingelhöfer, Gerhard, Leicht Karin (Hrsg): »Radon und Radonschutz im Bauwesen«; Fraunhofer IRB Verlag, 2023
- [8] Uhlig, Walter-Reinhold, Schönmuth, Thomas, Kemski, Joachim: »Radongeschütztes Bauen – Grundlagen und Lösungen im Neubau sowie in der Sanierung« Springer Vieweg, 2025
- [9] Radon Praxishandbuch Bau, Faktor Verlag Zürich 2018
- [10] WHO Handbook on indoor radon: a public health perspective

A Anhänge

A.1 Anhang 1: Radonmessung – Beschreibung der Messmethoden

Messung mit Passivexposimetern

Bei den passiven Verfahren stehen Kernspurdetektoren bzw. Festkörperspurdetektoren (FKSD) für Raumluftmessungen im Mittelpunkt (vgl. DIN ISO 11665-4). Über die gesamte Messzeit wird nur ein integrierender Wert als Mittelwert ermittelt. Die Kernspurdetektoren bestehen aus einer kleinen Kunststoffdose mit einem definierten Volumen, die ein dünnes Kunststoffplättchen als Detektor mit definierter Größe beinhaltet. Nach der Exposition (meist über mehrere Wochen oder Monate) werden die Dosimeter in einem Fachlabor ausgewertet, indem die durch die radonbedingten Alphazerfälle verursachten Spuren im Film mithilfe eines chemischen Ätzverfahrens vergrößert, optisch sichtbar gemacht und somit gezählt werden können. Die Exposition bzw. Messung beginnt nach dem Öffnen der radondichten Verpackung.

Kernspurdetektoren werden bevorzugt für Langzeitmessungen (Bewertungsmessungen) zur Bestimmung des Jahresmittelwertes in der Raumluft von Aufenthaltsräumen und am Arbeitsplatz eingesetzt. Es gibt sie auch in einer besonderen Bauform für Kurzzeitmessungen (ca. 10 bis 30 Tage). Die jeweilige Messunsicherheit richtet sich nach der Expositionszeit und der Radonkonzentration und liegt im Normalfall bei unter 20 %.

Um den Messerfolg sicherzustellen, sollte die maximal mögliche Exposition gemäß Herstellerangabe berücksichtigt werden.

Messungen mit aktiven elektronischen Messgeräten

Bei den aktiven Verfahren kommen elektronische Messgeräte mit unterschiedlichen Detektortypen wie z. B. Halbleiter, Ionisationskammern und Lucas-Zellen zur Anwendung. Es stehen Messgeräte mit und ohne Pumpen zur Luftansaugung zur Verfügung.

Aufgrund der unterschiedlichen Detektortypen und -größen ergeben sich für die aktiven Geräte erhebliche Unterschiede bei der Messempfindlichkeiten. Die Mindestmessdauer für die Anzeige verlässlicher Werte ist den Herstellerangaben zu entnehmen.

Zeitaufgelöste Messungen mit aktiven elektronischen Messgeräten

Die meisten aktiven elektronischen Messgeräte verfügen über eine Datenlogger-Funktion und sind somit für zeitaufgelöste Messungen geeignet. Es werden Radonkonzentration und ggf. auch andere Parameter (Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Druck) im Zeitverlauf gespeichert. Diese Daten können nach Auslesen der Geräte tabellarisch oder als Graph dargestellt und ausgewertet werden.

Im Rahmen einer weiterführenden Radondiagnostik mit Raumluftuntersuchungen (z. B. für die Planung und Bewertung einer Sanierung) sind zeitaufgelöste Messungen besonders hilfreich u. a. für die Ermittlung und Beurteilung:

- des zeitlichen Verlaufs infolge von Witterungseinflüssen,
- des zeitlichen Verlaufs infolge des Nutzerverhaltens (Lüftung, Luftwechsel und Heizung, Raumnutzung),
- der Differenzierung zwischen Zeiten der Nutzung und der Nichtnutzung,
- der Veränderungen nach baulichen und/oder Lüftungstechnischen Maßnahmen als begleitendes Radon-Monitoring,
- der Verteilung der Radonkonzentration durch simultane Messungen in mehreren Räumen.

Radon-Sniffing (Quellensuche)

Radon-Sniffing als Form der erweiterten Radondiagnostik kommt in erster Linie dann zum Einsatz, wenn erhöhte Radonkonzentrationen in der Raumluft gemessen wurden und der Verdacht auf lineare oder punktuelle Eintrittspfade, vorwiegend in der erdberührten Gebäudehülle, besteht.

