

Radonschutzmaßnahmen

Planungshilfe für Neu- und Bestandsbauten



Radonschutzmaßnahmen

Planungshilfe für Neu- und Bestandsbauten

Michael Reiter
Hannes Wilke
Walter-Reinhold Uhlig

Inhalt

1	Einleitung	7
2	Was ist Radon?	9
2.1	Natürliche Radioaktivität	9
2.2	Radon	9
3	Rechtsgrundlagen und Gesundheitsrisiko	11
4	Messung der Radonkonzentration	13
4.1	Messmethodik Neubau	13
4.2	Messmethodik Bestandsbau	14
4.2.1	Einfache Exposimetermessung	14
4.2.2	Messung mit zeitlicher Zuordnung	16
5	Planung von Radonschutzmaßnahmen	17
5.1	Neubau	17
5.1.1	Einordnung des Radonschutzes in den Planungsprozess	17
5.1.2	Schutzmaßnahmen	17
5.2	Bestandsbau	18
5.2.1	Einführung	18
5.2.2	Schaffung der Grundlagen für eine Radonsanierung	18
5.3	Baudenkmal	24
5.3.1	Rechtliche Rahmenbedingungen	24
5.3.2	Zusammenarbeit mit Fachleuten	25
6	Radonschutzmaßnahmen	26
6.1	Übersicht	26
6.2	Sofortmaßnahmen	29
6.2.1	Freie Fensterlüftung	29
6.2.2	Umnutzung	30
6.2.3	Beseitigen von Unterdruck	30
6.3	Abdichtung bei einer Radonsanierung	33
6.3.1	Raumtrennung	33
6.3.2	Partielle Abdichtungen	37
6.3.3	Bauteildurchführung	37
6.4	Flächige Abdichtungen	45
6.4.1	Normgerechte Abdichtung und Radonschutz	46
6.4.2	Folienabdichtung	52
6.4.3	Flächige Abdichtung im Sanierungsfall	60
6.4.4	Schaumglas	62
6.5	Radonabsaugung	66
6.5.1	Grundlagen	66
6.5.2	Radondrainage	69
6.5.3	Radonbrunnen	81
6.5.4	Hohlraumabsaugung	96
6.6	Lüftungstechnische Maßnahmen	103
6.6.1	Freie Lüftung	103
6.6.2	Auftriebslüftung	104
6.6.3	Ventilatorgestützte Lüftung	104
7	Energetische Sanierung	115
8	Kosten von Radonschutzmaßnahmen	117
8.1	Allgemeines	117
8.2	Neubau	117
8.3	Sanierung	119
8.3.1	Vergleich aktive und passive Absaugung	119
8.3.2	Radonbrunnen	120
8.3.3	Radondrainage	121
8.3.4	Hohlraumabsaugung	121

9	Kontrollmessung	122
10	Schlussbemerkung	123
11	Register und Anhänge	124
12	Adressen und Ansprechpartner	125

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Quellen des Edelgases Radon.....	5
Abb. 2: Ausschnitt aus der Zerfallsreihe von Uran-238	7
Abb. 3: Risikodiagramm Lungenkrebs.....	10
Abb. 4: Entwurf Neubau.....	11
Abb. 5: Radonkarte Sachsen (http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/strahlenschutz/3331.htm)	12
Abb. 6: Überschreitungswahrscheinlichkeit von 300 Bq/m ³	13

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Lungenkrebserkrankungen in Abhängigkeit von der Radonkonzentration	12
Tab. 2: Übersicht und Zuordnung der Radonschutzmaßnahmen	28
Tab. 3: Diffusionslängen ausgewählter Baustoffe.....	48

1 Einleitung

Diese Fachinformation soll Bauherren, Hauseigentümer, Handwerker und Planer unterstützen,

- a) neue Gebäude radongeschützt zu errichten sowie
- b) erhöhte Radonkonzentrationen in bestehenden Gebäuden zu reduzieren.

Sie enthält die Darstellung einer repräsentativen Bandbreite von Maßnahmen, die in den vergangenen Jahren in Deutschland und Europa erfolgreich in der Praxis angewandt wurden.

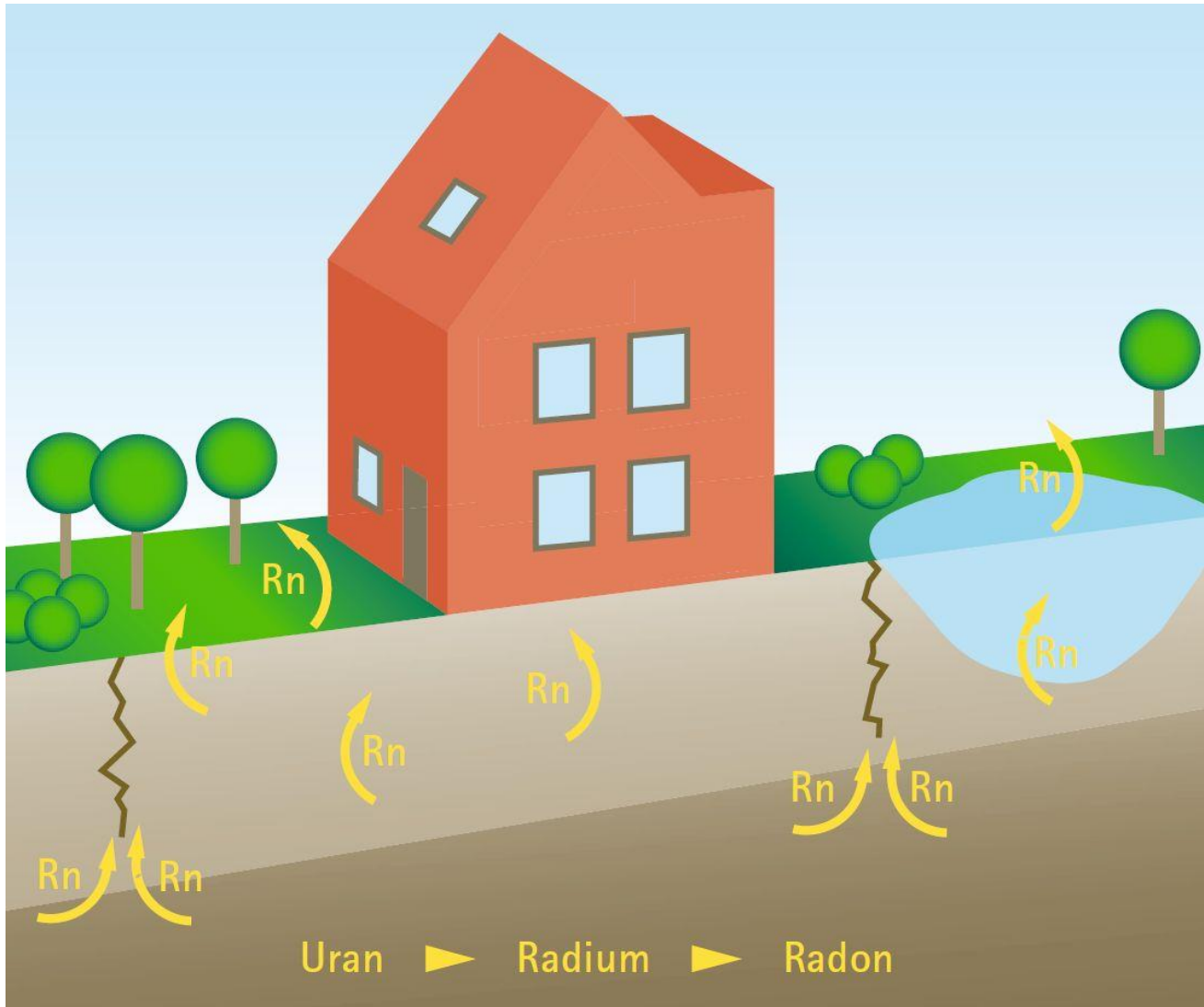


Abb. 1: Quellen des Edelgases Radon

Bei der Darstellung und Beschreibung der Maßnahmen wurde Wert darauf gelegt, dass sie nicht nur von erfahrenen Baufachleuten, sondern auch von interessierten Laien verstanden und ggf. umgesetzt werden können.

Zielsetzung ist die Vermittlung kostengünstiger und praktisch gut umsetzbarer Methoden zur Vermeidung oder Minimierung von erhöhten Radonkonzentrationen in Gebäuden.

Trotz der zahlreichen Darstellungen kann sie keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben, da es vielfältige Gebäudetypen und Anwendungsfälle gibt, die immer einer Einzelfallbetrachtung unterzogen werden müssen.

Die Erfahrung zeigt außerdem, dass häufig Kombinationen unterschiedlicher Maßnahmen erforderlich sind sowie das gesetzte Ziel häufig nur in mehreren Teilschritten erreicht wird. Sofern dies absehbar ist, empfiehlt es sich, erfahrene Radonfachpersonen zu Rate zu ziehen.

Im Übrigen lohnt es sich, die unter www.korae.de dargestellten Fallbeispiele zu studieren.

Ausführliche Beschreibungen von Fallbeispielen sind auch in den Tagungsbänden der jährlichen sächsischen Radontage zu finden.

■ Tagungsbände Sächsischer Radontag

www.umwelt.sachsen.de/umwelt/strahlenschutz/24691.htm

Die Broschüre ersetzt keine geltenden baulichen Vorschriften, Vorgaben oder Normen.

2 Was ist Radon?

2.1 Natürliche Radioaktivität

Der Mensch ist ständig einer natürlichen Strahlung ausgesetzt. Diese hat ihren Ursprung entweder im Boden und Gestein (terrestrisch) oder im Weltall (kosmisch).

Die Strahlendosis, der er dabei ausgesetzt ist, wird in der Einheit Sievert (Sv bzw. mSv, µSv) angegeben.

Entsprechend dem Jahresbericht [1] des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit liegt die durchschnittliche jährliche effektive Dosis für die Bevölkerung in Deutschland bei etwa 3,8 mSv, davon entfallen ca. 1,7 mSv auf die zivilisatorische und ca. 2,1 mSv auf die natürliche Strahlenbelastung. Von der letztgenannten entfallen wiederum ca. 1,1 mSv, und damit etwas mehr als 50 %, auf Radon und dessen Zerfallsprodukte.

Die Radonkonzentration in der Luft wird in der Einheit Bq/m³ gemessen. Becquerel ist eine Einheit für die Aktivität eines radioaktiven Stoffes. Ein Becquerel entspricht einem Atomkernzerfall pro Sekunde.

$$1 \text{ Bq} = \frac{1 \text{ Zerfall}}{1 \text{ Sekunde}}$$

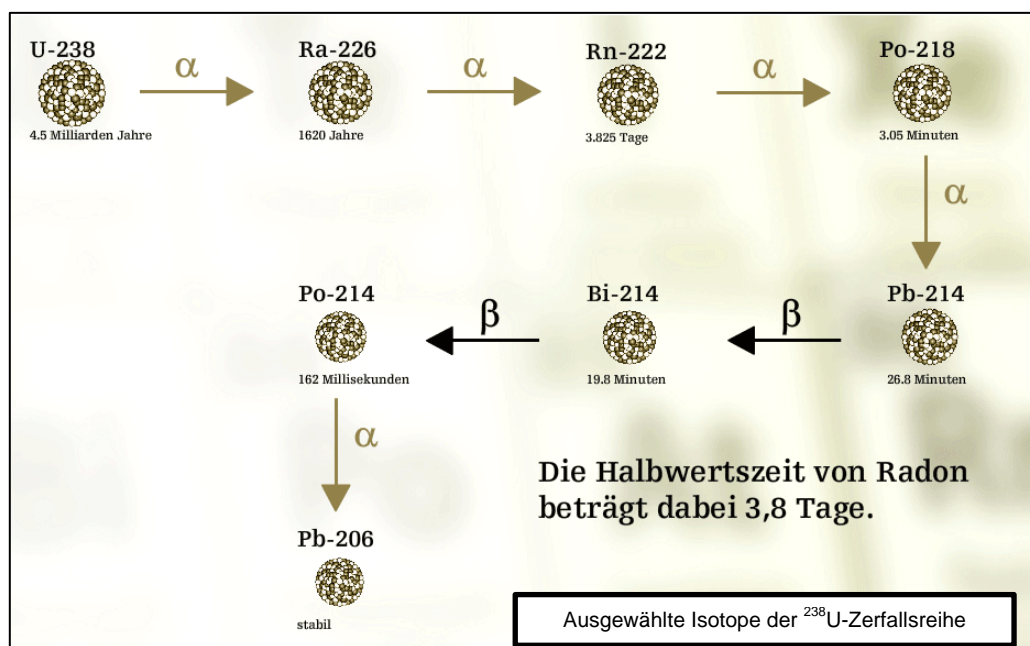


Abb. 2: Ausschnitt aus der Zerfallsreihe von Uran-238

2.2 Radon

Radon ist ein natürlich vorkommendes, gasförmiges und radioaktives chemisches Element. Es entsteht als Produkt der Zerfallsreihen von Uran (²³⁸U, ²³⁵U) und Thorium (²³²Th). Diese Elemente befinden sich in kleinsten Mengen im Erdreich und bestimmen mit ihrem Vorkommen die Konzentration der aus ihrem Zerfall entstehenden Radon-Isotope ²²²Rn (aus ²³⁸U), ²¹⁹Rn (aus ²³⁵U) und ²²⁰Rn (aus ²³²Th) im Boden. Für die menschliche Gesundheit von Belang ist i. W. ²²²Rn (oder Radon-222), weshalb dieses auch nur Gegenstand der weiteren Betrachtungen ist.

Die beiden anderen Radon-Isotope sind u. a. wegen ihrer deutlich kürzeren Halbwertszeiten hinsichtlich des Strahlenschutzes von untergeordneter Bedeutung.

Radon-222 zerfällt mit einer Halbwertszeit von 3,8 Tagen und sendet dabei Alpha-Strahlung aus. Unter seinen wiederum radioaktiven Folgeprodukten sind ebenfalls Alpha-Strahler.

Durch Diffusion und Konvektion gelangt das radioaktive Edelgas aus dem Erdreich in die Atmosphäre. Während im Boden, am Entstehungsort von Radon, Konzentrationen von mehreren tausend bis mehreren zehntausend oder sogar hunderttausend Bq/m³ auftreten können, verdünnt sich die jeweilige Radonkonzentration bei Austritt in die Atmosphäre sehr schnell auf durchschnittlich einige Bq/m³ bis etwa 20 (30) Bq/m³.

2.3 Veranlassung zur Befassung mit dem Schutz vor Radon

Tritt Radon aus dem Untergrund nicht in die freie Atmosphäre aus, sondern in ein Gebäude ein, so kann es sich dort aufgrund der mangelnden Luftzirkulation und der damit einhergehenden Verdünnung, auf einige hundert oder einige tausend Bq/m³ anreichern.

Radon kann Lungenkrebs verursachen (siehe auch S. 11 f).

Um erhöhte Konzentrationen von Radon in Gebäuden zu vermeiden oder vorhandene hohe Konzentrationen zu reduzieren müssen sich Planer und Bauausführende mit Radonschutz befassen.

3 Rechtsgrundlagen und Gesundheitsrisiko

Der Schutz vor Radon in Gebäuden ist im „Gesetz zur Neuordnung des Rechts zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung“ (StrlSchG) vom 27. Juni 2017 [2] sowie in der „Verordnung zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung“ (StrlSchV) vom 29. November 2018 [3] geregelt. Das StrlSchG enthält in Teil 4, Kapitel 2 „Schutz vor Radon“ und die StrlSchV in Teil VI, Kapitel 1 u. a. Regelungen zum Schutz vor Radon in Aufenthaltsräumen und an Arbeitsplätzen in Innenräumen.

Aufenthaltsräume sind – entsprechend der Definition im StrlSchG – Innenräume, die nicht nur zum vorübergehenden Aufenthalt von Einzelpersonen aus der Bevölkerung bestimmt sind. Sie können sich sowohl in einem Wohngebäude als auch z. B. in einem Kindergarten, einer Schule oder in einem Krankenhaus befinden.

Als Arbeitsplätze sind alle Orte definiert, an denen sich eine Arbeitskraft während ihrer Berufsausübung regelmäßig oder wiederholt aufhält.

Der Referenzwert für die über das Jahr gemittelte Radon-222-Aktivitätskonzentration in der Luft in Aufenthaltsräumen (§ 124 StrlSchG) und an Arbeitsplätzen (§ 126 StrlSchG) beträgt 300 Becquerel je Kubikmeter (Bq/m³).

Entsprechend § 125 StrlSchG ist die Bevölkerung über die Exposition durch Radon und die damit verbundenen Gesundheitsrisiken sowie über die Wichtigkeit von Messungen und die Möglichkeiten zur Verringerung vorhandener Radon-222-Aktivitätskonzentrationen zu unterrichten.

Auch ist in § 123 StrlSchG und in § 154 StrlSchV geregelt, dass und wie neue Gebäude radonsicher zu errichten sind. Diese Pflicht gilt als erfüllt, wenn die nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik erforderlichen Maßnahmen zum Feuchteschutz eingehalten werden. Für Neubauten in den nach § 121 StrlSchG noch auszuweisenden Gebieten mit erwarteten erhöhten Radonkonzentrationen in Gebäuden mit Aufenthaltsräumen oder Arbeitsplätzen müssen zusätzliche Maßnahmen ergriffen werden.

In den noch auszuweisenden Gebieten muss entsprechend § 154 StrlSchV für Neubauten ab Ende 2020 mindestens eine der folgenden Maßnahmen durchgeführt werden:

1. Verringerung der Radon-222-Konzentration unter dem Gebäude
2. Gezielte Beeinflussung der Luftdruckdifferenz zwischen Gebäudeinnerem und Bodenluft an der Außenseite von Böden und Wänden mit Erdkontakt
3. Begrenzung der Rissbildung an Wänden und Böden mit Erdkontakt und Auswahl der diffusionshemmenden Betonsorten mit der erforderlichen Dicke der Bauteile
4. Absaugung von Radon an Randfugen oder unter Abdichtungen
5. Einsatz diffusionshemmender, konvektionsdicht verarbeiteter Materialien oder Konstruktionen

Des Weiteren sind entsprechend § 127 StrlSchG die Radon-222-Aktivitätskonzentrationen an Arbeitsplätzen im Keller und im Erdgeschoss von Gebäuden, die sich in den bis Ende 2020 auszuweisenden Gebieten mit erhöhten Radonkonzentrationen befinden, verpflichtend zu bestimmen. Sofern erhöhte Radonkonzentrationen vorgefunden werden, sind diese entsprechend § 128 StrlSchG mit geeigneten Maßnahmen zu reduzieren. Die vorliegende Broschüre soll die Betroffenen bei der Entscheidung über solche geeigneten Maßnahmen unterstützen.

Wird der Referenzwert trotz dieser Maßnahmen nicht eingehalten, müssen die betroffenen Beschäftigten strahlenschutzrechtlich überwacht werden. Das genaue Vorgehen im Zusammenhang mit dem Schutz vor Radon an Arbeitsplätzen ist den §§ 127-132 StrlSchG und den §§ 155-158 StrlSchV zu entnehmen.

Grundlage für die genannten Regelungen ist die Richtlinie 2013/59/Euratom [4].

Die Notwendigkeit für die Festlegung von verpflichtenden Regelungen zum Radonschutz in dieser Richtlinie ergab sich aus dem wissenschaftlichen Erkenntnisstand zu den durch Radon bedingten gesundheitlichen Risiken (s. auch Abb. 3).

Etwa 5 % der Lungenkrebstodesfälle in der Bevölkerung Deutschlands lassen sich auf Radon zurückführen (= populations-attributabler Anteil am Lungenkrebsrisiko). Das sind pro Jahr etwa 1.900 attributable Fälle. Attributable Fälle sind in diesem Zusammenhang die Fälle, die vermieden werden könnten, wenn die Radon-Konzentration in sämtlichen Wohnräumen auf die Radon-Konzentration der Außenluft reduziert werden könnte [5, 6].

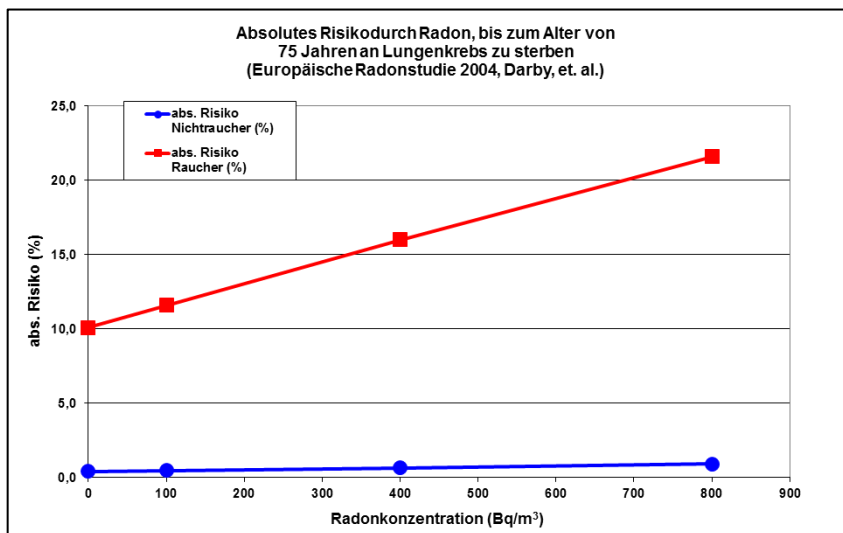


Abb. 3: Risikodiagramm Lungenkrebs

Radonkonzentration in Bq/m³	Lungenkrebs Erkrankungen pro 1.000	
	Lebenslange Nicht-Raucher*innen	Kontinuierliche Raucher*innen (15-24 Zigaretten/Tag)
0	4,1	101
100	4,7	116
200	5,4	131
400	6,7	160
800	9,3	216

Tab. 1: Absolutes Risiko für die Lungenkrebssterblichkeit bis zum Alter von 75 Jahren für lebenslange Nicht-Raucher*innen und kontinuierliche Raucher*innen einer Schachtel Zigaretten pro Tag für verschiedene Radonkonzentrationen; bei Ex-Raucher*innen, die vor weniger als zehn Jahren aufgehört haben zu rauchen, beträgt das absolute Risiko ungefähr 80 % des Risikos von kontinuierlichen Raucher*innen (Modell von Darby et al. 2006 mit Korrektur für Unsicherheiten bei der Erhebung der Radonkonzentration [7, 8]).

Zum Vergleich: Im Durchschnitt sterben in Deutschland von 1.000 Frauen (im Laufe ihres gesamten Lebens) 39 und von 1.000 Männern 66 an Lungenkrebs [9].

Uranbergarbeiterstudien weisen darauf hin, dass das Risiko für Lungenkrebs mit der Zeit wieder abnimmt, wenn die Radonbelastung reduziert wird [10, 11, 12].