Beim Radon-Sniffing werden mit speziellen, schnell reagierenden Messgeräten mit aktiver Luftansaugung punktuell wirksame Radoneintrittsstellen lokalisiert. Die Lokalisierung erfordert ein ggf. längeres Abscannen möglicher Eintrittsstellen (z. B. Risse, Hauseinführungen, Bauteilfugen).

Der Einsatz von Unterdruck erzielt mittels Differenzdruckverfahren kann die Lokalisierung von Eintrittsstellen vereinfachen.

A.2 Anhang 2 Realitätsnahe Abschätzung der Radonbelastung mittels Rn50-Test – Messung von Radon im Unterdruckverfahren

Radonmessungen im Unterdruckverfahren (Rn50-Test) eignen sich – insbesondere für Bestandsgebäude – gut zur Überprüfung der Radon-Dichtheit der erdberührenden Gebäudehülle. Die Untersuchungen mit Kurzzeitmessungen in Kombination mit einem gezielt eingestellten Unterdruck liefern zeitnahe Beurteilungsmöglichkeiten in Bezug auf mögliche konvektive Eintrittspfade und können vor Ort an einem Tag durchgeführt werden. Die Messwerte der Raumluftkonzentration und der Luftwechselrate während der Unterdrucksituation liefern zudem die Berechnungsgrundlage für eine Abschätzung der Radon-Aktivitätskonzentration in der Raumluft und der Radon-Eintrittsrate im Jahresmittel.

Vorgehensweise Rn50-Test

Der Test findet in den Geschossen statt, die mit Teilen ihrer äußeren Hülle ans Erdreich grenzen.

Vor den Untersuchungen werden die Räumlichkeiten intensiv belüftet und die Radonkonzentration auf Außenluftniveau gebracht. Danach werden alle Außenfenster und -türen möglichst konvektionsdicht geschlossen. Anschließend wird schrittweise ein Unterdruck mit einem Ventilator in Anlehnung an DIN EN ISO 9972 (Differenzdruckverfahren) hergestellt. Zielwert ist hierbei eine stabile Druckdifferenz, im Idealfall 50 Pascal. Vor dem Start des Ventilators wird im Innenbereich (Unterdruckseite) ein empfindliches Radonmessgerät mit zeitauflösender Messung im 5 bis 10 Minuten-Takt gestartet. Die Radonkonzentration wird kurz vor der Ansaugöffnung des Ventilators gemessen. Hierbei kommen Messgeräte mit HL-Detektor oder mit Ionisationskammer in Frage. Die Geräte sollten in der Lage sein, im Konzentrationsbereich von 100 Bq/m³ über einen Zeitraum von 2 bis 3 Stunden eine statistische Messgenauigkeit (einfach Standardabweichung) von unter 20 % (bei 300 Bq/m³ unter 10 %) zu erreichen. Bei der Unterdrucksituation wird der vom System ermittelte Volumenstrom dokumentiert, welcher während der Messungen möglichst konstant bleiben sollte. Der erreichte Luftwechsel während der Messung bei einem Unterdruck von 50 Pascal wird über den gemessenen Volumenstrom im Verhältnis zum gemessenen Raumvolumen berechnet.

Bestimmung des Luftwechsels (L [1/h]) bei 50 Pascal (n50) aus Volumenstrom (V_{Str} [m³/h]) und Raumvolumen (V [m³]):

$$L \text{ bzw. } n50 = \frac{V_{Str}}{V}$$

Dabei muss darauf geachtet werden, dass die nachströmende Luft überwiegend aus der Außenluft und nicht aus anderen Teilen des Gebäudes (z. B. Erdgeschoss) stammt. Ist dies jedoch der Fall, müssen evtl. vorhandene Luftundichtigkeiten zu anderen Gebäudeteilen (z. B. Türen, Kabeldurchführungen) abgeschottet oder abgeklebt werden.

Die Messung ist abgeschlossen, wenn die Radon-Ausgleichskonzentration erreicht ist und der Wert stabil bleibt, was durch ein Konzentrationsplateau während der Messzeit erkennbar ist. Der gemessene Radonwert (→ Rn50-Wert) ist der Radonwert auf diesem Konzentrationsplateau. Bei einem (Infiltrations)-Luftwechsel bei 50 Pa (ca. n50-Wert) von in Bestandsgebäuden typischen 2/h bis 4/h ist die Radonkonzentration bereits nach 1 bis 2 Stunden stabil. Es bietet sich an, während dieser Zeit zusätzliche Messungen zur Quellensuche mittels Radon-Sniffing durchzuführen.