4 Messung der Radonkonzentration

4.1 Messmethodik Neubau



Abb. 4: Entwurf Neubau

Berücksichtigung bereits in der Planungsphase

In der Planungsphase eines Neubaus sollte geprüft werden, ob der zukünftige Gebäudestandort in einem Gebiet liegt, in welchem hohe Bodenradonwerte vorliegen. Bundesweit liegen Radonkarten vor, denen eine grobe Einschätzung über die Radonkonzentration in der Bodenluft für ein Gebiet entnommen werden kann. Ab dem 31.12.2020 liegen zudem in allen Bundesländern Informationen über mögliche Gebiete mit erhöhten Radonkonzentrationen entsprechend § 121 (1) StrlSchG vor (sog. Radonvorsorgegebiete).

Obwohl für nahezu den gesamten Freistaat Sachsen eine vergleichsweise hoch aufgelöste Radonkarte zur Verfügung steht (siehe Abbildung 5), ist es nicht möglich, hieraus konkrete Aussagen für Wohngebiete oder gar einzelne Grundstücke zu treffen. Große Unterschiede sind selbst innerhalb eines Grundstückes und auch zwischen zwei angrenzenden Grundstücken keine Seltenheit. Auch schwanken die Radonkonzentrationen in der Bodenluft in Abhängigkeit vom jeweiligen Luftdruck, der Temperatur und der Bodenfeuchte zeitlich und räumlich stark. Insgesamt kann gesagt werden, dass Bodenradonkarten nur bedingt Rückschlüsse auf konkrete bauliche Lösungen zulassen. Einzelmessungen der Bodenradonkonzentration – sofern es sich nicht um Langzeitmessungen handelt – sind aufgrund der hohen zeitlichen und räumlichen Schwankungen der Radonkonzentrationen als Planungsgrundlage des baulichen Radonschutzes für Neubauten nicht sehr aussagefähig und deshalb nicht unbedingt zu empfehlen. Mehr zum Thema Bodenluftmessung finden Sie unter: www.radon.sachsen.de.

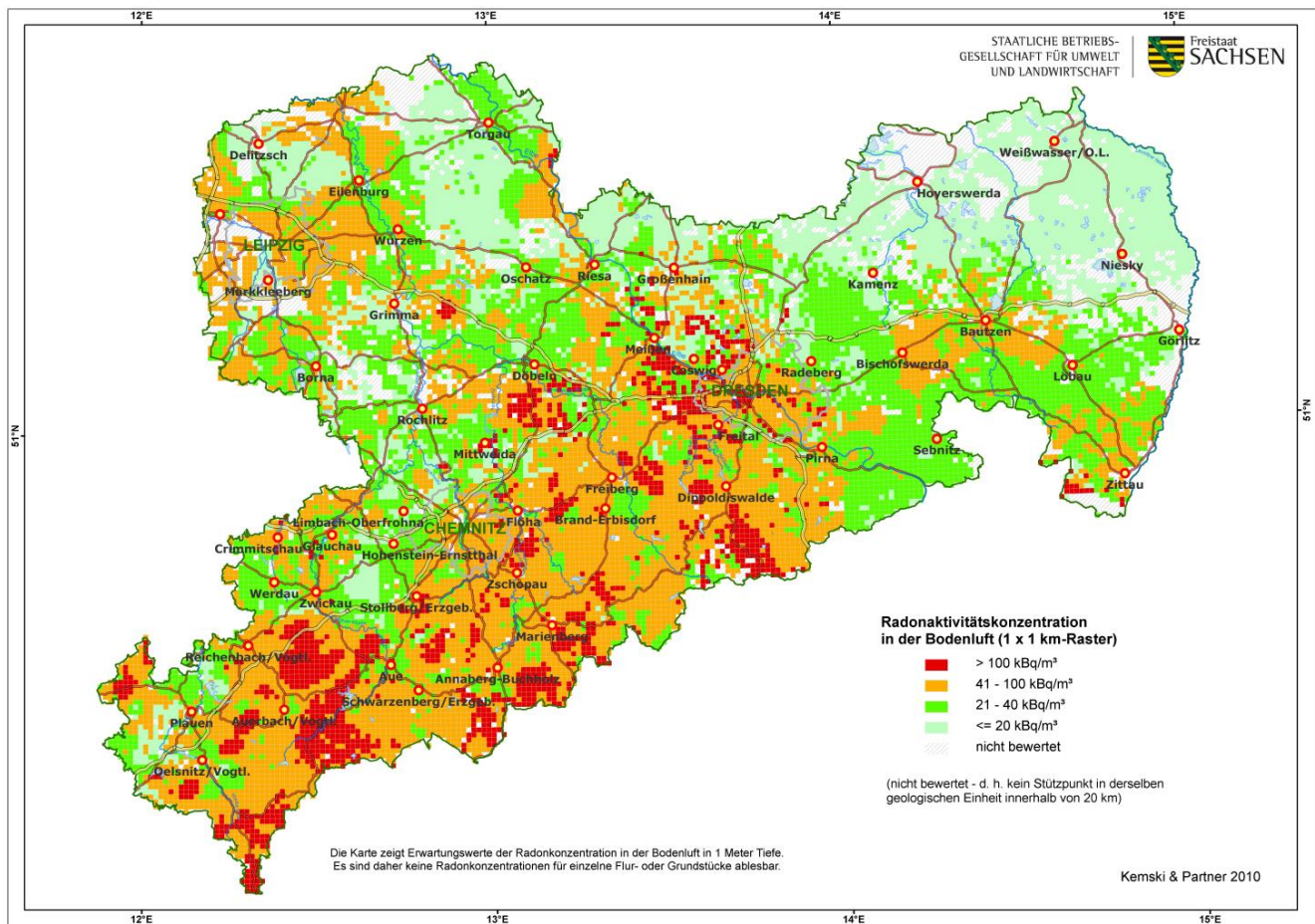


Abb. 5: Radonkarte Sachsen (<http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/strahlenschutz/3331.htm>)

4.2 Messmethodik Bestandsbau

Um in Bestandsgebäuden verlässliche Aussagen zur Radonbelastung zu treffen, sind Langzeitmessungen erforderlich. Dabei wird die durchschnittliche Radonkonzentration mit Hilfe von Radonexposimetern, auch Dosimeter genannt, kostengünstig und einfach ermittelt. So ermittelte Langzeitwerte ermöglichen einen direkten Vergleich mit definierten Referenzwerten. Werden erhöhte Werte festgestellt, sind für die weitere Maßnahmenplanung häufig zusätzliche, zeitaufgelöste Messungen erforderlich.

In der Übersichtskarte in Abb. 6 (S. 15) wird die Überschreitungswahrscheinlich von 300 Bq/m³ für Aufenthaltsräume im Erdgeschoss dargestellt.

4.2.1 Einfache Exposimetermessung

Für eine Messung in einem Einfamilienhaus werden mindestens zwei Radonexposimeter von einer vom BfS anerkannten Messstelle angefordert und in Aufenthaltsräumen im Erd- bzw. Untergeschoss platziert.

(https://www.bfs.de/DE/themen/ion/service/radon-messung/anerkennung/anerkennung_node.html)

Nach 3 bis 12 Monaten werden die ausgelegten Dosimeter an das Labor zur Auswertung zurückgesandt. Wird die Messdauer auf lediglich drei Monate beschränkt, sollte das Auslegen in der Heizperiode erfolgen oder diese teilweise einschließen (Frühjahr/Herbst).

Da mit dieser Methode nur Durchschnittswerte ermittelt werden können, lassen sich temporäre Schwankungen der Konzentrationen zeitlich nicht zuordnen und werden somit auch nicht erfasst.

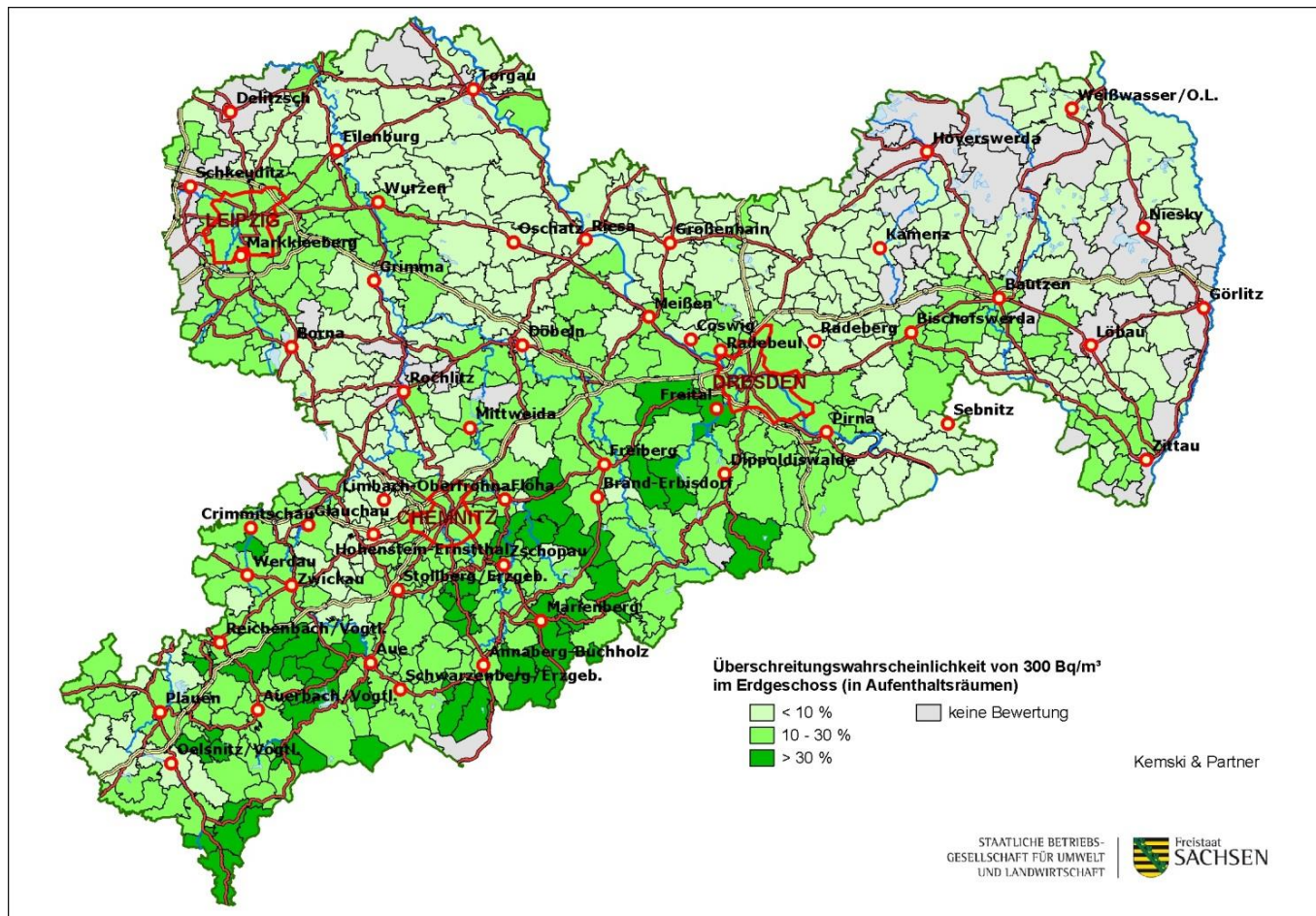


Abb. 6: Überschreitungswahrscheinlichkeit von 300 Bq/m³

Weitere orientierende Kartendarstellungen zum Radonpotential: www.umwelt.sachsen.de/umwelt/strahlenschutz/3331.htm

Ein wesentlicher Faktor, der die Messung signifikant beeinflusst, ist die Luftwechselrate. Diese wird durch die Gebäudenutzung, Umwelteinflüsse, die Haustechnik und im Allgemeinen durch die Dichtheit des Gebäudes bestimmt.



Abb. 7: Kernspurdetektor zur Registrierung von Radon über Zeiträume bis zu einem Jahr [13]

4.2.2 Messung mit zeitlicher Zuordnung

Wird eine zeitliche Zuordnung benötigt, müssen zeitaufgelöste Messungen erfolgen. Dies kann der Fall sein, wenn Zusammenhänge zwischen zeitlich begrenzter Gebäudenutzung (z. B. in Schulgebäuden bzw. anderen öffentlichen Gebäuden), Lüftungsverhalten oder Haustechnik und der Radonbelastung vermutet werden. Die eingesetzten Messgeräte werden entsprechend der gerätespezifischen Nutzungsbeschreibung aufgestellt. Sie messen in einem definierten Takt die Radonkonzentration. Anschließend werden die gespeicherten Werte als Messkurve dargestellt und interpretiert.

Die Genauigkeit der Messung ist durch die vom Messkammervolumen abhängige Empfindlichkeit der verwendeten Messgeräte bestimmt. Aus diesem Grund weisen Messkurven, die mit vergleichsweise kostengünstigen Geräten ermittelt wurden, eine geringere Genauigkeit auf.

5 Planung von Radonschutzmaßnahmen

5.1 Neubau

Obwohl über Möglichkeiten zur Senkung der Radonkonzentration in Gebäuden in den letzten Jahren viele Erfahrungen gesammelt werden konnten, gibt es in Deutschland bislang noch keine als „allgemein anerkannte Regeln der Bautechnik“ einzustufenden Lösungen für den baulichen Radonschutz. Derzeit ist jedoch eine DIN-TS (18117) in Bearbeitung deren erster Teil bis Ende 2020 veröffentlicht werden soll.

Im Folgenden wird dargestellt, wie auf Grund der bisherigen Erkenntnisse radonsichere Lösungen im Neubau vergleichsweise einfach und sicher erreicht werden.

5.1.1 Einordnung des Radonschutzes in den Planungsprozess

Um das Risiko erhöhter Radonkonzentration in der Innenraumluft und somit hohe Kosten für anschließende Sanierungsmaßnahmen zu vermeiden, ist es ratsam den baulichen Radonschutz so früh wie möglich in die Planung zu integrieren. Frühzeitig in der Planung berücksichtigte Radonschutzmaßnahmen verursachen im Neubau keine bis sehr geringe Zusatz-Baukosten.

Bereits in die **LPH 1 HOAI** (Grundlagenermittlung) ist der Radonschutz mit der Ermittlung der Ausgangswerte und Festlegung einer prinzipiellen Strategie einzubeziehen.

In **LPH 3 HOAI** (Entwurfsplanung) sind die erforderlichen Radonschutzmaßnahmen sowohl hinsichtlich der Kosten als auch der baulichen Lösung zu berücksichtigen.

5.1.2 Schutzmaßnahmen

Von ausschlaggebender Bedeutung für den Radonschutz ist eine möglichst fehlerfreie und luftdichte Ausführung der Abdichtung der Gebäudehülle gegen das Erdreich. Die 2017 eingeführte neue Abdichtungsnorm DIN 18533 regelt den Schutz der erdberührten Gebäudehülle gegen das Eindringen von Feuchtigkeit und Wasser. In der Regel erfüllt eine normgerechte Abdichtung auch gleichzeitig die Anforderungen an den baulichen Radonschutz. Für einzelne in DIN 18533 geregelte Abdichtungslösungen ist diese pauschale Aussage aber zu relativieren. Detailliert wird auf diese Frage in Abschnitt 6.4 eingegangen.

In einigen europäischen Ländern ist es üblich, als Sicherheitsmaßnahme zusätzlich zur Abdichtung eine Radondränage oder ähnliche Maßnahme zur Bodenluftabsaugung zu planen und zu errichten, um bei einem evtl. Versagen der Abdichtung durch Aktivierung der Bodenluftabsaugung die Ziele des baulichen Radonschutzes trotzdem erreichen zu können. Sowohl die relativ hohen zusätzlichen Kosten dieser Maßnahme als auch bauliche Fragestellungen lassen diese Zusatzmaßnahme eher problematisch erscheinen. Sinnvoller ist es zweifellos, eine hohe Bauqualität aller Abdichtungsmaßnahmen von vornherein zu gewährleisten.

In bestimmten Fällen ist es nicht möglich, eine Abdichtung nach den aktuellen Normen auszuführen (so ist z. B. eine Abdichtung in Industriehallen häufig nicht vorgesehen bzw. wirtschaftlich realisierbar). Hier sollte eine Radondränage unterhalb der Bodenplatte zwingend vorgesehen werden.

5.2 Bestandsbau

5.2.1 Einführung

Die Eintrittspfade für radonhaltige Bodenluft sind so vielfältig wie die verschiedenen Konstruktionen und Eigenheiten, welche in Bestandsgebäuden zu finden sind. Deshalb ist die Planung und Durchführung von Radonschutzmaßnahmen vergleichsweise aufwendiger als bei einem Neubau.

Um ein umfassendes Sanierungskonzept erstellen zu können, ist es wichtig, möglichst viel über das Objekt und die den Radonschutz betreffenden Randbedingungen in Erfahrung zu bringen.

Im Folgenden soll ein Überblick über die zu erbringende Vorarbeit und die Planungsgrundlagen vermittelt werden.

Radoneintrittspfade

1. Hohlräume und vertikale Risse
2. Spalten in Holzfußböden
3. Außenwände
4. Bauteildurchführungen
5. Wandanschlüsse
6. Risse in Fußböden
7. undichte Deckenanschlüsse

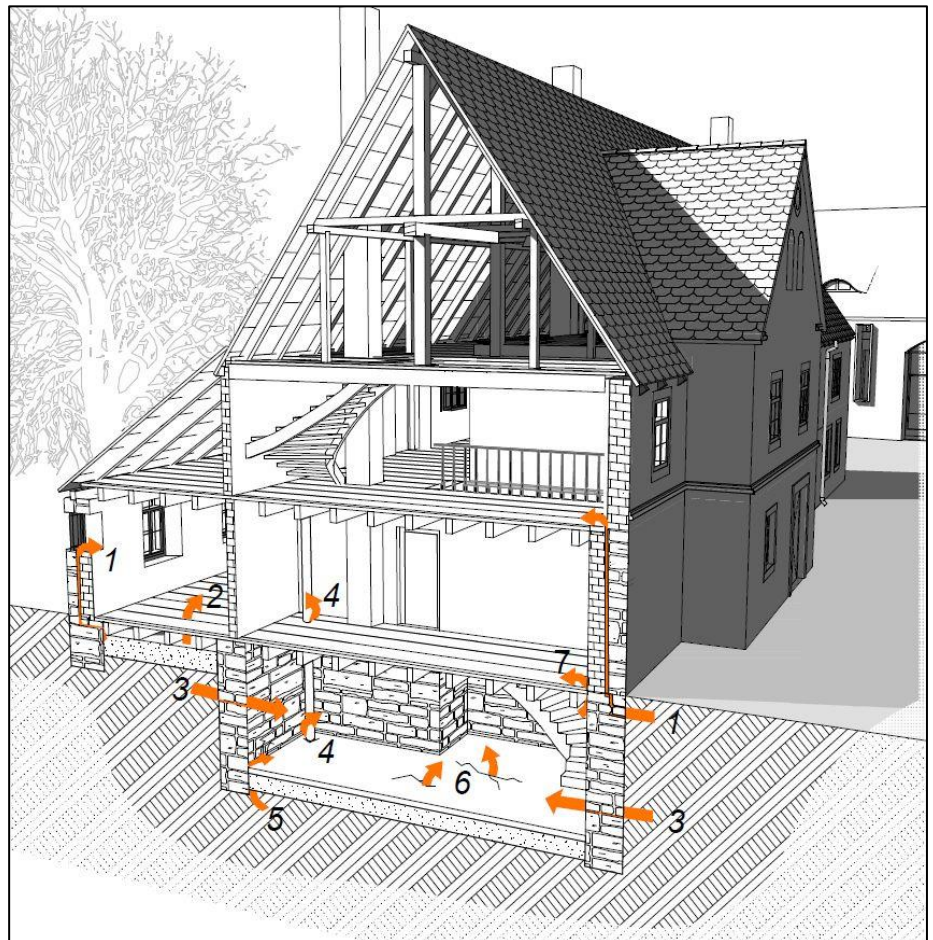


Abb. 8: Übersicht typischer Radoneintrittspfade in Bestandsgebäuden

5.2.2 Schaffung der Grundlagen für eine Radonsanierung

In der Grundlagenermittlung (LPh 1 HOAI) sind alle Daten zu erfassen, die für die Planung und Bauausführung der Sanierungsmaßnahmen – einschließlich des Radonschutzes – erforderlich sind. Unter anderem sind die folgenden Aspekte in die Grundlagenermittlung einzubeziehen:

- Erfassung des Gebäudetyps und der Gebäudenutzung
- Erfassung der Gebäudehistorie (Anamnese)
- Erfassung und Dokumentation der Baukonstruktion, einschließlich konstruktiver Besonderheiten

- Erfassung der verwendeten Baustoffe
- Konzeption der geplanten Sanierungsmaßnahmen
- Baugrundgutachten
- Erfassung der relevanten gesetzlichen Vorschriften
- Denkmalschutzanforderungen
- Radonbelastung

Gebäudetyp, Gebäudenutzung

Der Gebäudetyp und die Gebäudenutzung sind in großem Maße dafür verantwortlich, welche Radonschutzmaßnahmen zur Anwendung kommen und welchen Umfang die Sanierungsmaßnahmen einnehmen werden.

Typische Gebäudetypen sind:

- Ein- und mehrgeschossige Gebäude
- Gebäude mit oder ohne Unterkellerung oder aber einer Teilunterkellerung

Typische Gebäudenutzungen sind:

- Einfamilienhaus
- Gewerbeobjekt
- Schule
- Krankenhaus
- öffentliches Gebäude, etc.

Anamnese

Für das Aufspüren von verwertbaren Informationen über das Gebäude kann es hilfreich sein, deren Historie zu kennen. Hierzu zählen die Suche nach Bestandsunterlagen, Rechnungen, Fotos oder Gespräche mit aktuellen oder ehemaligen Gebäudenutzern. Dieses Vorgehen ist nicht immer zwingend erforderlich, kann jedoch ergänzend zur Baubestandsaufnahme wichtige Details für ein anschließendes Sanierungskonzept offen legen.

Baukonstruktive Lösung und konstruktive Besonderheiten

Für die Einschätzung der Maßnahmen zur Radonsanierung ist die genaue Kenntnis der baulichen Struktur und des Bauzustandes von elementarer Bedeutung. Insbesondere müssen genaue Erkenntnisse über die Beschaffenheit der erdberührten Gebäudehülle vorliegen. Radon gelangt primär über erdberührte Bauteile, wie Fußböden im untersten Geschoss, Außenwände unterhalb der Geländeoberkante und sonstige Bereiche mit direktem Kontakt zum Erdreich, in das Gebäudeinnere. Risse, mangelhafte Wandanschlüsse und fehlende bzw. defekte Abdichtungen sind dabei typische Radoneintrittspfade. Im Folgenden wird deshalb auf die folgenden Bereiche eingegangen:

- Aufbau und Zustand des unteren Fußbodens
- Aufbau und Zustand der erdberührten Wände
- Art und Zustand der Bauteildurchführungen
- Haustechnik

Fußbodenaufbau

Kellerfußböden bzw. Fußböden in Erdgeschossen von nicht unterkellerten Gebäuden grenzen direkt an das Erdreich. Deren Zustand ist somit ausschlaggebend für das Ausmaß konvektiver Ströme vom Erdreich ins Gebäude.