Besondere Situation Altbau

Für Bestandsgebäude kann der Rn50-Test als eine Vorbereitungs- sowie Kontrollmaßnahme angewandt werden, um die jeweiligen Radoneintrittsraten zu bestimmen und ein bereits akutes Radonproblem zu erkennen. Unter Berücksichtigung der messtechnisch erfassten Radoneintrittsrate im Unterdruckverfahren können der

notwendige Luftwechsel und/oder notwendige weiterführende Maßnahmen zum Radonschutz geplant werden. Nach der Sanierung bietet der Rn50-Test hier ebenfalls – wie beim Neubau – eine Sanierungskontrolle als Plausibilitätsprüfung von Abdichtungsmaßnahmen.

Der wesentliche Vorteil dieser Methode liegt in der zeitnahen Bewertungsmöglichkeit, welche sich bei der Sanierungsplanung und Kontrolle als nützlich erweisen kann. Grundsätzlich kann die Methode zur Abschätzung des Jahresmittelwertes der Radon-Aktivitätskonzentration in der Innenraumluft herangezogen werden. Sie hat sich in der Praxis bewährt.

Bewertungshilfen, Berechnungsgrundlagen und genauere Hinweise zur Vorgehensweise und den Geräteanforderungen sowie Anwendungsbeispiele sind in der Fachliteratur beschrieben [6].

A.3 Anhang 3 Reduzierung der Radonkonzentration durch Erhöhung des Luftwechsels

Um den Zusammenhang zwischen einer Radonkonzentration im Innenraum und Reduzierungsmöglichkeiten durch Lüftung (manuell oder Lüftungsanlage) zu verstehen, muss man beachten, dass der Radoneintritt kein einmaliges Ereignis ist, sondern kontinuierlich vorliegt. Stoßlüften hat daher auf die Reduzierung der Radonkonzentration einen wirksamen aber nur kurzzeitigen Einfluss, da Radon weiterhin ins Gebäude eintritt. Entscheidend für die durchschnittliche Radonkonzentration, welche sich im Innenraum einstellt, ist daher der effektive Luftwechsel und die Radonquellstärke im zeitlichen Mittel.

Der effektiv wirksame Luftwechsel im zeitlichen Mittel setzt sich aus dem Infiltrationsluftwechsel (Gebäude-dichtheit) und dem technisch oder manuell erzeugten Luftwechsel (Nutzer-Lüftungsverhalten, Lüftungselemente) zusammen.

Als Infiltrationsluftwechsel (synonym zum natürlichen Luftwechsel) wird allgemein der Luftwechsel bezeichnet, welcher sich aufgrund von Luftundichtigkeiten ohne aktive Fensterlüftung einstellt. Dieser ist im Allgemeinen bei Fenster und Türen mit Gummidichtungen gering. Ist die Gebäudehülle dicht und damit der Infiltrationsluftwechsel gering, kann schon eine geringe Radon-Quellstärke zu auffälligen Radonkonzentrationen oder sogar zu Überschreitungen des Referenzwertes für Radon im Innenraum führen. Ein dreimaliger intensiver Luftaustausch durch manuelle Fensterlüftung pro Tag bewirkt hier nur eine vergleichsweise geringe Verbesserung des effektiv wirksamen Luftwechsels im zeitlichen Mittel von ca. 10 bis 30 %.

Anhand folgender Gleichung kann für den üblichen Wertebereich der Luftwechselraten von 0,1 bis 1 der Anteil des Luftwechsels der Fensterlüftung für kurzfristige Lüftungsvorgänge über manuelle Fensterlüftung über den Tag vereinfacht ermittelt werden:

$$n_{\text{Gesamt}} = \frac{(n_{\text{nat}} \cdot t_{\text{nat}}) + (n_{\text{Fenster}} \cdot t_{\text{Fenster}})}{t_{\text{nat}} + t_{\text{Fenster}}} \quad \text{Gleichung (1)}$$

mit

n_{gesamt} = Luftwechsel gesamt in 1/h

n_{nat} = Luftwechsel natürlich in 1/h (Infiltrationsluftwechsel)

n_{Fenster} = Luftwechsel bei Fensterlüftung in 1/h

t_{nat} = Zeit der natürlichen Lüftung in h (Infiltrationsluftwechsel)

t_{Fenster} = Zeit der Fensterlüftung in h

Beispiel: Für einen Infiltrationsluftwechsel von 0,1/h über 21 Stunden und einen Luftwechsel bei Fensterlüftung von 1/h über 3 Stunden berechnet sich ein gesamt wirksamer durchschnittlicher Luftwechsel über 24 Stunden von 0,21.