Im Folgenden sind Beispiele typischer Fußbodenaufbauten in Bestandsgebäuden zusammengestellt. Alle hier dargestellten Fußbodenaufbauten sind sowohl gegen Wasser- als auch gegen Lufteintritt als nicht dicht einzuschätzen.

Typische Fußbodenaufbauten in Bestandsgebäuden

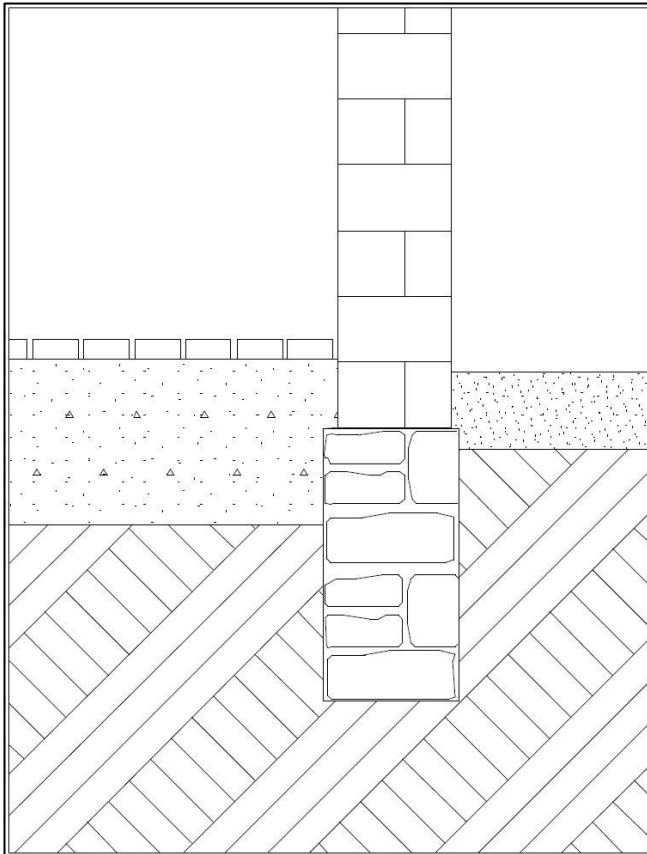


Abb. 9: Typische Bestandslösung für Fußbodenaufbau in Kellerräumen

Aufbau:

- Steinlage (z. B. Ziegel)
- KapillARBrechende Schicht

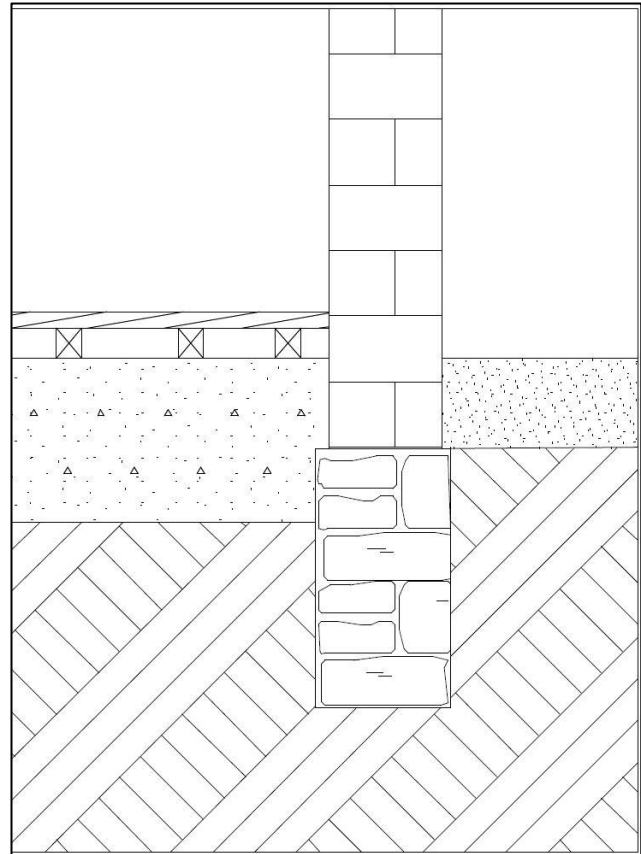


Abb. 10: Typische Bestandslösung für Fußböden in Souterrainwohnungen

Aufbau:

- Holzdielung
- Lagerhölzer
- Lehm- oder Sandschicht

Die Fußböden nach Abb. 9 und 10 sind klassische Lösungen, die bis etwa 1945 angewendet wurden. Eine verbesserte Lösung, die typisch für Kellerwohnungen bzw. für Wohnungen in Erdgeschossen nicht unterkellerten Gebäude ist, ist in Abb. 12 wiedergegeben. Der in Abb. 11 dargestellte Fußbodenaufbau ist typisch für die 1950er bis 1970er Jahre.

Wenn in Bestandsgebäuden der Fußbodenaufbau, wie z. B. in den Abb. 9 bis 12 dargestellt, erhalten bleiben soll, kann in der Regel nachträglich keine radondichte Abdichtungslösung realisiert werden.

Zu beachten ist zudem, dass Abdichtungen auf Basis von Bitumen Alterungsprozessen ausgesetzt sind, wodurch die Abdichtungseigenschaften verschlechtert werden.

Ist eine umfassende Sanierung bzw. Modernisierung geplant, wird schon aus energetischen Gründen sowie aus Gründen des Feuchteschutzes ein vollständig neuer Aufbau des erdberührten Fußbodens erfolgen. Im Zuge dessen ist die Anwendung von allen gängigen Radonschutzmaßnahmen möglich.

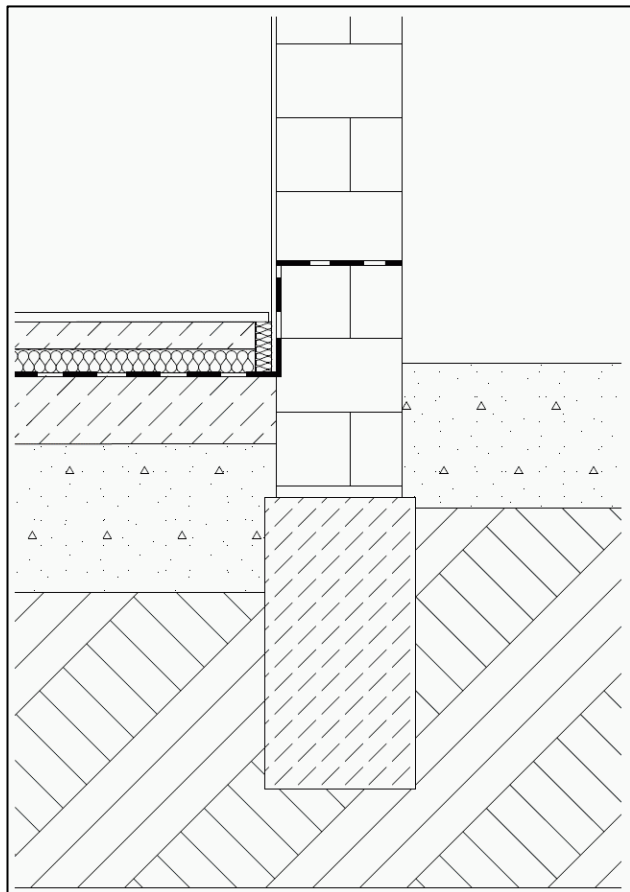


Abb. 11: Wärmegeprägter Kellerfußboden auf Bodenplatte

Aufbau:

- Fußbodenschicht
- Estrich
- Dämmschicht
- Abdichtungsschicht
- Betonplatte bzw. Unterbeton
- kapillarbrechende Kiesschicht

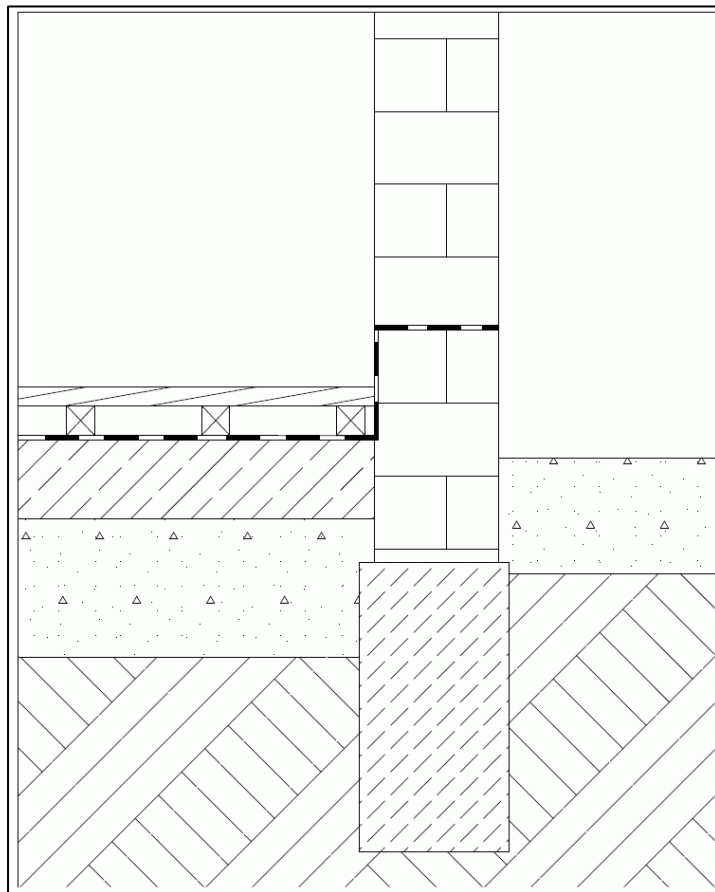


Abb. 12: Holzfußboden auf Abdichtungsschicht

Aufbau:

- Holzdielen
- Lagerhölzer
- Abdichtungsschicht
- Betonplatte bzw. Unterbeton
- kapillarbrechende Schicht

Wandaufbau

In Bestandsbauten dominieren massive Wände aus Natursteinen oder Ziegeln. Sehr häufig wurden die Grundmauern als Mischmauerwerk errichtet. Sowohl die Bauweise mit kleinformatischen Steinen als auch durch ständige Feuchtebelastung erfolgte Schädigungen führen dazu, dass in Bestandsmauerwerk häufig Risse vorhanden sind, wobei Mischmauerwerk besonders anfällig für Rissbildungen ist.

Ein vertikaler Transport von Radon aus der Bodenluft bzw. aus den erdberührten Gebäudebereichen in höher liegende Geschosse kann bei den folgenden baulichen Lösungen auftreten:

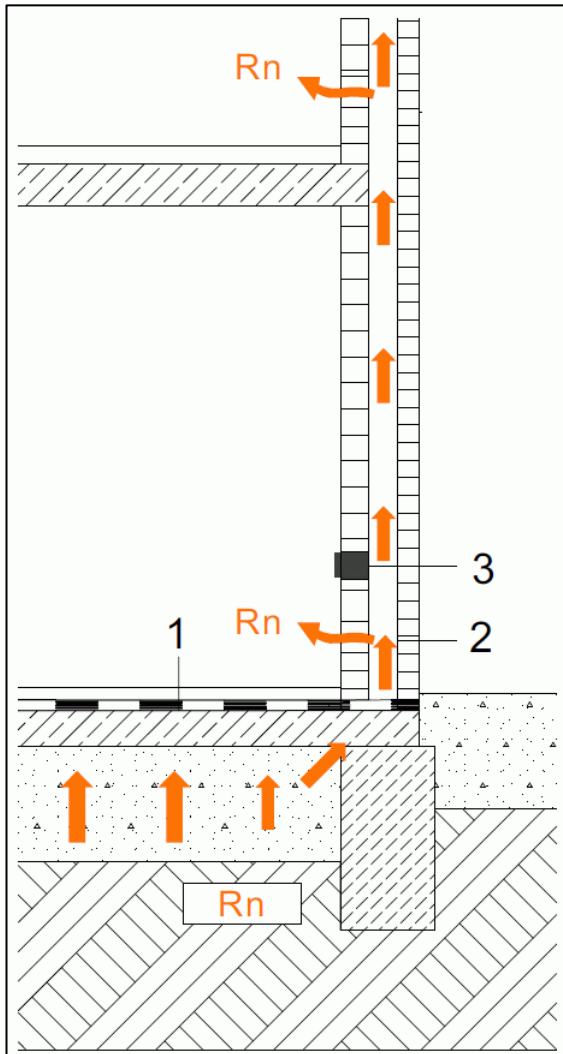


Abb. 13: Radontransport in Hohlräumen
1_flächige Abdichtung 2_fehlende Horizontalabdichtung 3_Wandöffnung (z. B. Schalterdose)

Wandaufbauten in Bestandsbauten, bei denen ein horizontaler Lufttransport innerhalb der Konstruktion möglich ist

- Zweischaliges Mauerwerk mit Luftschicht und
- Undichtigkeiten z. B. durch Schalterdosen
- Trockenbau Vorsatzschalen
- Bruchsteinmauerwerk mit Hohlräumen
- vertikal verlaufende Risse
- geschlitzte Unterputzverlegung von Kabeln oder Rohren

Ist im Wandaufbau eine intakte Horizontalabdichtung vorhanden, kann in Abhängigkeit vom Abdichtungsmaterial der Horizontalsperre mit einem deutlich geringeren Radontransport innerhalb der Wand gerechnet werden.

Bauteildurchführungen

Bauteildurchführungen für Hausmedien, wie z. B. Gas-, Trinkwasser-, Abwasser- und Stromleitungen verlangen hinsichtlich ihrer Dichtheit besondere Beachtung. In der Regel sind solche Durchführungen in Bestandsgebäuden nur unzureichend dicht ausgeführt. Somit ist speziell dort, wo Rohre, Leitungen und Kabel aus dem Erdreich durch die Gebäudehülle dringen, mit Radoneintrittspfaden zu rechnen. Ein wichtiger Faktor der Bestandsaufnahme ist die Lokalisierung und Untersuchung aller vorhandenen Durchführungen.

Radontransport im Gebäude erkennen

Zum Aufspüren von Radonpfaden innerhalb der Gebäudehülle hat sich die Verwendung von Nebelmaschinen bewährt. Durch das Kombinieren von Nebel und Überdruck lassen sich Bereiche, in denen ein konvektiver Radontransport stattfinden könnte, lokalisieren.

Haustechnik

Für bestehende Haustechnik lassen sich keine verallgemeinernden Aussagen treffen. Da die Nutzungszeit von haustechnischen Anlagen i. A. deutlich kürzer als die der Baukonstruktion ist, sind in Altbauten häufig auch neuere Lösungen anzutreffen.

Heizkessel, welche ihre Verbrennungsluft aus der unmittelbaren Umgebung ziehen, erzeugen während der Verbrennung einen Unterdruck im Raum. Durch Undichtheiten in der Gebäudehülle wird der Radoneintritt durch den Druckunterschied zwischen Gebäudeinnerem und Erdreich begünstigt. Obwohl in den meisten Fällen die Zufuhr der Verbrennungsluft von außen erfolgt, ist die bestehende Haustechnik dahingehend zu prüfen und ggf. anzupassen. Gleiches gilt für Schächte, Schachtlüftungen, Schornsteine und sonstige vertikal verlaufende Verbindungen im Haus, da hier lufttechnische Ankopplungen der oberen Geschosse an weiter unten liegende möglich sind.

Baustoffe

Nicht immer ist eine erhöhte Radonkonzentration in der Raumluft ausschließlich auf von außen eindringendes Radon zurückzuführen. Natürliche Baustoffe wie Granit, Tuff- und Bimsstein sowie Ton und Lehm können in Abhängigkeit von ihrer Herkunft eine erhöhte spezifische Radioaktivität aufweisen und infolgedessen zu einer erhöhten Radonkonzentration der Raumluft beitragen. Vor allen Dingen in ehemaligen Bergbaugebieten sind häufig Baustoffe mit erhöhter Uran- oder Radiumkonzentration, wie z. B. Schlacken oder Zementmörtel, in Putzen und Mörteln aus dem Abraum eingesetzt worden. Diese können Quellen für erhöhte Radonkonzentrationen darstellen (vgl. Abb. 1 und 2).

Baugrundgutachten

Ein Baugrundgutachten wird im Rahmen einer Radonsanierung dann erforderlich werden, wenn Angaben zur Permeabilität (Durchlässigkeit) des Baugrundes sowie evtl. weitere Baugrundangaben für die Wahl und Planung der Sanierungsmaßnahme erforderlich sind.

Beachtung der Nutzung des Gebäudes und Konzeption der Sanierungsmaßnahmen

In Absprache mit den Hauseigentümern bzw. den Nutzern ist abzuklären, wie die betroffenen Bereiche genutzt werden. So lässt sich einschätzen, ob eine erhöhte Radonkonzentration auf bauliche Mängel oder falsches Lüftungsverhalten zurückzuführen ist und inwiefern die gemessenen Werte für die zukünftige Nutzung relevant ist. Der Umfang und die Art der Sanierungsmaßnahmen sind unter dem Gesichtspunkt möglicher Auswirkungen auf die Luftwechselrate und die damit einhergehende Aufkonzentration von Radon zu prüfen und zu bewerten.

Radonbelastung

Die Messung der Radonkonzentration innerhalb des Gebäudes bildet eine der Grundlagen für das spätere Sanierungskonzept. Nach Auswertung der gemessenen Werte, kann entschieden werden, welche Schutzmaßnahmen erforderlich sind.

Für Radonkonzentrationen unter 300 Bq/m^3 ist der Referenzwert nach dem Strahlenschutzgesetz eingehalten. Im Sinne einer größtmöglichen Gesundheitsvorsorge kann dennoch geprüft werden, ob mit einfachen Mitteln (z. B. Erhöhung des Luftwechsels mittels kontrollierter Stoßlüftung) eine weitere Optimierung der Radonkonzentration möglich ist. Bei mäßig bis deutlich erhöhten Werten der durchschnittlichen Radonkonzentration sollten ergänzend zu den Sofortmaßnahmen in Vorbereitung der Festlegung weiterer baulicher Maßnahmen eine Begutachtung sowie weitere Messungen erfolgen.

Für Gebäude mit deutlich erhöhten Werten sind in den meisten Fällen umfangreiche Sanierungsmaßnahmen erforderlich. Bei sehr hohen Radonkonzentrationen in Innenräumen sollte als Sofortmaßnahme die Aufenthaltszeit auf ein Minimum reduziert werden. Die in diesem Falle dringend erforderlichen Sanierungsmaßnahmen sind individuell zu planen und umzusetzen.

5.3 Baudenkmal

Sachsen hat einen der höchsten Altbaubestände im Vergleich aller Bundesländer. So wurden etwa zwei Drittel des sächsischen Gebäudebestandes vor 1948 errichtet. Eine große Anzahl der Bestandsgebäude ist unter Denkmalschutz gestellt. Zweck des Denkmalschutzes und der Denkmalpflege ist es, den Bestand eines geschützten Bauwerks als Sinn stiftendes historisches Dokument zu erhalten.



Abb. 14: Ansichten des Umgebindehauses „Reiterhaus“ in Neusalza-Spremberg [14]

5.3.1 Rechtliche Rahmenbedingungen

Sächsisches Denkmalschutzgesetz (SächsDSchG)

Handlungen, die ein Kulturdenkmal in seiner Substanz oder in seinem Erscheinungsbild gemäß § 12 SächsDSchG verändern, sind genehmigungspflichtig. Darunter fallen auch Maßnahmen der energetischen Gebäudesanierung, da sie regelmäßig mit baulichen Veränderungen am jeweiligen Gebäude verbunden sind.

Anträge und Genehmigungen

Bedarf eine Sanierungsmaßnahme lediglich der denkmalschutzrechtlichen Genehmigung, so ist der Antrag schriftlich bei der örtlich zuständigen unteren Denkmalschutzbehörde zu stellen.

Handelt es sich hingegen um eine baugenehmigungspflichtige Maßnahme, bedarf es keines gesonderten Antrages bei der unteren Denkmalschutzbehörde. Hier gilt der denkmalschutzrechtliche Genehmigungsantrag kraft Gesetzes als mit dem Antrag auf Baugenehmigung gestellt (§ 13 Abs. 1 S. 2 SächsDSchG).

Es erfolgt einerseits die Beurteilung der Radonschutzmaßnahmen am Gebäude, andererseits die Beurteilung der Denkmalverträglichkeit dieser Maßnahmen, dargestellt anhand der Kriterien:

- Verlust an historischer Bausubstanz
- Beeinträchtigung des Erscheinungsbildes
- Reversibilität der Maßnahme

5.3.2 Zusammenarbeit mit Fachleuten

Eine frühzeitige integrale Planung mit allen Beteiligten und Fachdisziplinen ist ebenso unerlässlich, wie eine konstruktive und verantwortungsvolle Zusammenarbeit sowie der Nachweis besonderer Fachkenntnisse z. B. durch Referenzen. Die Einschaltung erfahrener Fachleute (Architekten und Bauingenieure mit besonderer Qualifikation im Bereich Altbausanierung bzw. Denkmalpflege) bereits in der Planungsphase ist empfehlenswert. [15]

6 Radonschutzmaßnahmen

6.1 Übersicht



Abb. 15: Ansicht Bestandsgebäude mit Hanglage

Auf den folgenden Seiten werden gängige Radonschutzmaßnahmen dargestellt. Der Umfang reicht dabei von einfachen Sofortmaßnahmen, welche in der Regel ohne größeren Aufwand umsetzbar sind, bis hin zu umfangreichen baulichen Sanierungsmaßnahmen, welche eine ausführliche Planung sowie Ausführung durch Fachpersonen verlangen. Über die folgenden Darstellungen hinaus, ist die Betrachtung von Datenblättern und Ausführungshinweisen der jeweiligen Produkte und Baustoffe entscheidend für eine fachgerechte Ausführung. Die Darstellung und Erläuterung der Maßnahmen wird in

- Sofortmaßnahmen
- Abdichtungsmaßnahmen
- Radonabsaugung
- Lüftungstechnische Maßnahmen

untergliedert. In Tabelle 1 sind alle betrachteten Lösungen einschließlich eines Verweises auf die Abschnitte der Broschüre, in denen diese erläutert werden, zusammengestellt.

Normen und Regelwerke

Es gibt in Deutschland derzeit keine eigenen baulichen Regelwerke zum Radonschutz. Aber die Anwendung bestehender Normen und Merkblätter sorgt bereits für einen guten Radonschutz.