Anhand dieser Gleichung kann der im zeitlichen Mittel wirksame Luftwechsel aus verschiedenen Lüftungsszenarien beispielhaft abgeleitet werden. Für Lüftungsszenarien, bei denen jeweils konstante Luftwechselraten über längere Zeiträume (>6 h) vorherrschen, sollte die in der DIN/TS 18117-2 beschriebene Berechnung nach dem gewichteten harmonischen Mittel verwendet werden, da der effektiv wirksame Luftwechsel zur Reduzierung von Luftkonzentrationen (Radon, Schadstoffe) sonst überschätzt wird.

Prognose der Wirksamkeit von Lüftungstechnischen Maßnahmen

Für den Fall, dass für ein Objekt bereits Radonkonzentrationen aus Jahresmessungen vorliegen und der im mittel wirksame Luftwechsel bekannt ist, kann die erreichbare Radonkonzentration nach Gleichung 2 für eine Prognose der Wirksamkeit von Lüftungstechnischen Maßnahmen unter Einbezug der Druckverhältnisse näherungsweise berechnet werden.

$$C_{Rn2} = C_{Rn1} \cdot f \cdot \frac{n1}{n2} \quad \text{Gleichung (2)}$$

mit

C_{Rn1} = Radonkonzentration Zustand 1 in Bq/m³

C_{Rn2} = Radonkonzentration Zustand 2 in Bq/m³

$n1$ = Luftwechsel Zustand 1 in 1/h

$n2$ = Luftwechsel Zustand 2 in 1/h

f = Faktor Druckdifferenz ($f = 0,5$ für 2 Pa Überdruck, $f = 2$ für 2 Pa Unterdruck, $f = 1$ ohne Druckveränderungen) für Zustand 2

Für den Fall, dass kein Luftwechsel bekannt ist, kann der Infiltrationsluftwechsel über Kurzzeitmessungen mit Tracergas gem. DIN EN ISO 12569 bestimmt werden (z. B. Konzentrations-Abklingmethode). Für die näherungsweise Betrachtung kann der zusätzliche Anteil durch manuelle Fensterlüftung (Nutzer-Lüftungsverhalten) von 0,1/h angenommen werden.

Für den Fall, dass die Radonkonzentration nicht bekannt ist, kann die Radonkonzentration im Jahresmittel über Kurzzeitmessungen nach dem Differenzdruckverfahren (Rn50-Test, siehe Anhang A.2) abgeschätzt werden.

Freiexemplar

A.4 Anhang 4: Vorschlag Erfassungsbogen zur Vorbereitung einer Radonsanierung

Erfassungsbogen zur Vorbereitung einer Radonsanierung		_____, den _____					
		Ort	Datum				
		Registrierungsnummer <input style="width: 150px;" type="text"/>					
Hinweise zur Handhabung des Erfassungsbogens:							
Bitte füllen Sie alle für Ihr Vorhaben relevanten Felder aus! Deren vollständige und gewissenhafte Ausfüllung ist für die umfassende diagnostische Erfassung der Ausgangssituation in Bestandsgebäuden eine wichtige Grundlage.							
Die auszufüllenden Felder sind durch dicke Umrandung hervorgehoben.							
1. Allgemeine Angaben							
Ersteller des Erfassungsbogen:	Name	Vorname	Ort				
	<input style="width: 100%;" type="text"/>	<input style="width: 100%;" type="text"/>	<input style="width: 100%;" type="text"/>				
	Datum <input style="width: 100%;" type="text"/>						
	Unterschrift Ersteller: <input style="width: 100%;" type="text"/>						
Angaben zum Objekt:	Bewohner / Nutzer <input style="width: 100%;" type="text"/>						
	Straße/Hausnummer <input style="width: 100%;" type="text"/>						
	PLZ / Ort <input style="width: 100%;" type="text"/>						
	Telefon <input style="width: 150px;" type="text"/>	E-Mail <input style="width: 100%;" type="text"/>					
Ist Bewohner / Nutzer gleichzeitig Hauseigentümer? ja <input type="checkbox"/> → weiter unter 2.							
nein <input type="checkbox"/> → bitte folgende Tabelle ausfüllen							
Angaben zum Eigentümer	Eigentümer <input style="width: 100%;" type="text"/>						
	Straße/Hausnummer <input style="width: 100%;" type="text"/>						
	PLZ / Ort <input style="width: 100%;" type="text"/>						
	Telefon <input style="width: 150px;" type="text"/>	E-Mail <input style="width: 100%;" type="text"/>					
2. Angaben zum Gebäude							
2.1 Gebäudegröße							
Gebäudeklasse nach Bauordnung							
	1	2	3	4	5	nicht bekannt	
	<input style="width: 30px;" type="text"/>	<input style="width: 30px;" type="text"/>	<input style="width: 30px;" type="text"/>	<input style="width: 30px;" type="text"/>	<input style="width: 30px;" type="text"/>	→ Anzahl Vollgeschosse <input style="width: 30px;" type="text"/>	
Geschossfläche	Erd-/ Hauptgeschoss		m ²	Wert exakt <input style="width: 50px;" type="text"/>	Wert geschätzt <input style="width: 50px;" type="text"/>		
	Keller		m ²	Wert exakt <input style="width: 50px;" type="text"/>	Wert geschätzt <input style="width: 50px;" type="text"/>		
2.2 Gebäudenutzung							
Hauptnutzung des Gebäudes							
Wohnen	Einfamilienhaus _____	<input type="checkbox"/>					
	Doppelhaus / Reihenhaus _____	<input type="checkbox"/>					
	Mehrfamilienhaus _____	<input type="checkbox"/>					
	Sonstiges _____	<input type="checkbox"/>					
Sonst. Nutzung	Schule / Kindergarten usw. _____	<input type="checkbox"/>					
	Büro / Verwaltung _____	<input type="checkbox"/>					
	Handel / Gastronomie _____	<input type="checkbox"/>					
	Sonstiges _____	<input type="checkbox"/>					
Mischnutzung (bitte beschreiben): _____							