- DIN Normen (Abdichtung, Lüftung, etc.)
- WTA Merkblätter (u. a. nachträgliche Bauwerksabdichtung)
- DBV & Zement Merkblätter (WU-Beton)
- Ift. Richtlinien (Fenster Technik)

Im Jahr 2015 ist der DIN-Normenausschuss „radongeschütztes Bauen“ gegründet worden, in dem eine eigenständige Norm für den bau- und lüftungstechnischen Radonschutz erarbeitet wird. Teil 1 dieser DIN/TS 18117 (Grundlagen des radonsicheren Bauens) wird Ende 2020 veröffentlicht. Teil 2 wird eine detailliertere Beschreibung der Lösungen sowie Grundsätze zu deren Anwendung enthalten.

In einigen europäischen Ländern (z. B. Österreich und Tschechien) existieren bereits Normenwerke, in denen der Umgang mit natürlich vorkommendem Radon geregelt wird. Die ÖNORM S 5280-1 sowie ÖNORM S 5280-2 beschreibt unter anderem Messverfahren und deren Anwendungsbereiche sowie technische Vorsorgemaßnahmen für Neubauten.

Hinweis

Sowohl detaillierte als auch schematische Darstellungen sollen anhand verschiedener Konstruktionen die Funktion und Anwendung von Radonschutzmaßnahmen zeigen und kurz erläutern. Zu beachten ist, dass es sich dabei nicht um technische Zeichnungen handelt, welche uneingeschränkt zur Ausführung frei gegeben werden können. Individuelle Detaillösungen sind in Absprache mit etwaigen Produkterstellern und einer qualifizierten Planung zu erstellen.

Um den Aufbau und die Funktion der jeweiligen Schutzmaßnahmen besser vermitteln zu können, folgen der allgemeinen Beschreibung der Lösung ausgewählte Beispiele für Neu- und Bestandsbauten.

Tab. 2: Übersicht und Zuordnung der Radonschutzmaßnahmen

Maßnahmengruppe	Lösungen	Abschnitt	Anwendung
Sofortmaßnahmen	Freie Lüftung	6.2.1	Lösung für Bestandsgebäude als Zwischenmaßnahme bis zur Realisierung einer finalen Lösung nach 6.3 und 6.4
	Umnutzung	6.2.2	Lösung für Bestandsgebäude . Im Neubau sollte bereits in der Entwurfsphase die Nutzung so konzipiert werden, dass gefährdete Bereiche nicht ständig genutzt werden.
	Beseitigung von Unterdruck	6.2.3	Lösung für Bestandsgebäude .
Abdichtungsmaßnahmen	Raumabtrennungen	6.3.1	In der Regel Lösung für Bestandsgebäude . Im Neubau können analog in der Entwurfsphase Lösungen vorgesehen werden, die potentiell hochbelastete Bereiche von Arbeits- und Aufenthaltsräumen trennen.
	Partielle Abdichtung	6.3.2	Typische Lösung für Bestandsgebäude , zumeist in Kombination mit weiteren Lösungen nach 6.5 ff.
	Bauteildurchführungen	6.3.3	Lösung für Neubauten . In der Sanierung sollten ähnlich qualitative Lösungen angestrebt werden. Allerdings ist deren Realisierung meist nur dann möglich, wenn eine flächige Abdichtung nach 6.4 ausgeführt wird.
	Flächige Abdichtungen	6.4	Typische Lösung für Neubauten . Bei Sanierungen können flächige Abdichtungen zumeist nicht oder nicht in der angestrebten Sicherheit vorgesehen werden. Deshalb kommen in der Sanierung zumeist Lösungen nach 6.5 zur Anwendung
Radonabsaugung	Radondrainage	6.5.2	Typische Lösung für Sanierungen . In seltenen Fällen werden Radondrainagen auch im Neubau – als zusätzliche Absicherung – eingebaut.
	Radonbrunnen	6.5.3	Typische Lösung für Sanierungen . Prinzipiell könnte diese Lösung auch in Neubauten angewendet werden. Sie ist dort aber nicht sinnvoll, da im Neubau der Radonschutz bereits durch flächige Abdichtungen nach 6.3.4 ausreichend erfüllt ist.
	Hohlraumabsaugung	6.5.4	Diese Lösung kann sowohl im Neubau als auch der Sanierung angewendet werden. Im Anwendungsfall Neubau im Allgemeinen als zusätzliche Sicherheitsmaßnahme zur flächigen Abdichtung.
Lüftungstechnische Maßnahmen	Freie Lüftung	6.6.1	Die Anwendung der unterschiedlichen Arten von Lüftungslösungen ist nicht durch die Frage bestimmt, ob der Anwendungsfall ein Neubau oder eine Sanierung ist. Vielmehr spielen hier Fragen des Gesamtgebäudekonzeptes eine Rolle.
	Auftriebslüftung	6.6.2	
	Ventilatorgestützte Lüftung	6.6.3	

6.2 Sofortmaßnahmen

6.2.1 Freie Fensterlüftung

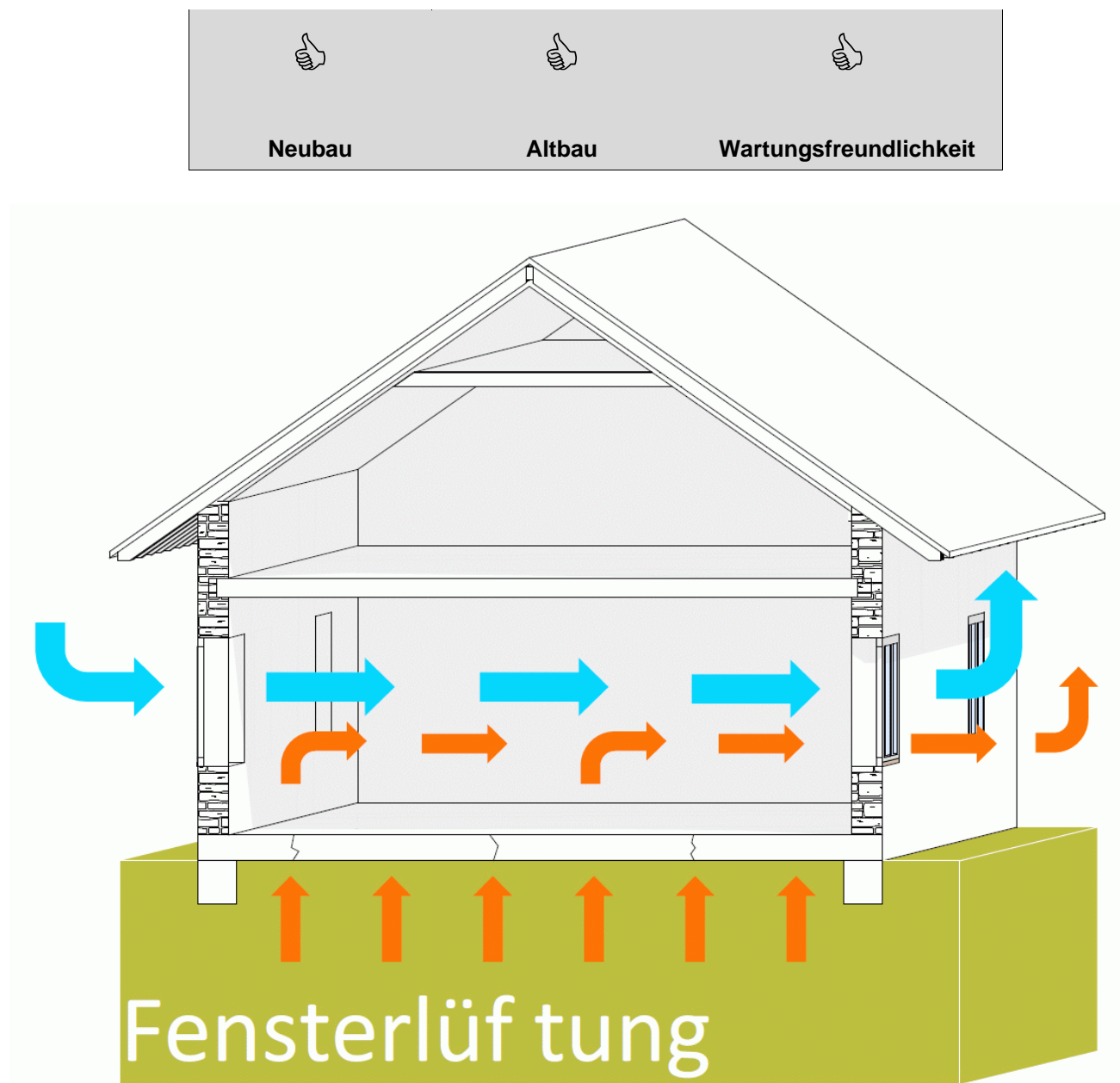


Abb. 16: Schematische Darstellung Fensterlüftung

In vielen Fällen bildet die Fensterlüftung (Querlüftung) die erste Schutzmaßnahme gegen eine erhöhte Radonkonzentration in Arbeits- und Aufenthaltsräumen. In Abhängigkeit von der Nutzung der betroffenen Räume und der vorliegenden Radonkonzentration, sollte diese Maßnahme lediglich als vorübergehend bzw. als Ergänzung anderer Maßnahmen angewendet werden.

Wird eine sehr hohe Radonkonzentration festgestellt, sollte die Nutzung der belasteten Bereiche bis zur Sanierung auf das unbedingt notwendige Maß reduziert werden. Zudem sollte, wenn möglich, eine verstärkte Fensterlüftung vorgesehen werden, auch wenn dadurch ggf. erhöhte Energieverluste eintreten. Einfache Sofortmaßnahmen, wie z. B. das Aufstellen von Raumventilatoren vor Fenster, können die Luftwechselrate der betroffenen Bereiche erhöhen und somit die Radonkonzentration in der Raumluft senken.

Besonders wirkungsvoll ist das regelmäßige Stoßlüften der Räume. Dieses sollte mehrmals am Tag (mindestens drei Mal) erfolgen, da bereits wenige Stunden nach erfolgtem Luftwechsel wieder mit der ursprünglichen Radonkonzentration in der Raumluft zu rechnen ist. Das Lüften mit permanent angekippten Fenstern, ist aus energetischen Gründen nicht zu empfehlen.

Hinweis

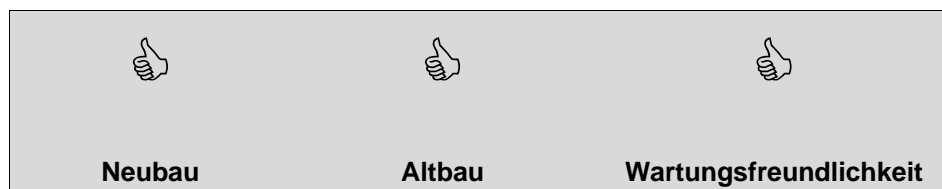
Die Lüftung von unbeheizten Kellerräumen kann immer dann, wenn die Außenluft eine höhere Temperatur gegenüber den Kellerräumen aufweist (Frühjahr, Sommer), zu erhöhter Feuchtebelastung in den Bauteilen sowie der Raumluft führen. In der kalten Jahreszeit kann es hingegen zu Frostschäden sowie überhöhten Heizwärmeverlusten kommen. Dies hat zwar keinen direkten Einfluss auf die Radonproblematik, sollte aber berücksichtigt werden.

6.2.2 Umnutzung



Als eine weitere Sofortmaßnahme kann in Räumen, in denen eine zu hohe Radonkonzentration gemessen wurde, die Nutzungsdauer bis zur Durchführung der Sanierungsarbeiten reduziert werden. Die Umnutzung von Bereichen oder ganzen Gebäuden ist abhängig von verschiedenen Faktoren und bedarf immer einer individuellen Betrachtung. Die Nutzung als Wohn- und Aufenthaltsraum ist zu überdenken, wenn Referenzwerte permanent überschritten werden und in absehbarer Zeit keine Sanierungsmaßnahmen geplant sind.

6.2.3 Beseitigen von Unterdruck



Die weitaus häufigste Ursache für den Radoneintritt in Gebäude ist die Druckdifferenz zwischen Erdreich und Innenraumluft, wobei tendenziell im unteren Gebäudebereich ein Unterdruck gegenüber dem Erdreich vorhanden ist (s. Abb.16). Werden die dafür verantwortlichen Faktoren identifiziert und beseitigt, lässt sich der Radoneintritt bereits signifikant reduzieren.

Neben dem thermischen Auftrieb durch offene Treppenhäuser, Schächte, Kamine usw. tragen auch unkontrollierte Abluftanlagen, wie z. B. Dunstabzugshauben in der Küche, zum Entstehen von Unterdruck im Gebäude bei (s. Abb. 17).

Schächte und Feuerstätten

Die Ausführung von raumluftunabhängigen Feuerstätten entspricht im Neubau bereits seit Jahren dem Stand der Technik. Bestehende Gebäude mit raumluftabhängigen Feuerstätten sollten so umgerüstet werden, dass auch hier eine raumluftunabhängige Luftzufuhr erfolgt. Darüber hinaus sind Schächte und Schornsteine im untersten Geschoss entweder so dicht wie möglich auszuführen oder ebenfalls um eine Außenluftzufuhr zu ergänzen. (s. Abb. 18)

Eine weitere Möglichkeit besteht in der Anordnung von ausreichend dimensionierten Nachströmöffnungen mit Siphon.

Abluftanlagen

Unkontrollierte Abluftanlagen, wie sie z. B. in Küchen und Bädern Anwendung finden, können auf Umluft umgerüstet oder ggf. außer Betrieb genommen und anschließend dicht verschlossen werden. Ist dies nicht oder nur schwer realisierbar, sind entsprechend dimensionierte Nachströmöffnungen zu schaffen

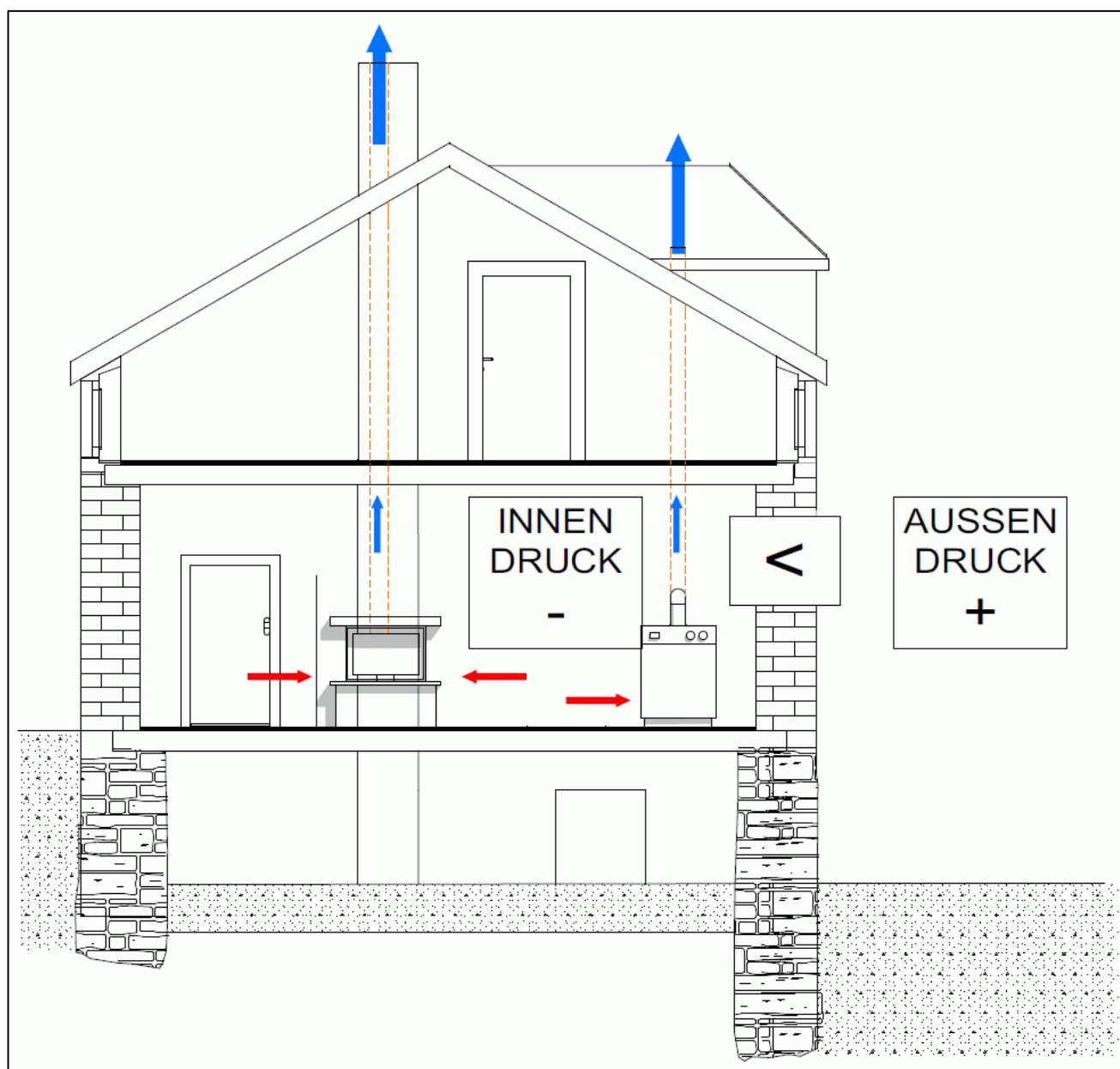


Abb. 17: Unterdruck durch raumluftabhängige Feuerstätten

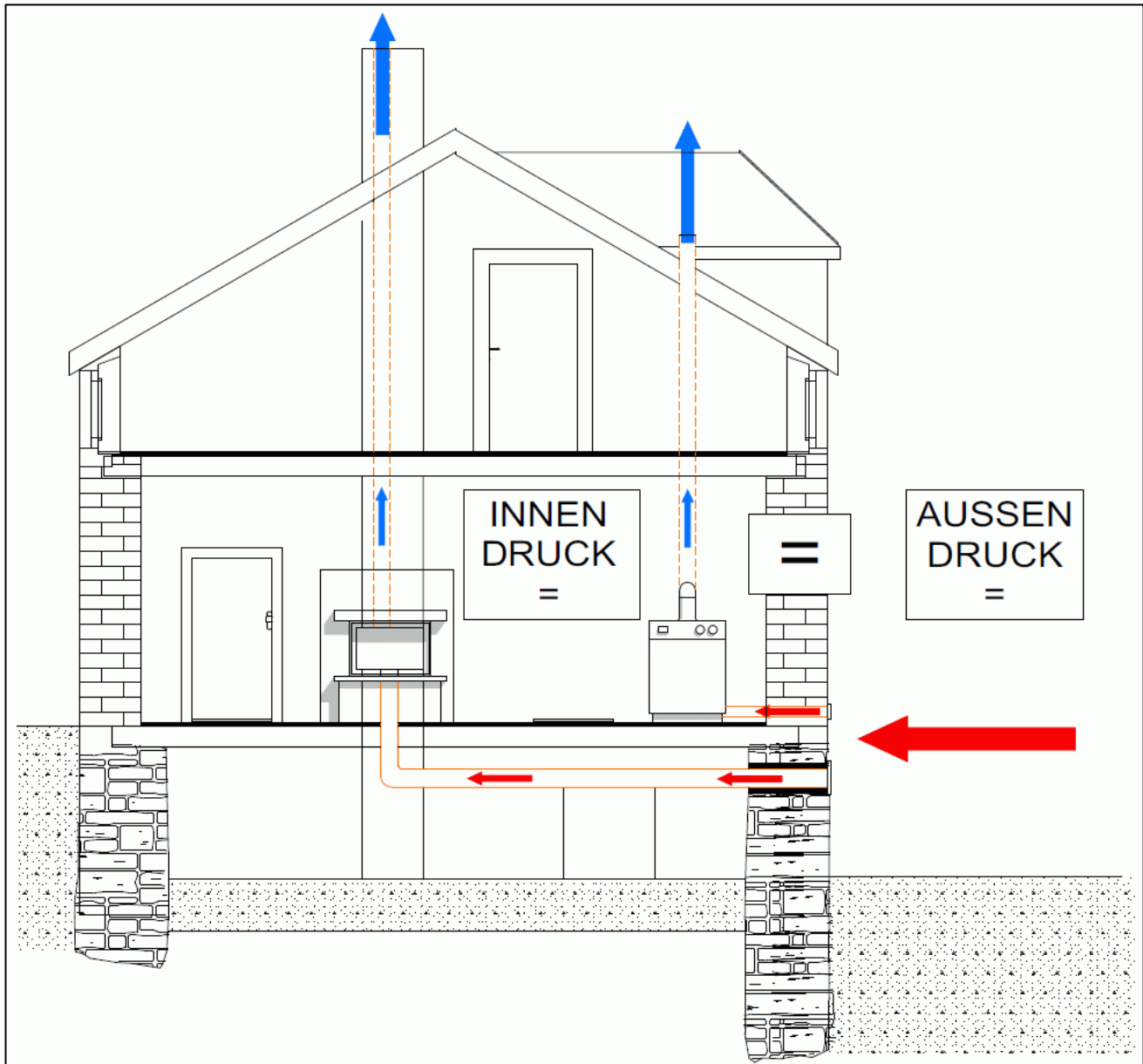


Abb. 18: Gleichdruck durch raumluftunabhängige Feuerstätten

6.3 Abdichtung bei einer Radonsanierung

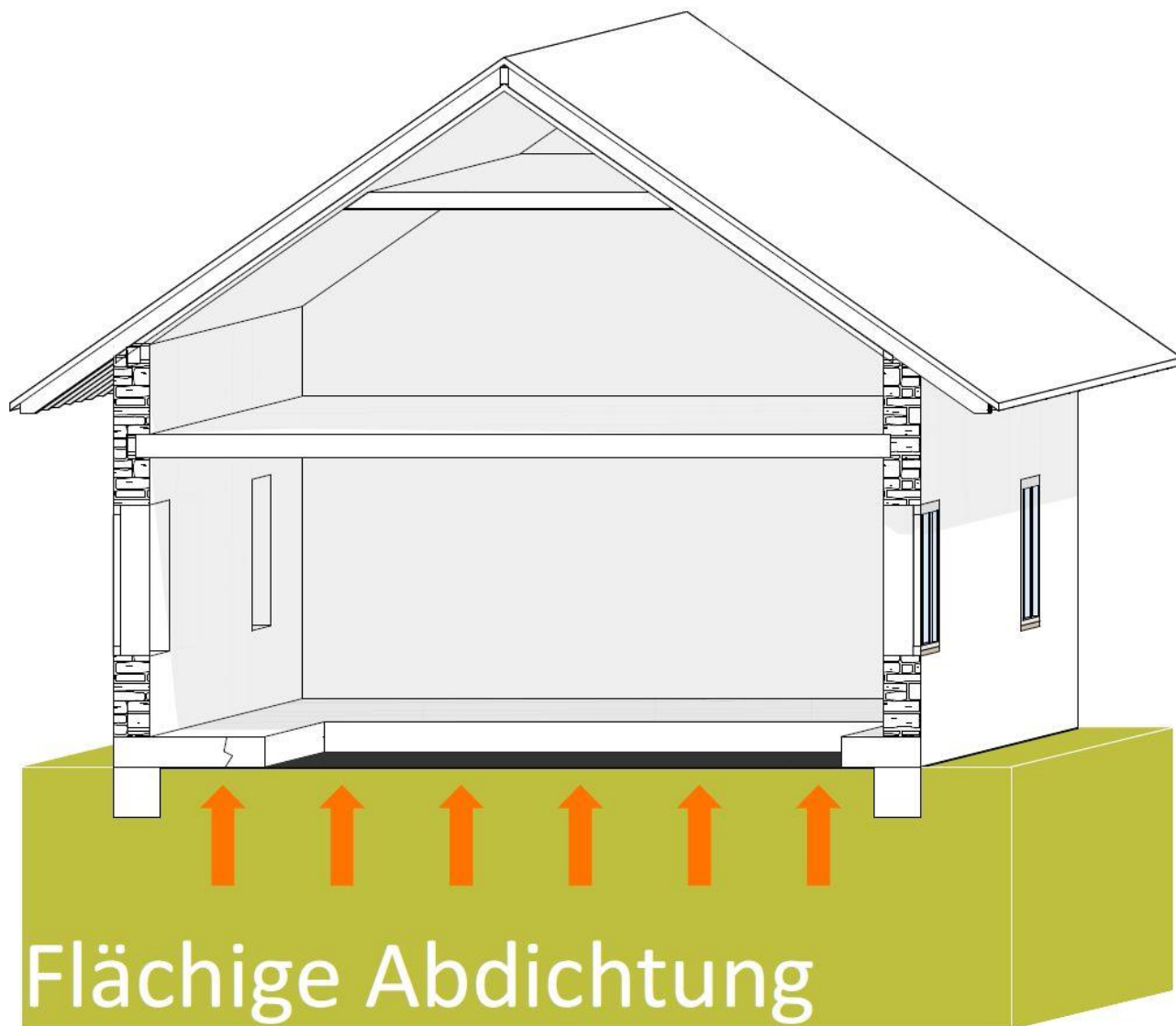
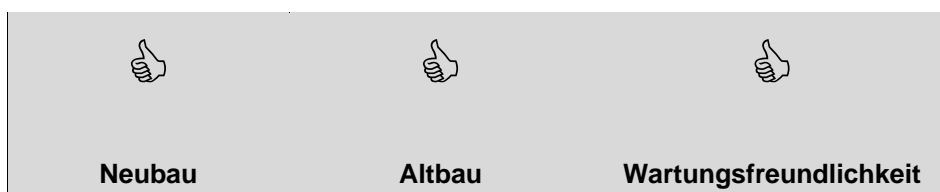