Erfassungsbogen

Seite 2

2 Angaben zum Gebäude - Fortsetzung von Seite 1 -

2.3 Keller / erdberührte Räume

Nutzung Keller / erdberührte Räume als (Mehrfachnennung möglich):

Vollunterkellert	<input type="checkbox"/>	Wohnen	<input type="checkbox"/>
Teilunterkellert	<input type="checkbox"/>	Arbeitsraum	<input type="checkbox"/>
Kein Keller	<input type="checkbox"/>	Lager / Nebenraum	<input type="checkbox"/>
Sonstige Lösung	<input type="checkbox"/>	sonstiges	<input type="checkbox"/>

2.4 Treppenanlagen und vertikale Verbindungen im Gebäude

2.4.1 Treppenföhrung vom Keller / unterster Geschossebene (bei nicht unterkellerten Gebäuden) in höher gelegene Geschosse

Offenes Treppenhaus

Treppenhaus zu den Nutzungseinheiten hin abgeschlossen (z.B. Wohnungstüren)

→ falls ja: Abschluss luftdicht Abschluss nicht luftdicht nicht bekannt, ob luftdicht

Treppenabschluss Keller/unterer Geschossebene zu darüber liegenden Geschossen (Kellertür)

→ falls ja: Abschluss luftdicht Abschluss nicht luftdicht nicht bekannt, ob luftdicht

Keine direkte Treppenverbindung zwischen Keller / unterster Geschossebene zu höheren Geschossen

Sonstige Treppenanlage, Stiege usw.

2.4.2 vertikale Verbindungen innerhalb des Gebäudes

Anzahl Schornsteine (Kamine)

→ mit unterer Reinigungsöffnung

→ luftdichter Abschluss (i.d.R. stillgelegter Schornstein)

→ nicht bekannt, ob luftdichter Abschluss

Lage / Anzahl Schornsteine (Kamine) nicht bekannt

Anzahl Vertikale Medienkanäle / Deckendurchführungen in unterer Geschossebene für Medien u.ä.

→ kein luftdichter Abschluss

→ luftdichter Abschluss /z.B. Brandschutzklappen)

→ nicht bekannt, ob luftdichter Abschluss

Lage / Anz | Medienkanäle / Deckendurchführungen in unterer Geschossebene nicht bekannt

Anzahl Aufzugsschächte

→ Aufzugsschächte bis in Keller / unterste Geschossebene

→ Aufzugsschächte nicht bis in Keller/unterste Geschossebene

Lage / Anzahl Aufzugsschächte nicht bekannt

Sonstige Schächte / Kanäle vom Keller / unterer Geschossebene in höhere Geschosse

→ Beschreibung

2.4.3 sonstige Verbindungen zu unterirdischen Räumen / Bereichen

Verbindungen zu unterirdischen Gewölben

Verbindung zu nicht mehr genutzten Kellern

Verbindung zu Brunnen und/oder weiteren unterirdischen Baulichkeiten

Erfassungsbogen

Seite 3

3. Angaben zur Bausubstanz und zum Gebäude
3.1 Bauzeit / Sanierungszeit (Eintrag Zeitraum oder genaues Bau- bzw. Sanierungsjahr)