Abb. 19: Schematische Darstellung flächige Abdichtung

Abdichtungsmaßnahmen sind passive Schutzmaßnahmen. Der Umfang reicht von einfachen (kostengünstigen) partiellen Abdichtungen bis hin zu komplexen, flächigen Abdichtungssystemen. Die Erfahrung zeigt, dass im Rahmen von Sanierungen Abdichtungsmaßnahmen zumeist nur in Kombination mit anderen Schutzmaßnahmen zum gewünschten Erfolg führen.

6.3.1 Raumentrennung



Zwischen Bereichen mit erhöhter Radonkonzentration und den übrigen Gebäudeteilen kann die Luftzirkulation durch das Abdichten bzw. Verschließen von Türöffnungen, Fenstern, Schächten und weiteren Bauteilöffnungen reduziert werden, z. B. durch:

- Nachrüstungen bzw. Erneuern von Tür- und Fensterdichtungen
- Einbau gasdichter Bauteile (z. B. Bauteildurchführungen, Türsysteme)
- Selbstschließende Türsysteme
- Einbau einer gasdichten Trennwand (Abb. 20)
- Gasdichte Medienführung im Gebäude

Die mit diesen Maßnahmen erreichte Reduzierung der Radonkonzentration in den genutzten Räumen geht in aller Regel mit einer Erhöhung der Radonkonzentration in den abgegrenzten Gebäudebereichen einher.

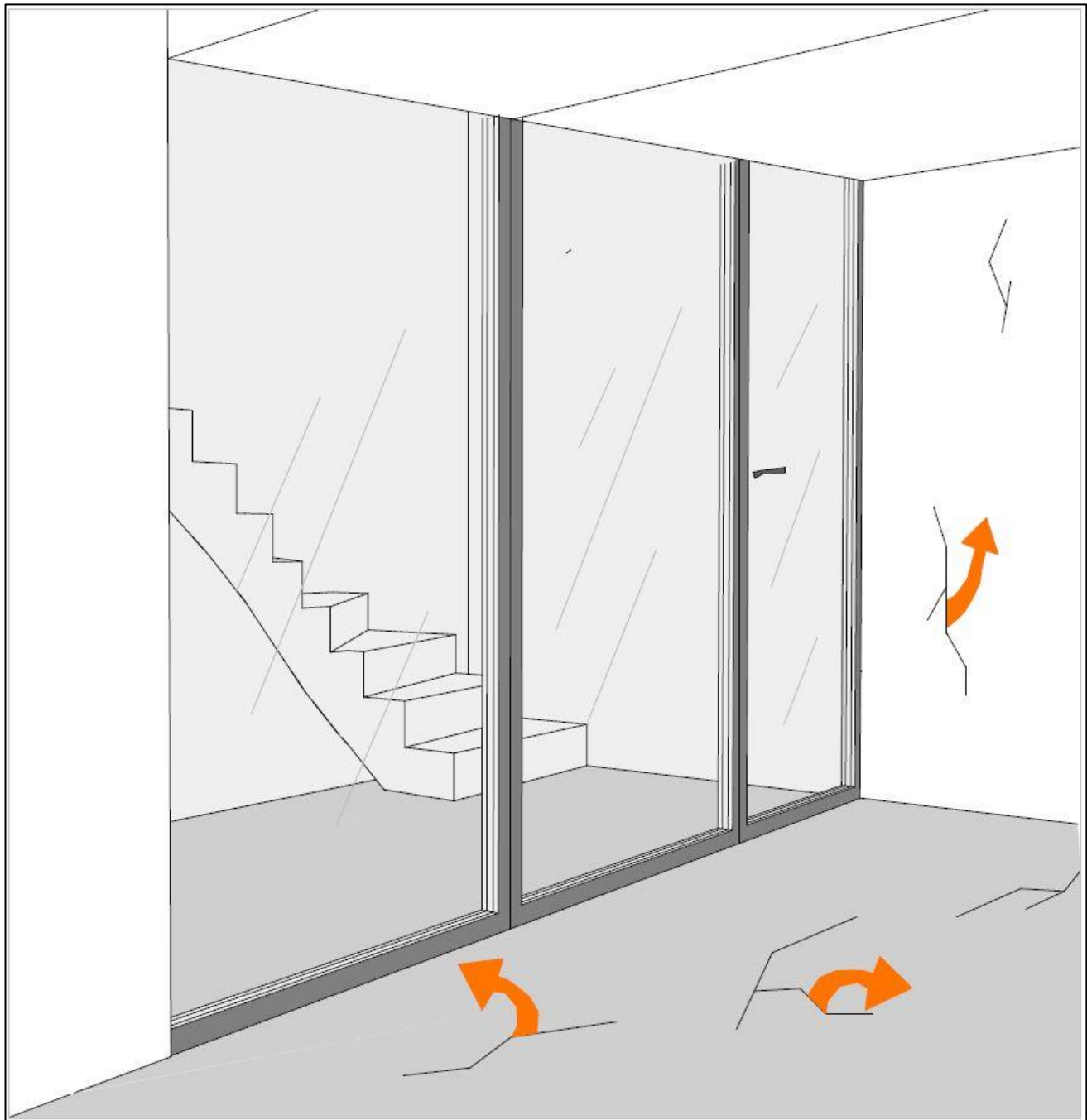


Abb. 20: Raumtrennung mit Hilfe einer gasdichten Trennwand

Auf der folgenden Seite sind einige beispielhafte Falldarstellungen abgebildet.

Abdichtung Kellerzugang

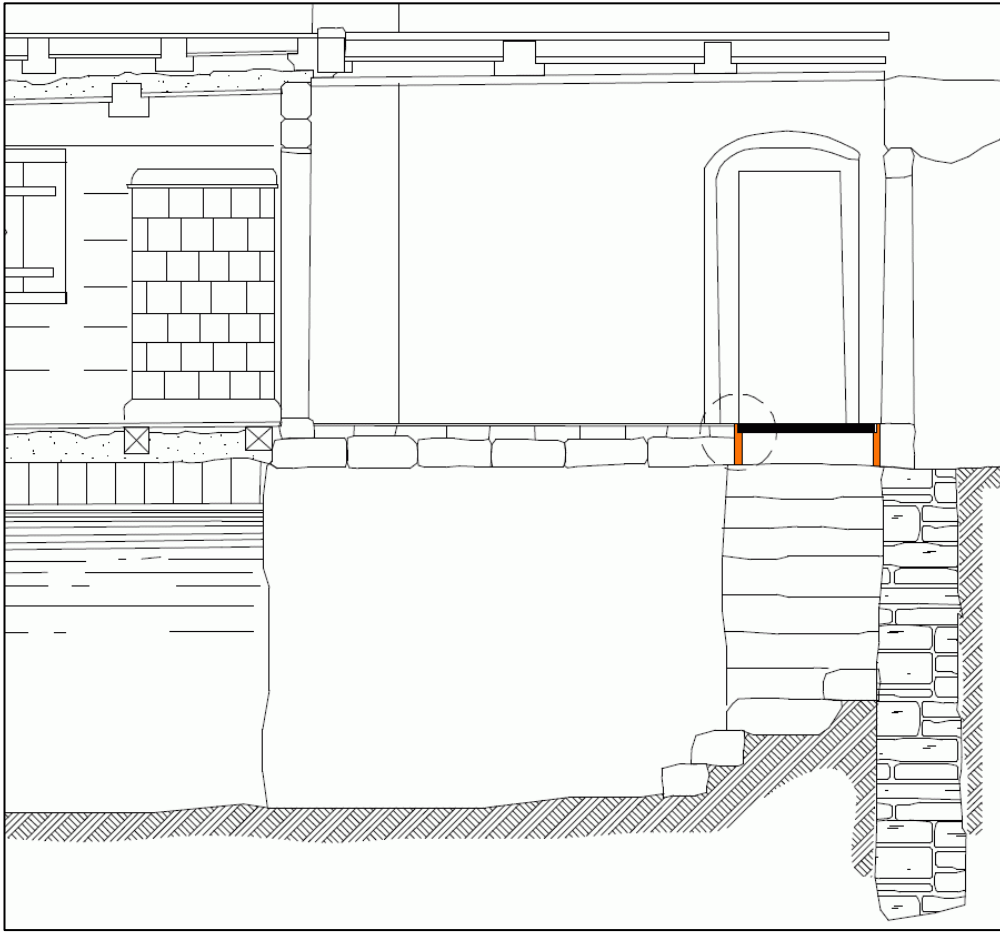


Abb. 21: Schnitt Kelleraufgang, Abdichtung Kellerluke

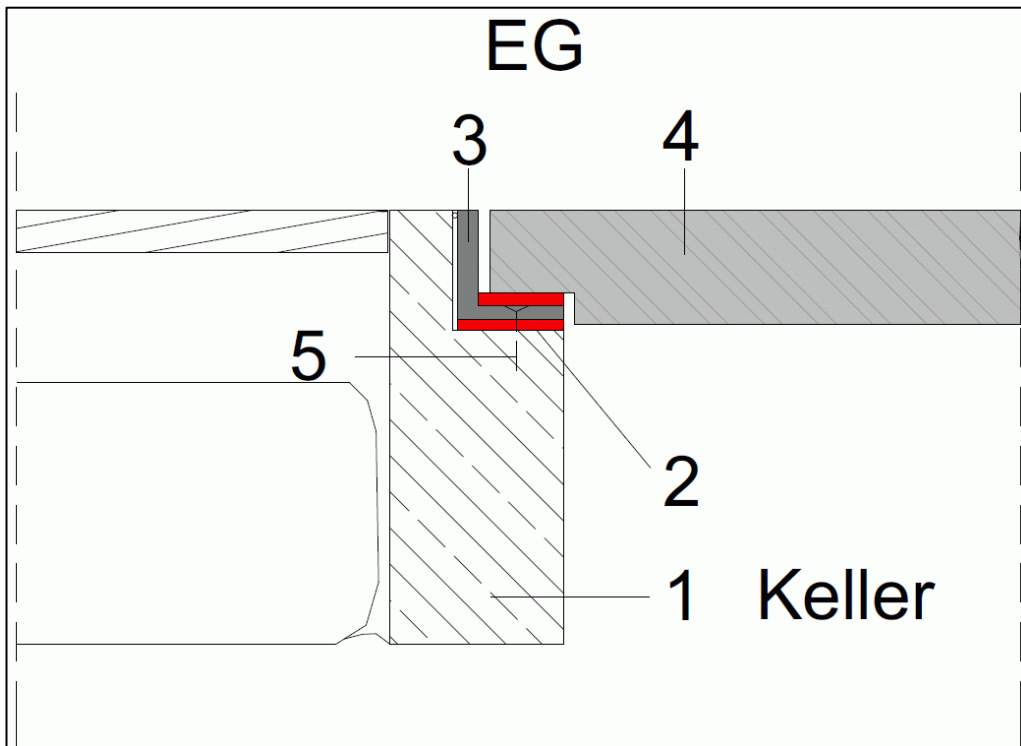


Abb. 22: Schnitt Kellerluke

1_Anschlagrahmen 2_umlaufende EPDM-Dichtung 3_Stahlrahmen 4_gasdicht schließende Luke
5_Rahmenbefestigung

Abdichtung durch Raumentrennung

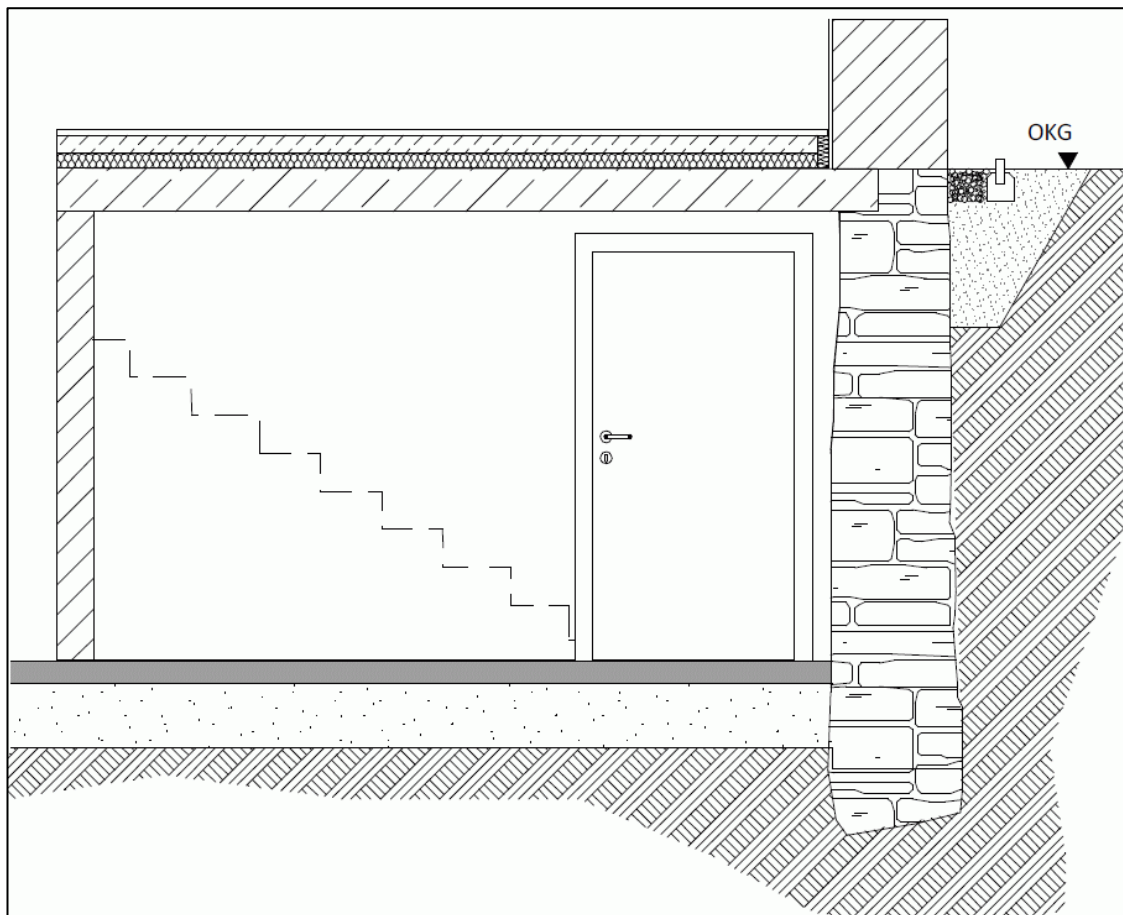


Abb. 23: Ansicht Kelleraufgang

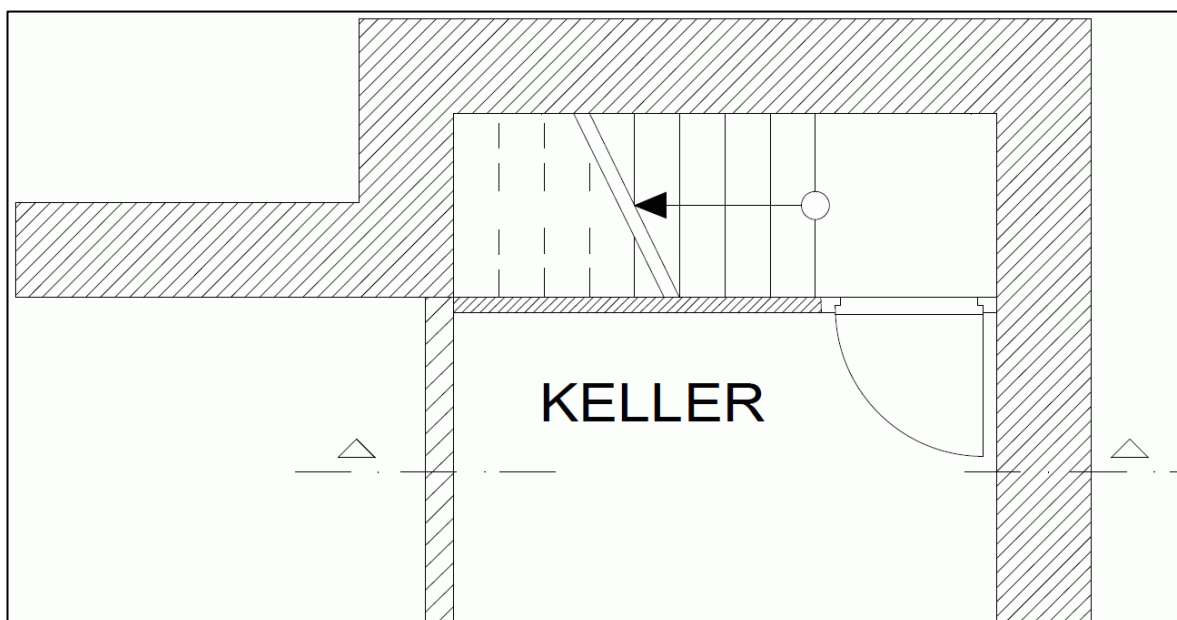


Abb. 24: Grundriss Kelleraufgang

6.3.2 Partielle Abdichtungen

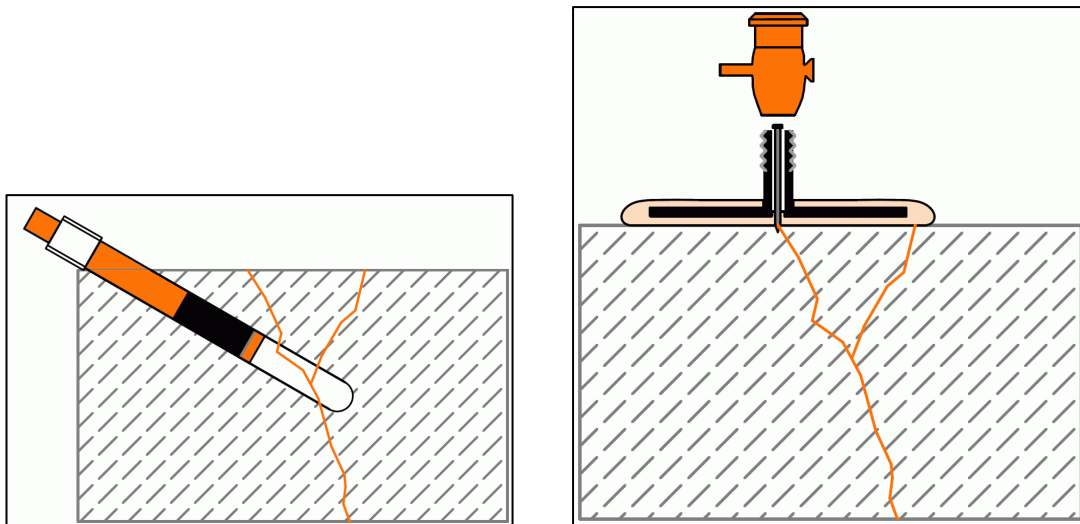
Sie sind in Bestandsgebäuden in den meisten Fällen Voraussetzung oder Ergänzung für weitere Radonschutzmaßnahmen. Dazu zählen das Verschließen von Rissen durch verschiedene Injektionsverfahren (siehe Abb. 25) und das nachträgliche Einbringen einer Horizontalabdichtung.

Ziel ist die Verringerung des konvektiven Lufttransportes zwischen zwei getrennten Bereichen. Durch diese Maßnahme wird die Effektivität von Radonschutzmaßnahmen, deren Funktionsweise auf Differenzdruck basieren (z. B. Radonbrunnen/Radondrainage), erhöht.

Das Verschließen von Rissen erfolgt durch Tränkung (Füllen von Rissen ohne Druck) oder Injektion (Füllen von Rissen unter Druck) mit verschiedenen Füllstoffen. In Abhängigkeit der gewählten Technologie und Beanspruchung, eignen sich dafür Polyurethan, Epoxidharz, Zementleim und Zementsuspension.

Im Hinblick auf den Radonschutz hat das Injektionsverfahren mit Polyurethan eine übergeordnete Bedeutung, da Risse, deren Breite sich ändert, nur mit Polyurethan (PUR) dauerhaft abgedichtet werden können. [16]

Die Planung und Ausführung dieser technologisch und baukonstruktiv anspruchsvollen Abdichtungsmaßnahmen, erfordert die Beauftragung von Fachfirmen.



BOHRPACKER, Injektion

KLEBERPACKER, Injektion

Abb. 25: Injektionsverfahren

6.3.3 Bauteildurchführung

Die gas- und wasserdichte Ausführung von Bauteildurchführungen ist im Sinne des Radonschutzes von größter Bedeutung und bedarf einer exakten Planung und Bauausführung.

Zur Abdichtung von Hausanschlüssen und sonstigen Bauteildurchführungen existiert eine Vielzahl von Produktlösungen. So steht für nahezu jeden Anwendungsfall eine passende Abdichtungslösung zur Verfügung. Individuelle Lösungen für Bestandsbauten sind bei den jeweiligen Herstellern abzufragen.

Im Folgenden werden die Abdichtungssysteme beschrieben, die als radonsicher gelten.

Ringraumdichtung

Die Ringraumdichtung besteht aus zwei, mit Schrauben verbundenen, Stahlflanschen und einem innen liegenden EPDM Gummielement. Nach Anziehen der Schrauben mit einem definierten Drehmoment, wird das Gummielement gleichermaßen gegen Bauteil und durchgeführtes Medium gepresst und somit abgedichtet. (siehe Abb. 26)

Für Objekte mit einer umfangreichen Leitungsführung sind Ringraumdichtungen auch als Mehrspartendurchführungen erhältlich. Auf diese Weise können alle wesentlichen Medien wie Gas, Wasser, Strom und Telekommunikation in einer Bauteildurchführung verlegt werden.

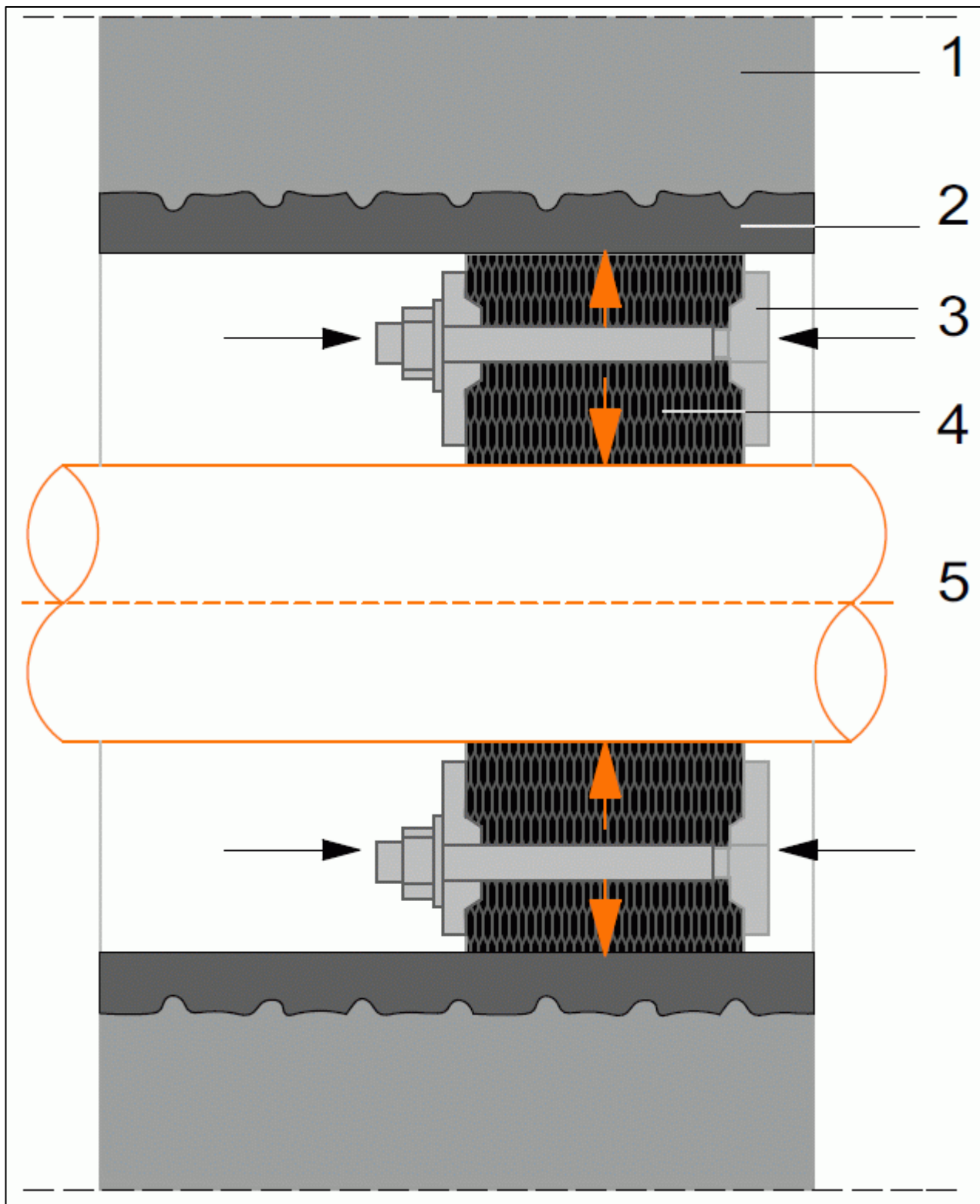


Abb. 26: Funktionsprinzip einer Ringraumdichtung

1_Bauteil 2_Hüllrohr 3_Verschraubung 4_EPDM-Dichtung 5_Medienrohr

Fest-Los-Flansch Konstruktion

Abbildung 27 zeigt ein Faserzement-Futterrohr mit Fest-Los-Flansch. Diese Lösung erfüllt gem. DIN 18533 die Anforderungen der Klasse W2-E (drückendes Wasser). Durch diese zweiteilige Konstruktion lässt sich eine gas- und druckwasserdichte Mediendurchführung in Wänden und Decken herstellen. Dies geschieht durch das Einbinden der flächigen Abdichtung im Flansch. Dadurch entsteht eine vollständige Abdichtung zwischen Bauteil und Futterrohr. Abschließend werden durchgeführte Medien mit einer Ringraumdichtung abgedichtet.

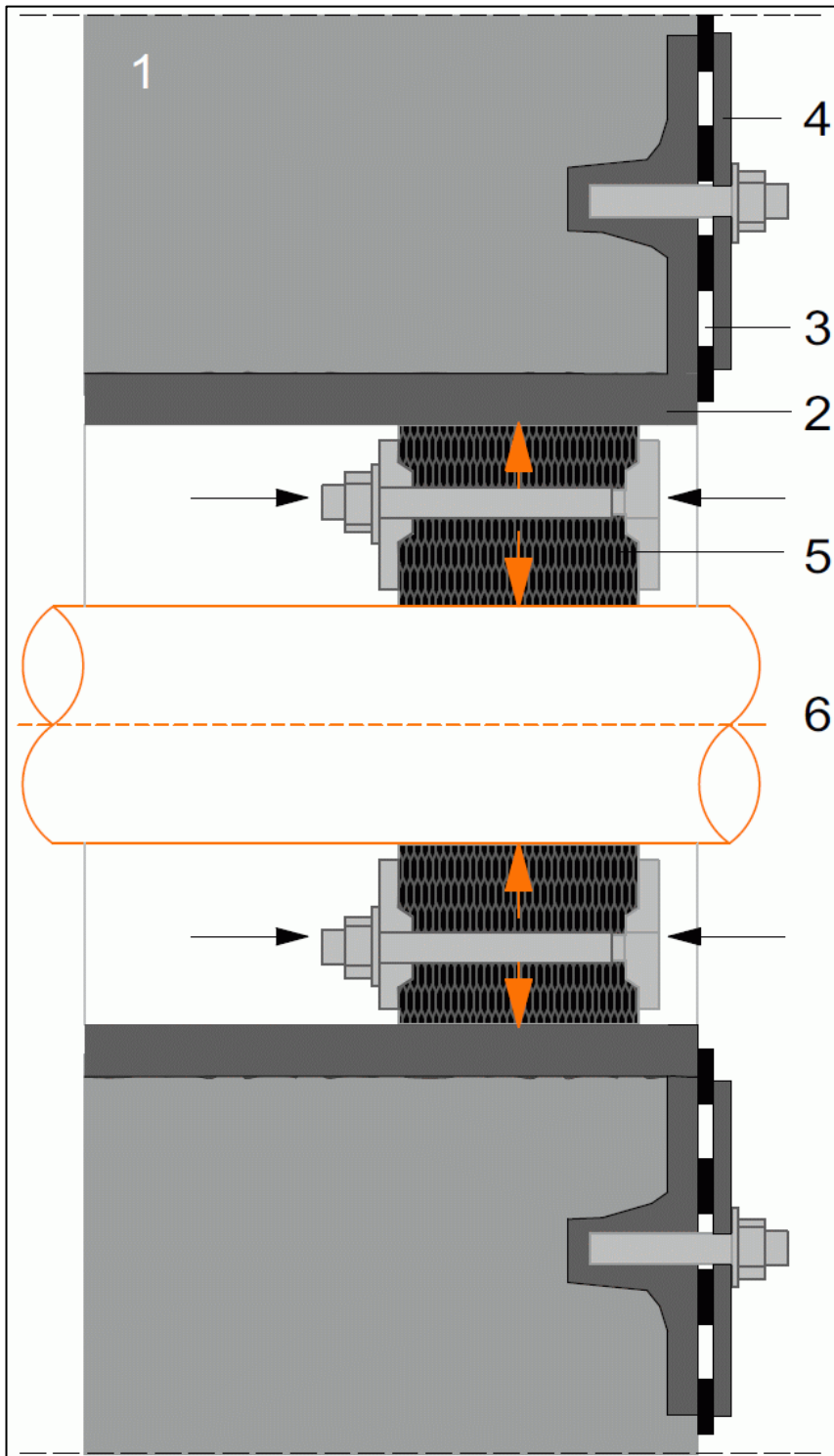


Abb. 27: Funktionsprinzip einer Ringraumdichtung in Kombination mit Fest-Los-Flansch

1_Bauteil 2_Hüllrohr mit Festflansch 3_Abdichtung (z. B. nach DIN 18195) 4_Losflansch, verschraubt
5_Ringraumdichtung 6_Medienrohr

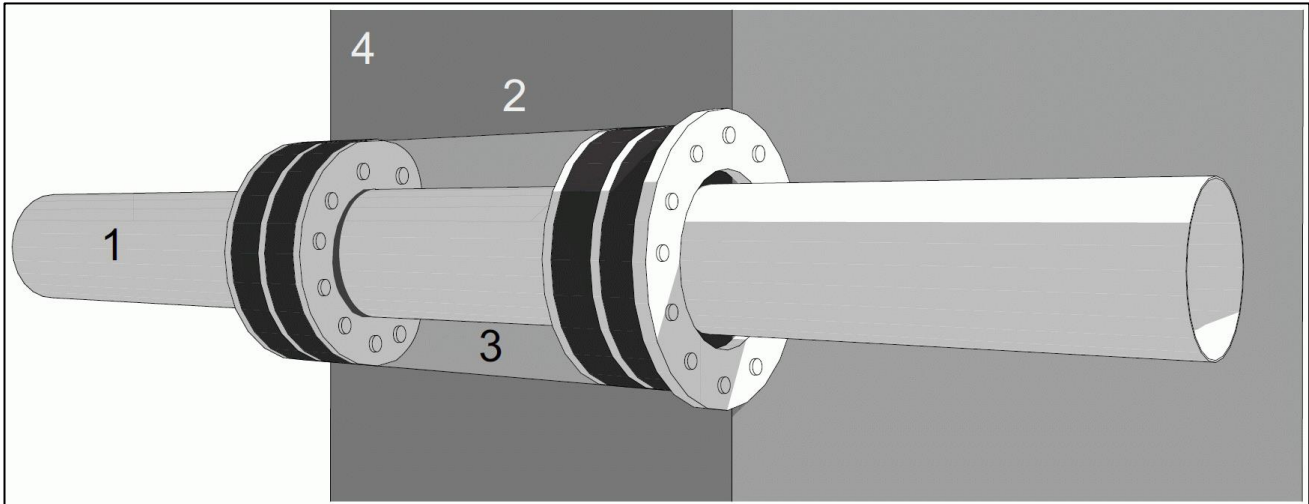


Abb. 28: Anordnung einer Ringraumdichtung

1_Medienrohr mit Ringraumdichtung 2_Kernbohrung 3_Hüllrohr 4_Bauteil

EPDM Manschetten

Eine weitere Möglichkeit besteht in der Verwendung von EPDM Manschetten. Diese werden über das durchzuführende Medienrohr gezogen, mit einer Rohrschelle gesichert und anschließend mit der umliegenden Abdichtung verklebt bzw. verschweißt.

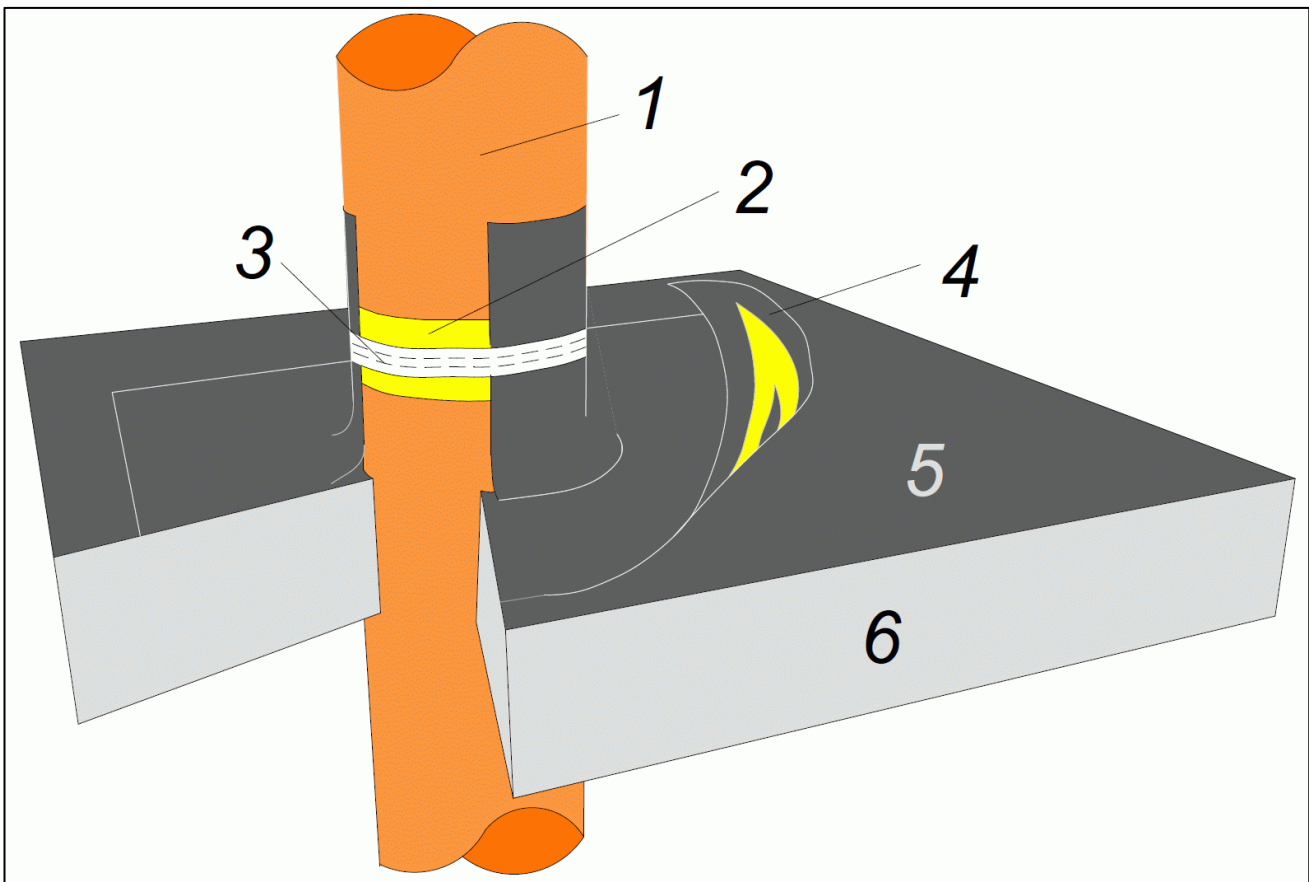


Abb. 29: EPDM Manschette

1_Medienrohr 2_Butylklebestreifen 3_Rohrschelle 4_Manschette 5_Abdichtung (z. B. nach DIN 18533) 6_Bauteil

EPDM-Dichtring

Für das Abdichten in Ortbetonbauteilen, insbesondere bei WU-Betonkonstruktionen, können spezielle Rohrverbinder mit einem integrierten EPDM Dichtring Verwendung finden.

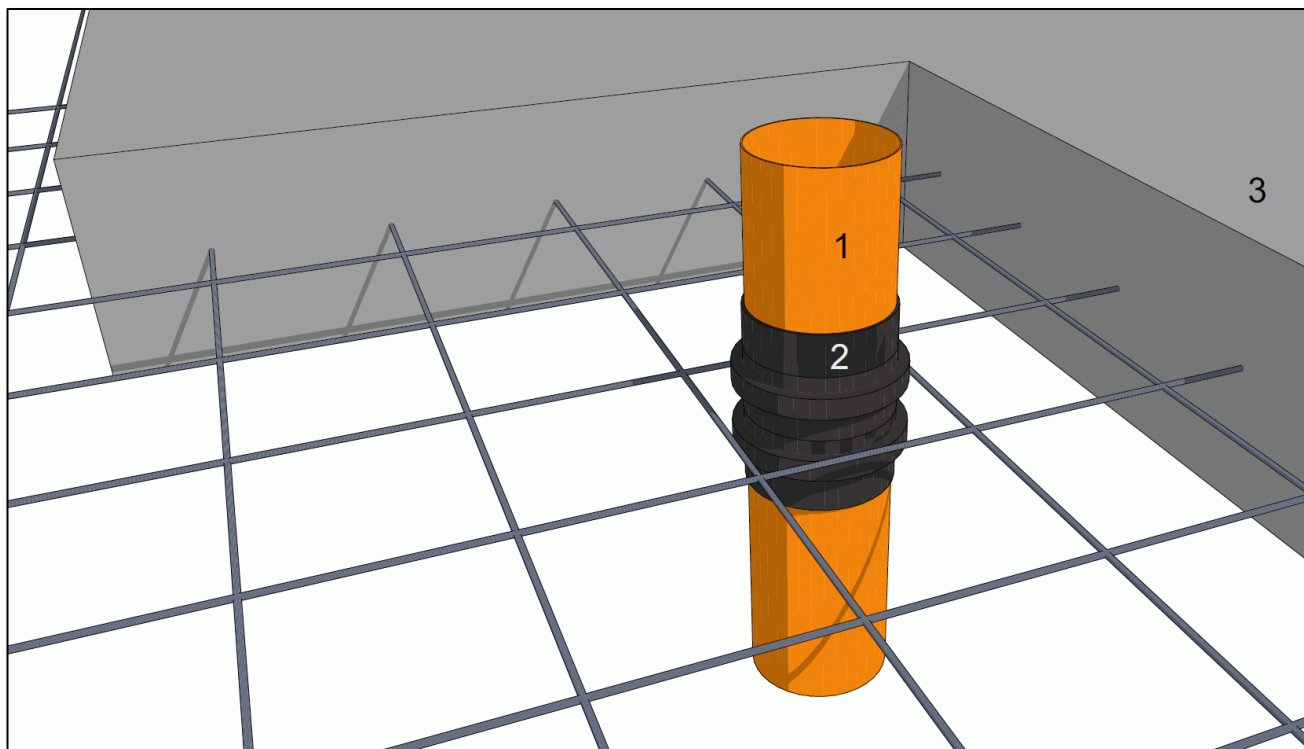


Abb. 30: EPDM Dichtring

1_Medienrohr 2_EPDM-Dichtring 3_Bauteil

Bauteildurchführung Kelleraußenwand, Mauerwerk

Die Lösung nach Abb. 31 wird in den folgenden Arbeitsschritten realisiert:

- (1) Durchführen einer Kernbohrung mit entsprechendem Außendurchmesser des Futterrohrs
- (2) Einsatz des kombinierten Hüllrohrs mit Fest-Los-Flansch Konstruktion
- (3) In Abhängigkeit der gewählten Abdichtung sind u. U. Flanschzulagen nötig (Herstellerangaben beachten)
- (4) Abdichtung zwischen Medienrohr und Hüllrohr erfolgt durch Einsatz einer Ringraumdichtung
- (5) Anzug mit definiertem Drehmoment (Herstellerangaben beachten)