Bauzeitraum	Errichtung des Gebäudes	grundhafte Sanierung	Anbauten	vgl. Gebäudekat. nach Punkt. 8.3.2
vor 1870				D
ca. 1870 bis 1918				C
ca. 1918 bis 1945				
ca. 1945 bis 1970				
ca. 1970 bis 1985				B
ca. 1989 bis heute				
nicht bekannt				

3.2 Konstruktionsprinzip (nach Eingruppierung in Abschnitt 8.3.3)

Wandbau	Skelettbau	Sonderbauweise	Mischformen, Sonstiges
Erläuterungen für Mischform / Sonstiges			

3.3 Baukonstruktive Angaben zur Tragwerkskonstruktion

Hauptbaustoffe Tragwerk (Wandbauweisen) im:	Kellergeschoss	Erd-/Obergeschoss	Bemerkungen
Massiv (Mauerwerk, Beton)			
Holzbau			
Traditionelle Fachwerkkonstruktion			
Fertighaus			
Sonstiges (beschreiben):			

3.4 Angaben zur erdberührten Gebäudehülle (Keller; unterstes Geschoss bei nichtunterkellerten Gebäuden)

Fundamente	sichtbare Bauschäden			
Konstruktionsart	Risse	Materialverlust	Feuchte	Sonstiges
Streifenfundamente, Naturstein / Ziegel				
Streifenfundamente, Beton				
Streifenfundamente, Material nicht bekannt				
Bodenplatte, Stahlbeton				
Bodenplatte, WU-Beton (Weiße Wanne)				
Sonstiges / nicht bekannt (beschreiben):				

Erdberührte Wände	sichtbare Bauschäden			
Konstruktionsart	Risse	Materialverlust	Feuchte	Sonstiges
Mauerwerk, Ziegel				
Mauerwerk, Naturstein				
Mischmauerwerk				
Stahlbeton				
WU-Stahlbeton (Weiße Wanne)				
Sonstiges / nicht bekannt (beschreiben):				

Erfassungsbogen

Seite 4

3. 4 Angaben zur erdberührten Gebäudehülle (Keller; unterstes Geschoss bei nichtunterkellerten Gebäuden)

- Fortsetzung -

Kellerboden	sichtbare Bauschäden				
	Konstruktionsart	Risse	Materialverlust	Feuchte	sonstiges
Betonplatte bis 25 cm dick					
Betonplatte über 25 cm dick					
Betonplatte, Dicke unbekannt					
Ziegelschicht					
Naturboden, Lehm, Ton					
Naturboden, Fels					
Sonstiges (beschreiben):					

Durchdringungen erdberührte Gebäudehülle	Anzahl	abgedichtet	nicht abged.	unbekannt / Bemerk
Leitungsführungen				
Pumpensumpf unter Bodenplatte				
Sonstiges (beschreiben)				

Feuchteschutz	vorh. nicht vorh. Unbekannt / defekt		
Kapillarbrechende Kiesschicht, : Dicke [cm] (falls bekannt):			
Abdichtung auf Bodenplatte			
Außenabdichtung Wand			
Innenabdichtung Wand			
Querschnittsabdichtung Grundmauern			

3. 5 Sonstige Konstruktionen / Baustoffe

Geschossdecke über Keller	sichtbare Bauschäden			
	Konstruktionsart	Risse	undichte Medienführungen	Sonstiges
Ortbetondecke <input type="checkbox"/> Dicke [cm]				
Fertigteildecke <input type="checkbox"/> Dicke [cm]				
Kappendecke <input type="checkbox"/> Mindestdicke [cm]				
Sonstiges:				

Fenster	Keller	EG/OG	Einbauzeit	Hinweise / Erläuterungen
Einfachfenster				
Kastenfenster				
Isolierverglasung				
Außendurchlässe (ADL) im Rahmen				
Sonstiges / nicht bekannt:				

Baustoffe	welche Materialien	wo eingebaut (Fußboden, Wand usw.)
Naturstein im Haus (z.B. Granit, Schiefer)		
Materialien aus Bergbau (z.B. Schlacken)		
Sonstiges:		

Erfassungsbogen

Seite 5

4 Technische Gebäudeausrüstung
4.1 Heizung

Heizungssystem	KG/erdberührter Raum	EG/OG	Bemerkungen / Hinweise
Einzelöfen (Holz, Kohle) / offene Kamine			
Gas- oder Ölheizung (zentral)			
Holz- oder Pelletheizung (zentral)			
Elektrische Direktheizung			
Wärmepumpe (Luft/Wasser)			
Wärmepumpe (Wasser/Wasser oder Erdsonde/Wasser)			
Fernheizung			