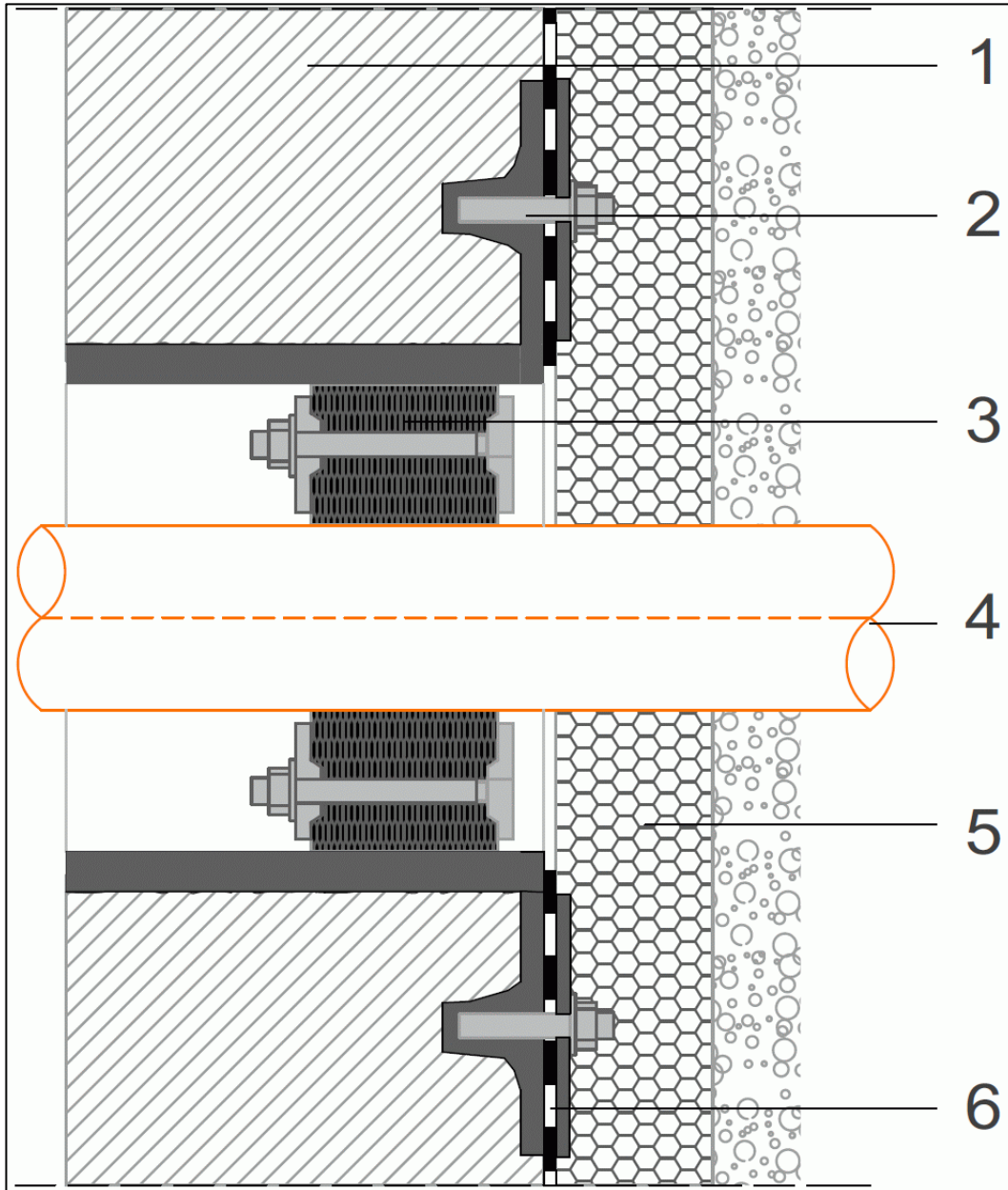


Abb. 31: Schnitt durch Fest-Los-Flansch mit Ringraumdichtung

1_Bauteil 2_Fest-Los-Flansch 3_Ringraumdichtung 4_Medienrohr 5_Perimeterdämmung
6_Abdichtung (z. B. nach DIN 18533)

Bauteildurchführung Kelleraußenwand, WU-Beton

Die Lösung nach Abb. 32 wird in den folgenden Arbeitsschritten realisiert:

- (1) Hüllrohr aus Faserzement wird einbetoniert bzw. eingemauert
- (2) Abdichtung zwischen Medienrohr und Hüllrohr erfolgt durch Einsatz einer Ringraumdichtung
- (3) Anzug mit definiertem Drehmoment (Herstellerangaben beachten)

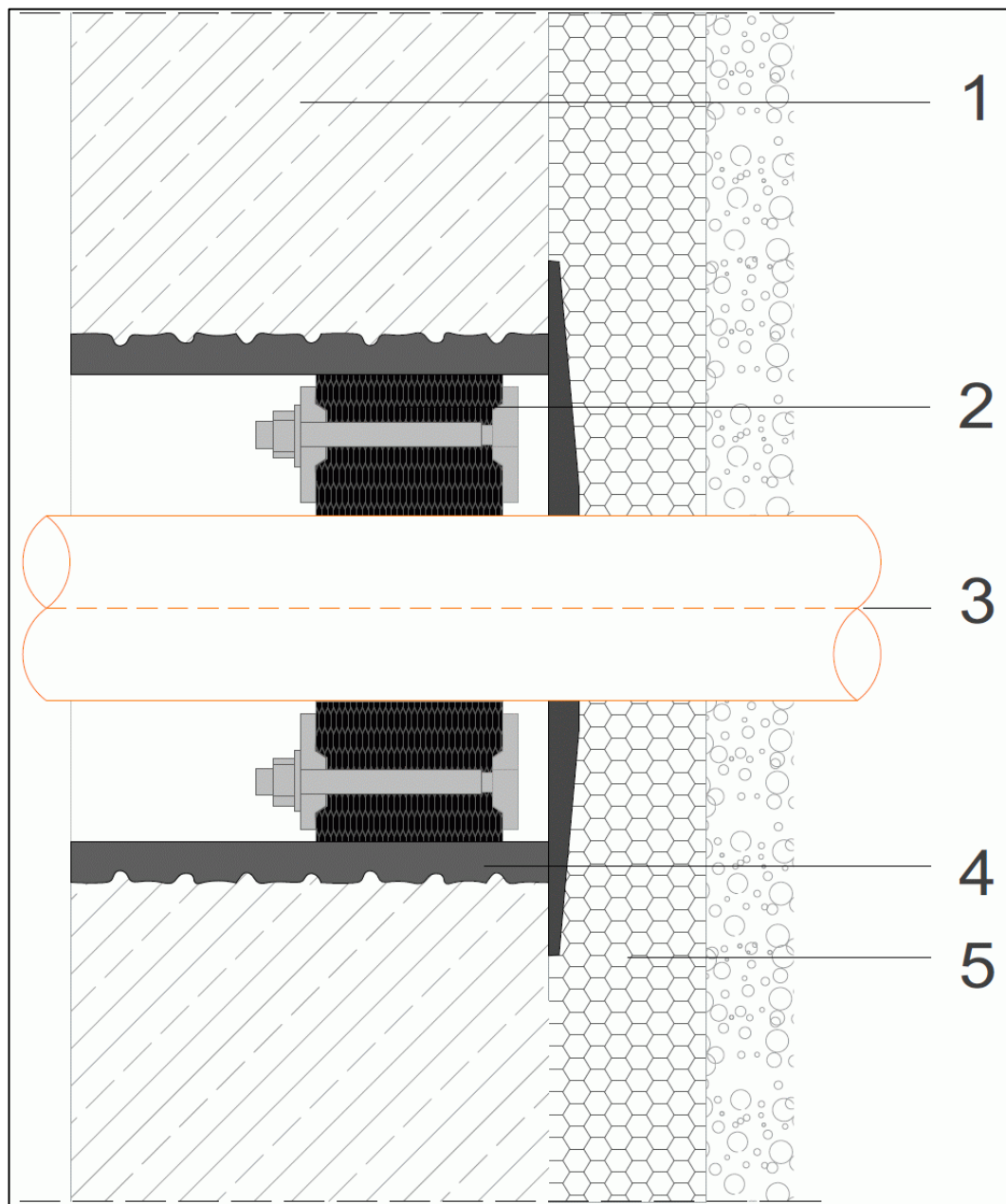


Abb. 32: Schnitt durch Futterrohr mit Ringraumdichtung

1_WU-Stahlbeton 2_Ringraumdichtung 3_Medienrohr 4_Hüllrohr aus Faserzement 5_Perimeterdämmung

Bauteildurchführung Bodenplatte, Stahlbeton

- (1) Hüllrohr aus Faserzement wird einbetoniert
- (2) Der Anschluss zwischen Manschette und Abdichtung erfolgt durch kleben (Butylklebeband) oder schweißen

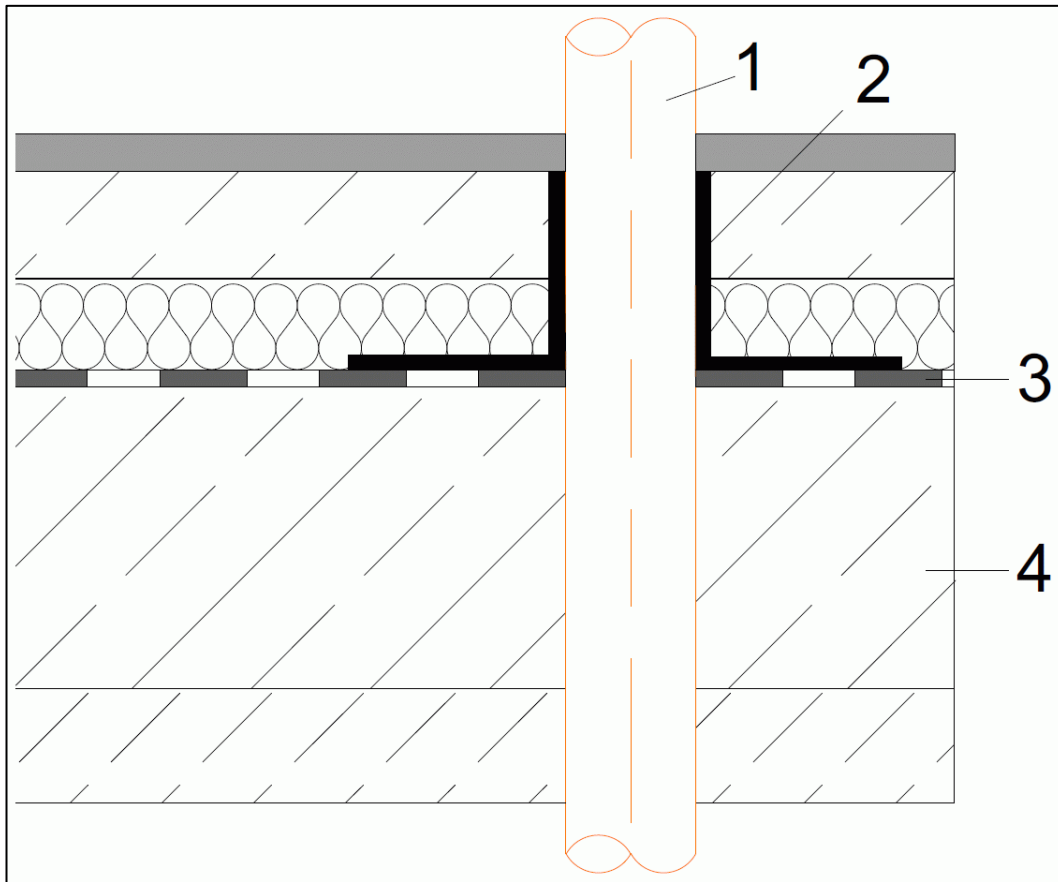


Abb. 33: Abdichtung Medienrohr mit EPDM-Manschette

1_Medienrohr 2_EPDM-Manschette 3_Abdichtung aus EPDM 4_Stahlbeton Bodenplatte

Mehrsparten-Bauteildurchführungen Bodenplatte, WU-Beton

- (1) Hüllrohr aus Faserzement wird einbetoniert
- (2) Abdichtung zwischen Medienrohr und Hüllrohr erfolgt durch Einsatz einer Ringraumdichtung
- (3) Anzug mit definiertem Drehmoment (Herstellerangaben beachten)

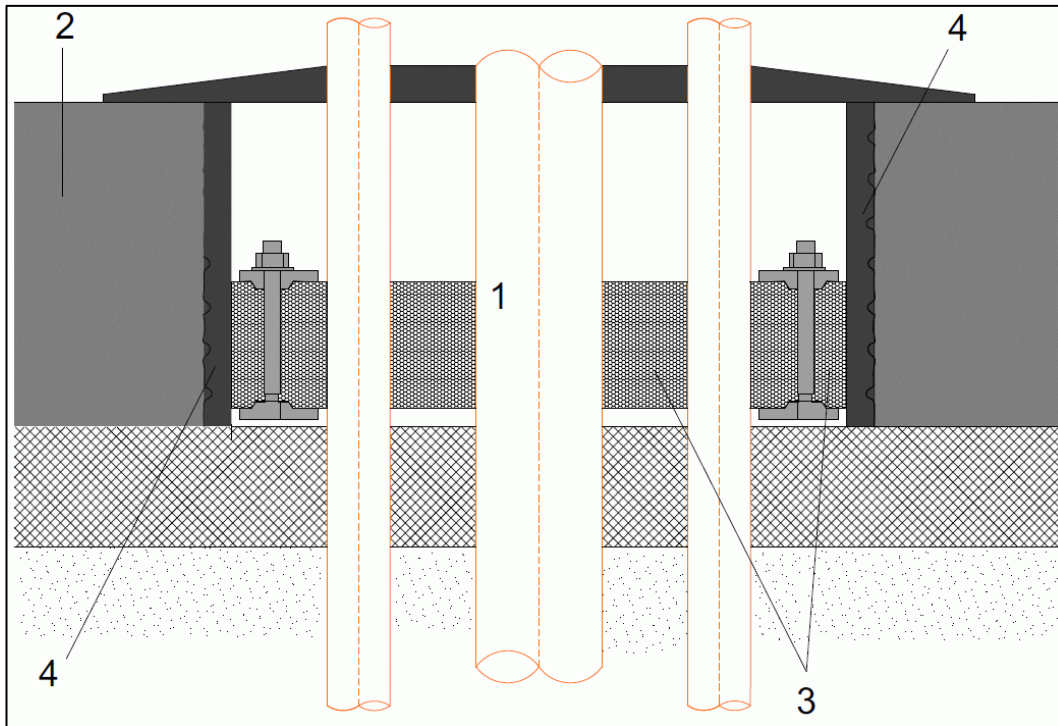


Abb.34: Schnitt durch Mehrsparten Bauteildurchführung in WU-Beton

1_Medienrohr 2_Bodenplatte (WU-Beton) 3_Ringraumdichtung 4_Hüllrohr aus Faserzement

6.4 Flächige Abdichtungen

Flächige Abdichtungen sind vollflächig aufgebrachte Bauteilabdichtungen. Diese sind zum Teil auf ihre Radondichtheit geprüft und anerkannt. Einen großen Marktanteil besitzen verstärkte PE Folien (PEHD). Eine weitere weit verbreitete Gruppe von flächigen Abdichtungen bilden mehrlagig aufgebrachte Beschichtungen. Auch aus dieser Gruppe liegen zum Teil Prüfungen auf Radondichtheit vor.

Eine weitere Möglichkeit besteht in der Verwendung von vollflächig verklebten Schaumglasplatten. Diese bieten eine Kombination aus Radonsperre und Wärmedämmung. Die mögliche Verwendung von Gussasphalt sei hiermit auch erwähnt.

Wahl der Abdichtung hinsichtlich des Radonschutzes

- Abdichtung auf Basis von Bitumen, Kunststoff, Schaumglas oder kombinierte Ausführung
- Radonfolien oder vergleichbare Abdichtungsmaterialien

Untergrund für Abdichtungsmaßnahmen

- Ebene Fläche, z. B. glatte Sauberkeitsschicht frei von Schadkörpern
- Vermeidung von Dehnungsbeanspruchung, z. B. durch Schadstellen im Untergrund

Ausführung von Stößen/Überlappungen

- Einhaltung der Überdeckungsbreiten
- Verkleben/Verschweißen der Bahnenübergänge und Anschlüsse, Beachtung der Herstellerangaben
- individuell vorgefertigte Formteile können im Bereich von Richtungsänderungen und Bauteilübergängen eingefügt werden

Schutzschicht nach erfolgter Abdichtung

- Oberfläche muss frei von Schadkörpern sein
- Vermeidung von Falten in der Abdichtung
- Aufbringen einer Schutzschicht (z. B. Noppenbahn oder Wärmedämmung)

Obwohl in den meisten Fällen eine korrekt ausgeführte flächige Abdichtung ausreichenden Radonschutz bietet, sollte aus Gründen der Redundanz sowie fehlender Möglichkeit von Wartungsarbeiten, über eine Kombination von verschiedenen Schutzmaßnahmen nachgedacht werden. So hat sich in einigen Ländern Europas die Kombination von Abdichtungsmaßnahmen und einer Radonabsaugung als Standardlösung durchgesetzt. Für Deutschland wird diese Lösung ebenfalls von einigen Fachleuten empfohlen. Auf Grund der dadurch entstehenden höheren Baukosten (s. Abschnitt 9) ist diese zusätzliche bauliche Maßnahme aber umstritten.

Wichtig!

Radonfolien und Schaumglas sind nicht zwangsläufig zugelassen für ggf. erforderliche Abdichtungen nach den gültigen Abdichtungsnormen. Im Einzelfall ist durch Absprache mit dem Hersteller zu klären, ob ein Produkt die erforderliche Zulassung besitzt und inwieweit weitere Abdichtungen gegen Feuchtigkeit erforderlich sind.

Anwendbarkeit in Bestandsgebäuden

Das Herstellen einer vollflächigen sowie gasdichten Abdichtung gegenüber dem Erdreich ist in Bestandsgebäuden vergleichsweise schwer umsetzbar. In Abhängigkeit der baulichen und konstruktiven Gegebenheiten gibt es eine Vielzahl an Unsicherheiten. Besonders kritisch zu betrachten sind dabei gasdichte Anschlüsse der Abdichtung im Übergang von horizontalen zu vertikalen Bauteilen (z. B. Fußpunkt Kellerwand) sowie das Abdichten von Bauteildurchführungen und Wandaufbauten. Aus diesem Grund sollten für Bestandsgebäude andere bzw. kombinierte Radonschutzmaßnahmen zur Anwendung kommen.

6.4.1 Normgerechte Abdichtung und Radonschutz

		
Neubau	Altbau	Wartungsfreundlichkeit

Achtung!

Seit Frühjahr 2017 gilt für die Abdichtung erdberührter Bauteile die neue DIN 18533: Erdberührte Bauteile, Abdichtung in und unter Wasser“

Eine weitere für die Abdichtung der erdberührten Gebäudehülle wichtige Norm (DIN 18536: „Nachträgliche Abdichtung erdberührter Bauteile) liegt noch nicht vor. Aktuell gibt es für deren Erscheinen noch keinen Termin.

In DIN 18533 werden in Abhängigkeit von den Rissklassen, den Raumnutzungsklassen sowie den Wassereinwirkungsklassen Mindestanforderungen an die Abdichtungslösungen beschrieben. Hinsichtlich des baulichen Radonschutzes sind vor allen Dingen die Anforderungen in Abhängigkeit von den Wassereinwirkungsklassen von Bedeutung. Danach sind für die erdberührte Gebäudehülle die folgenden Klassen eingeführt worden:

- W1-E: Bodenfeuchte und nichtdrückendes Wasser bei Bodenplatten und erdberührten Wänden
- W2-E: drückendes Wasser
- W3-E: nichtdrückendes Wasser auf erdüberschütteten Decken
- W4-E: Spritzwasser und Bodenfeuchte am Wandsockel sowie Kapillarwasser in und unter Wänden

Für die Wassereinwirkungsklasse W1-E wird nicht zwingend eine luft- bzw. gasdichte Ausführung für die Bahnenanschlüsse untereinander sowie für den Anschluss von Mediendurchführungen an die Flächenabdichtung gefordert. Damit sind diese Lösungen nicht per se als radondicht einzuschätzen. Es ist deshalb zwingend erforderlich, dass über die Mindestanforderungen der DIN 18533 hinaus Bahnen untereinander verklebt bzw. verschweißt werden und dass Mediendurchführungen z. B. durch Flansche sicher gasdicht an die Flächenabdichtung angeschlossen werden. Bei Vorliegen der Wassereinwirkungsklasse W2-E kann davon ausgegangen werden, dass bei fehlerfreier Ausführung der Abdichtung die Radondichtheit ohne weitere Maßnahmen gewährleistet ist.

Hinsichtlich der Eignung von Abdichtungssystemen gegen das Eindringen von radonhaltiger Bodenluft muss zwischen konvektiven und diffusiven Strömen unterschieden werden. Diffusive Ströme verlaufen durch die Bauteile. Sie entstehen durch Unterschiede der Radonkonzentration zwischen Boden- und Raumluft. Konvektive Ströme werden durch Luftdruckunterschiede zwischen Erdreich und Raumluft hervorgerufen. Sie entstehen immer dann, wenn Undichtheiten in der Gebäudehülle vorhanden sind. Solche Undichtheiten sind vor allen Dingen im Bereich von Bauteilanschlüssen, Mediendurchführungen oder Rissen in den Bauteilen zu beobachten. Für die Wirksamkeit einer Radonabdichtung spielt die Diffusion nur eine untergeordnete Rolle. Die aus konvektiven Luftströmungen resultierenden Radonkonzentrationen im Gebäude sind zumeist deutlich höher als durch Diffusion verursachte. Konvektive Ströme werden durch eine absolut fehlerfreie Abdichtung in allen Anschlussbereichen verhindert. Hinsichtlich des Radonschutzes ist demnach vor allem auf eine hohe Qualität in allen Anschluss- und Übergangsbereichen zu achten. Diesbezügliche Regelungen stehen für den Radonschutz noch aus. Sie werden z. B. in der künftigen DIN-Norm „Radongeschütztes Bauen“ enthalten sein. Grundsätzlich sollten alle Rohrdurchführungen so geplant und ausgeführt werden, dass sie die Anforderungen an Abdichtungen gegen drückendes Wasser (DIN 18533, Wassereinwirkungsklasse W2-E) erfüllen.

Die folgende Übersicht zeigt eine Zusammenstellung von Abdichtungslösungen, für die die Radondichtheit durch ihr Diffusionsverhalten über einen sogenannten Diffusionskoeffizienten beschrieben wird. Wie oben erläutert, hat die Diffusion aber nur eine untergeordnete Bedeutung hinsichtlich der Radondichtheit, weswegen der Einschätzung nach Tab. 3 nur geringe Relevanz zukommt.

Art	d [mm]	R [mm]	d/R	dicht
Betonplatte, CEM I , w/z 0,4	50	42	1,19	nein
Betonplatte, CEM I , w/z 0,4	150	42	3,57	ja
Betonplatte, CEM II, w/z 0,6	50	171	0,29	nein
Betonplatte, CEM III, w/z 0,5	50	81	0,62	nein
PEHD-Dichtbahnmaterial	0,2	1,84	0,11	nein
Dichtungsbahn, PEHD	1,5	0,20	7,58	ja
PE-Folie	0,6	1,26	0,47	nein
S4G200 Bitumenschweißbahn	4	159	0,03	nein
Mod. Bitumendickbeschichtung	5	-	-	ja
2-komp. Bitumendickbeschichtung	5	0,77	6,49	ja
Kunststoffmod. Bitumendickbes.	4	1,53	2,61	nein
Glasschaumplatten, verklebt	60	-	-	ja
Glasschaumpl. stoßfugenverkl.	60	66,44	0,9	nein
Abdichtband	1,8	6,68	0,27	nein
PVC Rohr	2	-	-	ja

Tab. 3: Diffusionslängen ausgewählter Baustoffe, mit Angabe zur Radondichtheit [17]

Bei hohem geogenen Radonpotential und langer Aufenthaltsdauer in den erdberührten Raumbereichen können zusätzliche Radonschutzmaßnahmen (z. B. zusätzliche Unterbodenabsaugung gem. Abschnitt 6.5) vorgesehen werden.