Wärmeverteilsystem	KG/erdberührter Raum	EG/OG	Bemerkungen / Hinweise
Radiatoren / Heizkörper			
Fußbodenheizung			
Luftheizung			
Sonstiges (beschreiben):			

4.2 Lüftung

Lüftungslösung	Lösung nach 7.8.3	zentral	de-zentral	KG	EG/OG	Bemerkungen / Hinweise
Manuelle Fensterlüftung	L 0					
Manuelle Lüftung mit ALD	L 1.1 / 1.2					
Mechanische Lüftung (Zu-, Abluftsystem)	L 2.1 / 2.2					
Mechanische Lüftung (Abluftsystem)	L 2.3					
Mechanische Lüftung (Zuluftsystem)	L 2.4					
Sonstiges (beschreiben):						

4.3 Hausanschluss Zentral (Hausanschlussraum) dezentral Lage _____

5 Baugrund Liegt Baugrundgutachten vor: ja → bitte beifügen nein subjektive Einschätzung nach 5.3

5.1 Lage des Hauses Ebenes Gelände
 Hanglage
5.3 subjektive Einschätzung des anstehenden Baugrundes

 Trocken / nichtbindig Boden

 Feucht / bindiger Boden

 Fels

Sonstiges _____

 Nicht bekannt
5.2 Bodenversiegelung

 Beton- oder Asphaltflächen am Haus; Anzahl der Seiten

Durchschnittliche Breite der Versiegelung:

 weniger als 2 m 2 bis 5 m mehr als 5 m
5.4 Lage in Bergbaugesamt

 Liegt Haus in ehemaligem oder noch aktivem Bergbaugesamt: ja nein nicht bekannt:

→ falls ja:

 treten damit möglicherweise in Zusammenhang stehende Schäden auf? ja nein nicht bekannt

 Sind unmittelbare Anbindungen (bis ca. 30 cm Abstand zu unterirdischen Schächten, Hohlräumen, Stollen usw. vorhanden?) ja nein nicht bekannt

Erfassungsbogen

Seite 6

5 Messungen

Falls Tabelle bzw. freier Raum für Skizzen und Fotos nicht ausreicht, Blatt duplizieren

Lfd. Nr.	Messort		Messverfahren				Messgerät	Messzeitraum		Ergebnis [Bq/m ³]		
	Ge-schoss	Raum	passiv	zeitauf-gelöst	Sniffing-messg	Sonst.		Von	bis	Durch-schnitt.	max.	min.

Raum für Grundrisskizzen, Fotos:

Freiexemplar

A.5 Anhang 5: Nationale Festlegungen zum baulichen Radonschutz

Die nachfolgend aufgeführten nationalen Anhänge bilden den Sachstand der nationalen Regelungen zum jeweiligen Schutz vor Radon ab, es ist vorgesehen sie in Anzahl und Inhalt sukzessive zu erweitern, soweit entsprechende Zuarbeiten erfolgen:

Nationaler Anhang Schweiz

In der Schweiz sind die Alpen- und Juragebiete am stärksten von der Radonproblematik betroffen. Grund dafür sind die Bodeneigenschaften (Urangehalt, Durchlässigkeit des Bodens, Karstgebiete). Überschreitungen des Referenzwertes können jedoch in allen Regionen der Schweiz vorkommen. In der Schweiz wurden zudem erhöhte Radonkonzentrationen im Zusammenhang mit der früheren Verwendung von radiumhaltiger Leuchtfarbe in Regionen mit Uhrmachertradition festgestellt.

Für den Schutz der Menschen vor einer übermäßigen Radon-Belastung in Innenräumen ist in der Schweiz die eidgenössische Strahlenschutzverordnung (StSV, SR 814.501 – aktuell Version April 2017), das »Merkblatt Radon« (Version 3 vom 21.11.2019) sowie der Aktionsplan Radon 2021–2030 maßgebend.

Seit dem 1.1.2018 gilt ein Referenzwert von 300 Bq/m³ für die über ein gemittelte Radonkonzentration in Räumen mit Personenaufenthalt. Wird dieser Referenzwert überschritten, ist das damit verbundene individuelle Risiko nicht zulässig und es müssen entsprechende Maßnahmen getroffen werden.

Hilfreiche Unterlage für Radon-Schutz- und -Sanierungsmaßnahmen sind die Broschüren »Radon – Praxis-Handbuch Bau« und »Radon – Sanierungsmaßnahmen bei bestehenden Gebäuden«.

Nationale Grundlagendokumente:

- Eidgenössische Strahlenschutzverordnung (<https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/2017/502/de>)
- Radonmaßnahmenplan (https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/radonmassnahmenplan_bf.pdf)

Verantwortlich für den Strahlenschutz:

- die Kantone

Nationale Referenzwerte:

- Aufenthaltsräume: 300 Bq/m³
- Arbeitsplätze in Innenräumen: 300 Bq/m³

Ausweisung von Radonvorsorgegebieten:

- <https://www.bfs.de/DE/themen/ion/umwelt/radon/regelungen/vorsorgegebiete.html#searchResultList>

Nationale Literatur zum Radonschutz:

- Radonhandbuch Schweiz (https://climatehomes.unibe.ch/~joos/vorlesung/PBL_Radon/Radonhandbuch-d%5B1%5D.pdf)
- Radon-Aktionsplan 2021–2030 (<https://www.bag.admin.ch/de/aktionsplan-radon-2021-2030>)

Nationale Radonkarten:

- Interaktive Radonkarte Schweiz (<https://map.geo.admin.ch/#/map?lang=de¢er=2660000,1190000&z=1&topic=ech&layers=ch.bag.radonkarte&bgLayer=ch.swisstopo.pixelkarte-farbe>)

Weiterführende Regelwerke:

- WTA Merkblatt 6-22 Radon im Gebäudebestand

Nationaler Anhang Deutschland

In Deutschland sind 2018 die Novellierungen des Strahlenschutzgesetzes und der Strahlenschutzverordnung in Kraft getreten, die einen Referenzwert von 300 Bq/m³ für Aufenthaltsräume und an Arbeitsplätzen in Innenräumen vorgeben. Weiterhin wird die Ausweisung von Radonvorsorgegebieten durch die Bundesländer geregelt und werden **allgemeine bauliche Maßnahmen und besondere bauliche Zusatzmaßnahmen für Neubauten in Radonvorsorgegebieten vorgeschlagen**. Der Vollzug der Schutzmaßnahmen ist den Bundesländern übertragen.

Grundlagendokument für die EU-Staaten:

- Richtlinie 2013/59/Euratom (<https://www.bmu.de/gesetz/richtlinie-2013-59-euratom>)

Nationale Grundlagendokumente:

- Strahlenschutzgesetz (<https://www.gesetze-im-internet.de/strlSchG/StrlSchG.pdf>)
- Strahlenschutzverordnung (https://www.gesetze-im-internet.de/strlSchV_2018/StrlSchV.pdf)
- Radonmaßnahmenplan (https://www.bundesumweltministerium.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/radonmassnahmenplan_bf.pdf)

Verantwortlich für den Strahlenschutz:

- die Bundesländer

Nationale Referenzwerte:

- Aufenthaltsräume: 300 Bq/m³
- Arbeitsplätze in Innenräumen: 300 Bq/m³

Messpflicht an Arbeitsplätzen in Innenräumen:

- beschränkt auf die Radonvorsorgegebiete gem. § 121 StrSchG und § 155 StrSchV

Ausweisung von Radonvorsorgegebieten:

- <https://www.bfs.de/DE/themen/ion/umwelt/radon/regelungen/vorsorgegebiete.html#searchResultList>

Nationale Literatur zum Radonschutz:

- Radonhandbuch Deutschland (<https://www.bundesumweltministerium.de/gesetz/richtlinie-2013-59-euratom>)
- Radonmaßnahmenplan (https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/radonmassnahmenplan_bf.pdf)

Nationale Normen zu Radon und zum Radonschutz:

- DIN/TS 18117-1:2021-09: Bauliche und Lüftungstechnische Maßnahmen zum Radonschutz Teil 1: Begriffe, Grundlagen und Beschreibung von Maßnahmen, 2021
- DIN/TS 18117-2:2024-03: Bauliche und Lüftungstechnische Maßnahmen zum Radonschutz Teil 2: Klassifizierung, Auswahl und Handlungsempfehlung, 2024

Normenreihe DIN ISO 11665 VDE:

- Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt – Luft: Radon-222

Nationale Radonkarten:

- Radonkarten des BfS (<https://www.bfs.de/DE/themen/ion/umwelt/radon/karten/boden.html>)
- Geoportal des BfS (<https://www.imis.bfs.de/geoportal/>)

Weiterführende Regelwerke:

- WTA Merkblatt 6-22 Radon im Gebäudebestand