Abdichtung DIN 18533 Bodenplatte

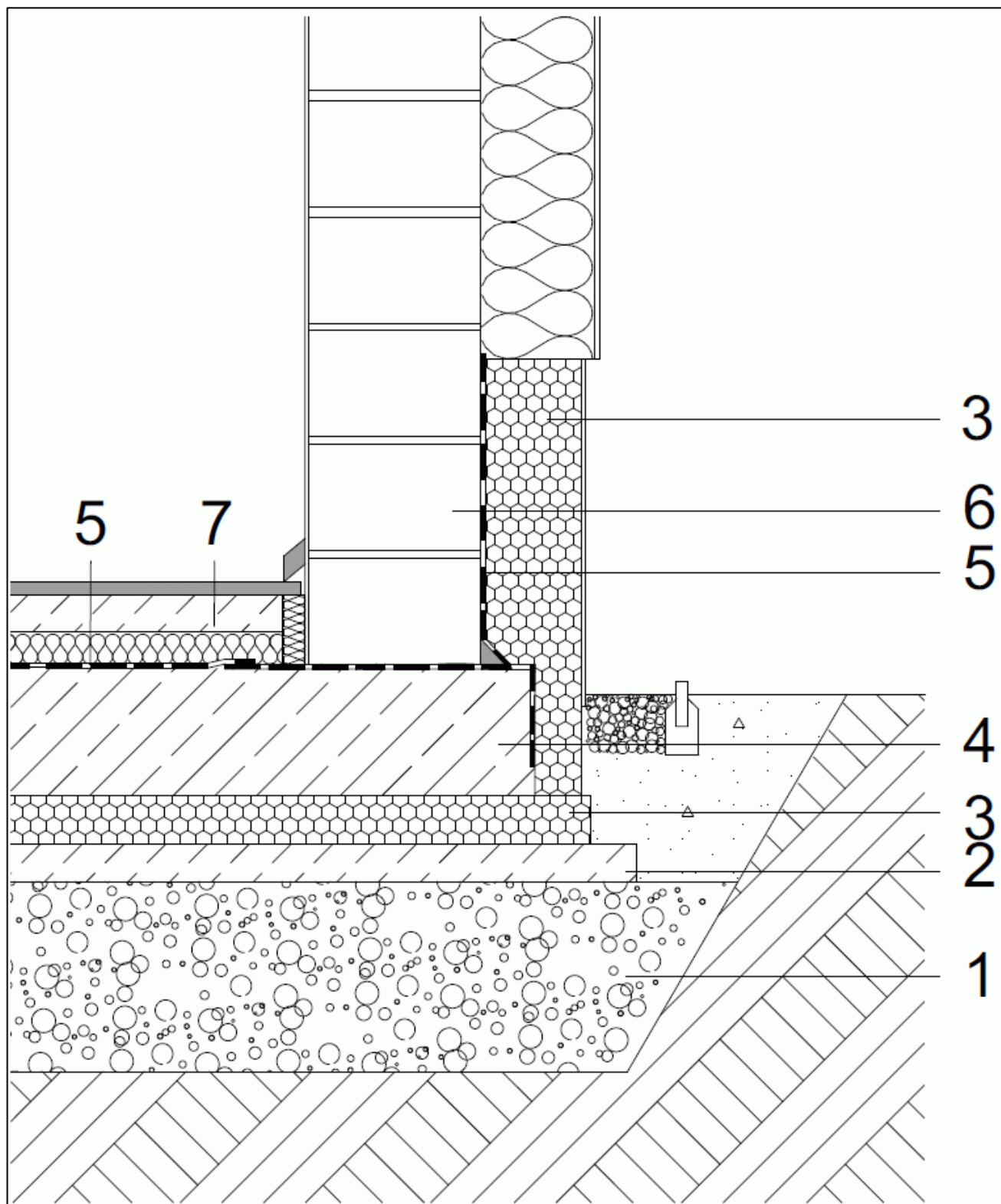


Abb. 35: Anschlussdetail Außenwand / Bodenplatte mit Abdichtung nach DIN 18533

1_Kapillarbrechende Schicht 2_Sauberkeitsschicht 3_Permeterdämmung 4_Stahlbetonbodenplatte 5_Abdichtung nach DIN 18533 6_Außenwand 7_Fußbodenaufbau

Abdichtung DIN 18533, mit Keller

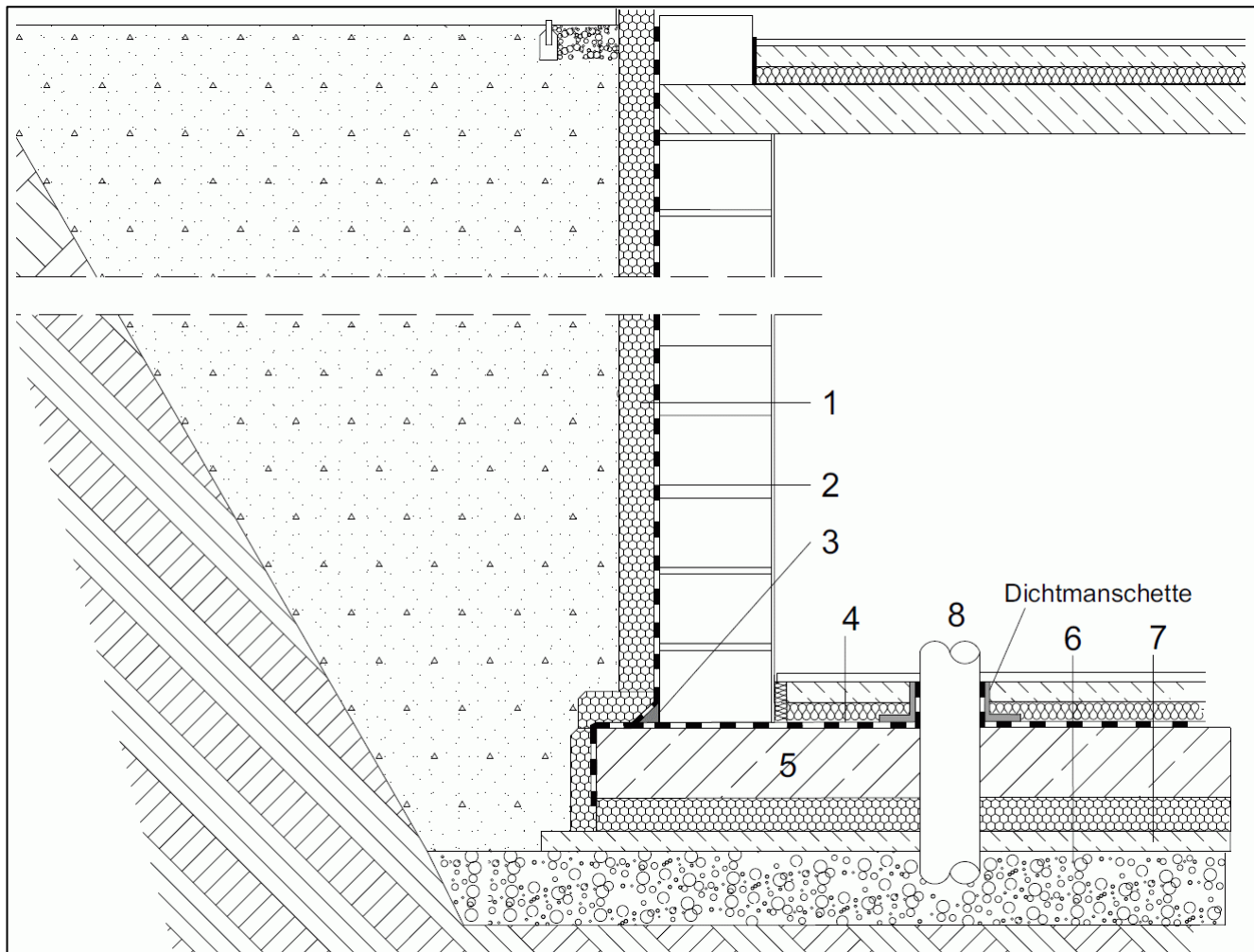


Abb. 36: Abdichtung nach DIN 18533 Kelleraußen

1_Perimeterdämmung 2_Abdichtung nach DIN18533 3_Hohlkehle 4_Abdichtung nach DIN18195 5_Bodenplatte
6_kapillarbrechende Grobkiessschicht z. B. 16/32 7_Sauberkeitsschicht 8_Rohrdurchführung

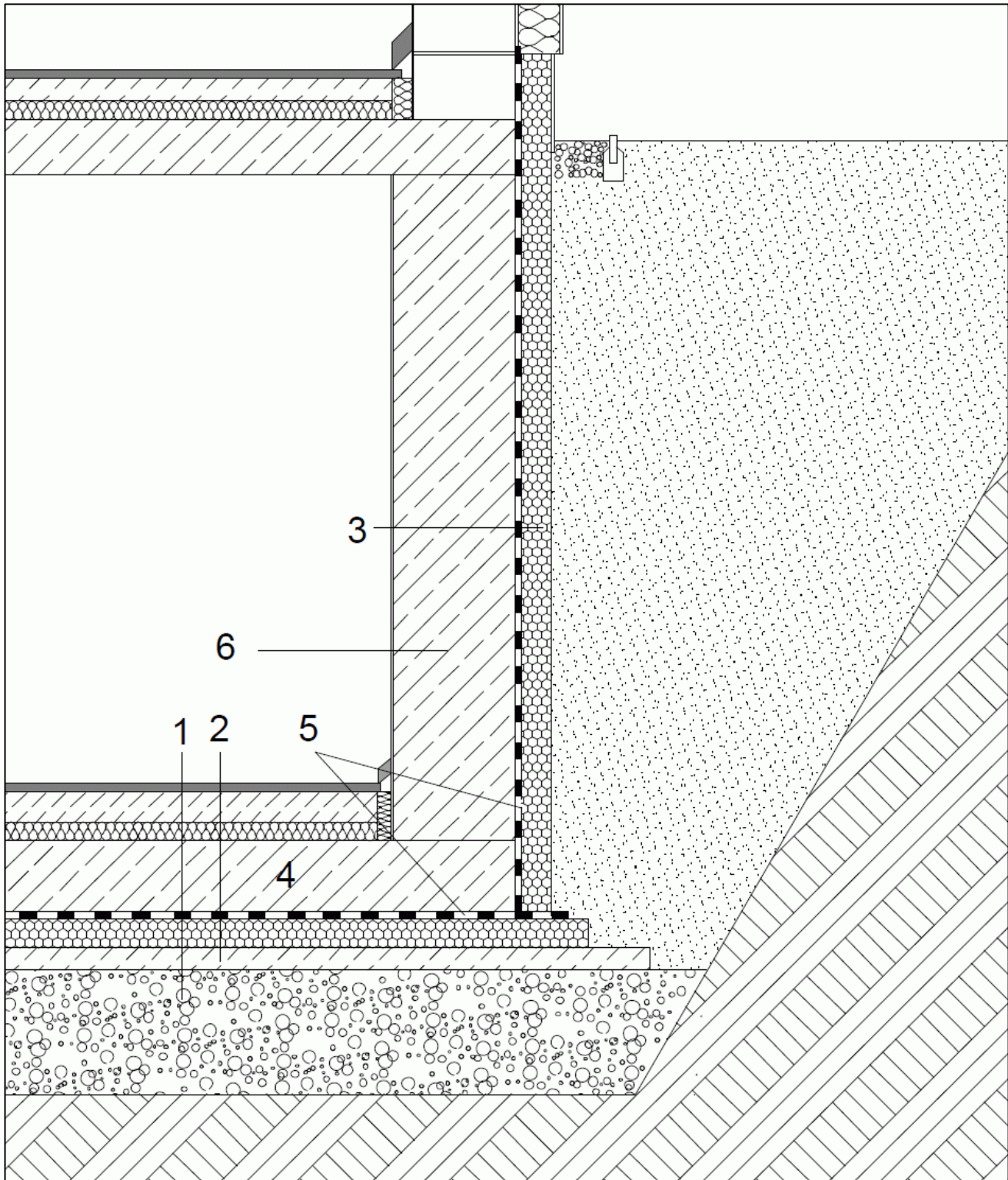


Abb. 37: Vertikalschnitt Kelleraußenwand Abdichtung DIN 18533

1_kapillarbrechende Schicht 2_Sauberkeitsschicht 3_Perimeterdämmung 4_Stahlbeton Bodenplatte
5_Abdichtung nach DIN 18533 6_Stahlbeton Kellerwand

Schritte zur Planung einer Abdichtung:

- Bauteilanforderungen hinsichtlich Wassereinwirkungsklasse und den weiteren Einwirkungskriterien ermitteln
- Abdichtung mit Hinblick auf die Anforderungen aus DIN 18533 sowie Radondichtheit wählen
- Bauteildurchführungen sind gasdicht auszuführen
- Besondere Sorgfalt bei der Ausführung der Abdichtungsanschlüsse
- Bei hohem Radonpotential ggf. zusätzliche Maßnahmen planen

6.4.2 Folienabdichtung



Radonsperren in Form von Folien werden vor allen Dingen in Neubauten vorgesehen, sie können aber auch in Bestandsgebäuden Anwendung finden. Dort ist allerdings eine genaue Fachplanung erforderlich, um den unterschiedlichsten Konstruktionen und Gegebenheiten gerecht zu werden.

Für Folienabdichtungen kommen die unterschiedlichsten Materialien zur Anwendung. Speziell auf die Radondichtheit geprüfte Folien werden als Radonfolien bezeichnet. Deren Anwendung ist vor allen Dingen bei hohen Bodenradonkonzentrationen angeraten. Aber auch Abdichtungssysteme ohne das entsprechende Zertifikat ermöglichen unter der Voraussetzung einer genauen Planung und sorgfältiger Ausführung einen ausreichenden Schutz gegen das Eindringen radonhaltiger Bodenluft. Die folgenden Beispiele sind sowohl für die Anwendung von Radonfolien als auch für alle sonstigen Lösungen geeignet.

In Abhängigkeit der gewählten Bauweise erfolgt die Verlegung der Abdichtungsfolie entweder unter- oder oberhalb der Bodenplatte.

Wichtig ist es, Undichtigkeiten insbesondere im Bereich der Überlappungen, Rohrdurchführungen (s. Abschn. 6.3), Kanten und Ecken zu vermeiden.

Die Darstellung in Abb. 38 zeigt die Anordnung einer Radonfolie unterhalb der Bodenplatte. Diese wird auf eine kapillARBrechende Schicht mit einer etwas 5 cm starken Sauberkeitsschicht verlegt.

Die vertikale Abdichtung ist im Bereich der Hohlkehle mindestens 10 cm mit der Horizontalabdichtung überlappend zu verlegen und luftdicht zu verkleben bzw. zu verschweißen. Die horizontal und vertikal verlegte Perimeterdämmung ist gleichzeitig Schutzschicht für die Radonfolie. Benötigte Mediendurchführungen sind gasdicht mit der flächigen Abdichtung zu verbinden.

Die Verlegung der Radonfolie oberhalb einer Bodenplatte ist ebenso möglich. Jedoch steigt das Risiko einer Beschädigung durch nachfolgende Gewerke. Außerdem erfolgt die Verlegung des schützenden Fußbodenaufbaus erst nach Fertigstellung des Rohbaus. Bis zu diesem Zeitpunkt ist ein temporärer Schutz der Radonfolie mit erhöhtem Aufwand verbunden.

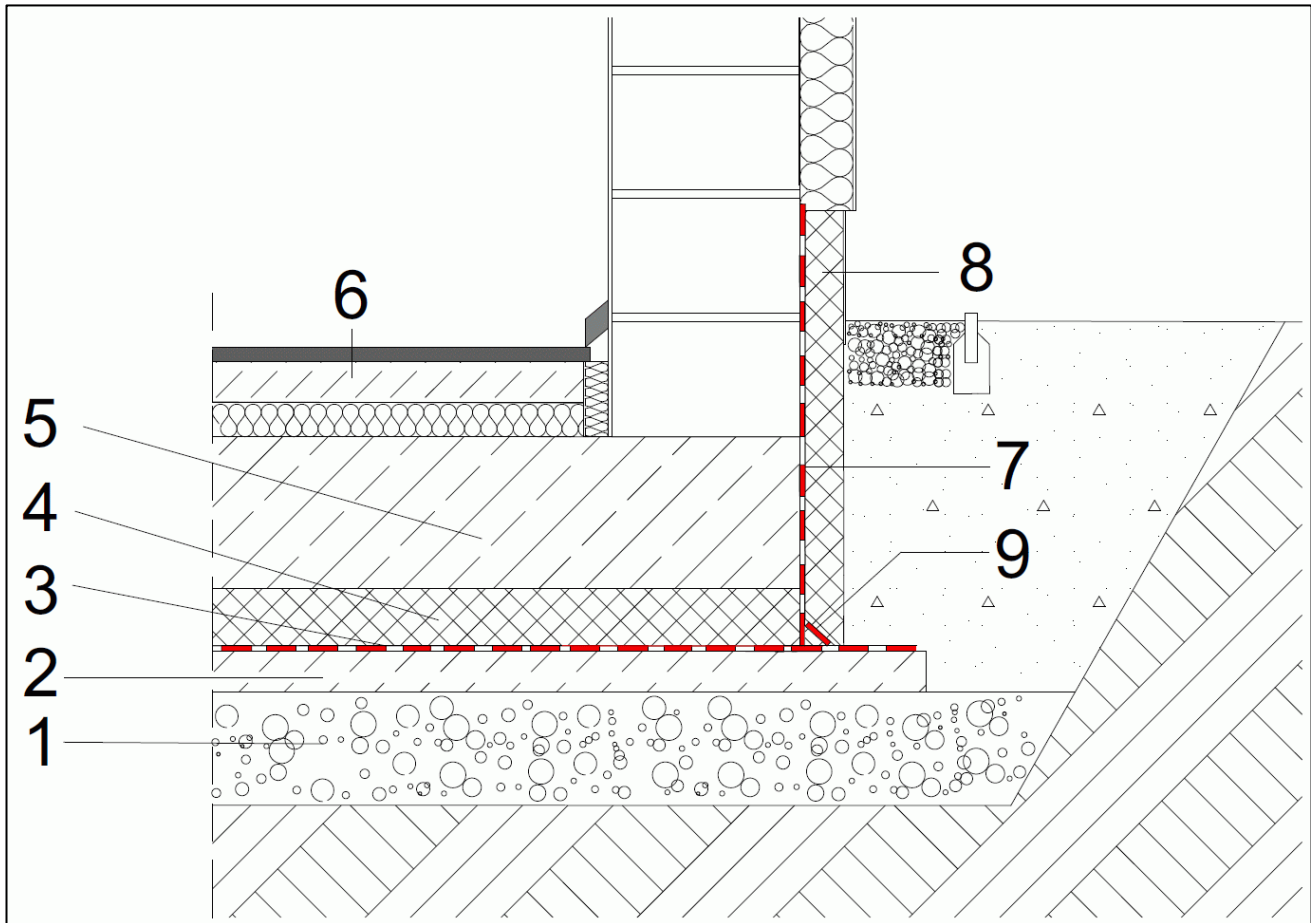


Abb. 38: Anschlussdetail Radonfolie

1_kapillarbrechende Schicht aus Grobkies (z. B. 16/32) 2_Sauberkeitsschicht 3_Radonfolie (horizontale Abdichtung) 4_Perimeterdämmung 5_Bodenplatte 6_Fußbodenaufbau 7_Radonfolie (vertikale Abdichtung) 8_Perimeterdämmung 9_Hohlkehle

Hinweis

Die Ausführung der Schweiß- und Klebearbeiten verlangt speziell geschultes Personal. Hersteller bieten in der Regel Kurse an, in denen die sachgerechte Verarbeitung vermittelt wird. Vor der Beauftragung von Schweißarbeiten ist es ratsam, den entsprechenden Betrieb hinsichtlich solcher Kompetenzen zu prüfen.

Während der Bauausführung ist penibel darauf Acht zu geben, dass die Abdichtung nicht beschädigt wird, da bereits geringe Schadstellen zum konvektiven Radoneintritt führen können.

Radonfolie, verschweißt

Das Verschweißen erfolgt mit einem Kunststoffschweißgerät entlang einer Überlappung von mindestens 150 mm (s. Abb. 39).

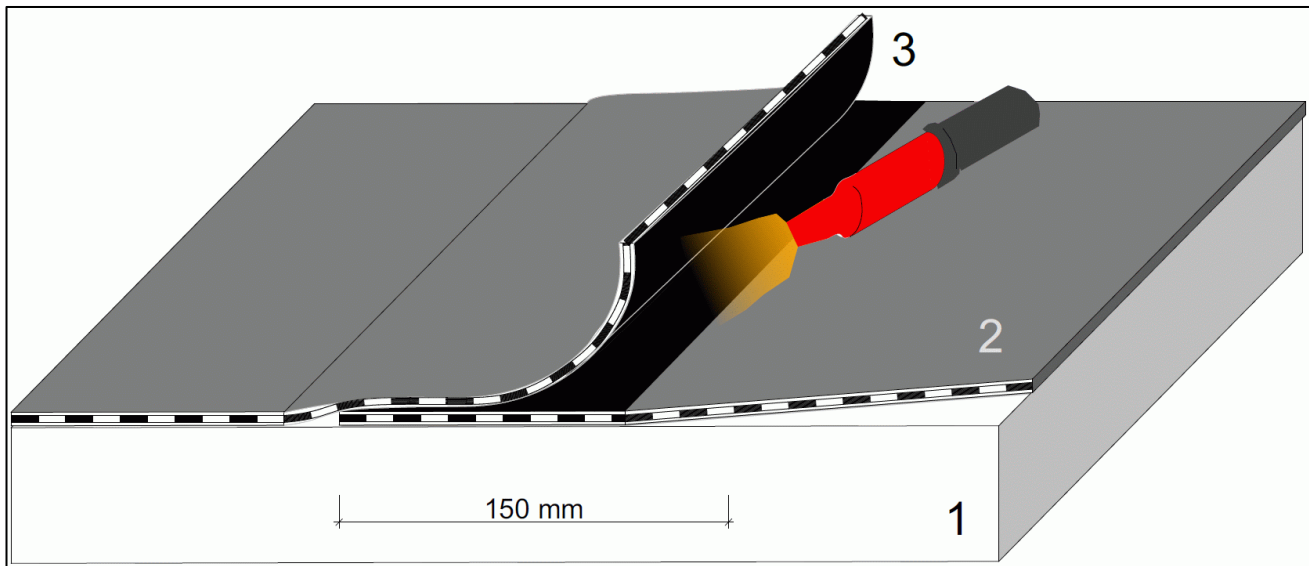


Abb. 39: Überlappungsdetail Radonfolie, verschweißt

1_Magerbeton 2_Radonfolie 3_Schweißnaht

Radonfolie, geklebt

Die Verlegung (Abb. 40) erfolgt auf einer sauberen und ebenen Magerbetonschicht. Folien mit definierter Ober- und Unterseite werden entsprechend der Herstellerangaben korrekt verlegt und Stöße mit mindestens 15,0 cm überlappt. Eine gasdichte Verbindung zwischen den Bahnen wird durch Kleben oder Schweißen hergestellt. Das Verkleben erfolgt zweilagig mit Butylklebeband. Anschließend werden die Stöße zur mechanischen Sicherung überklebt.

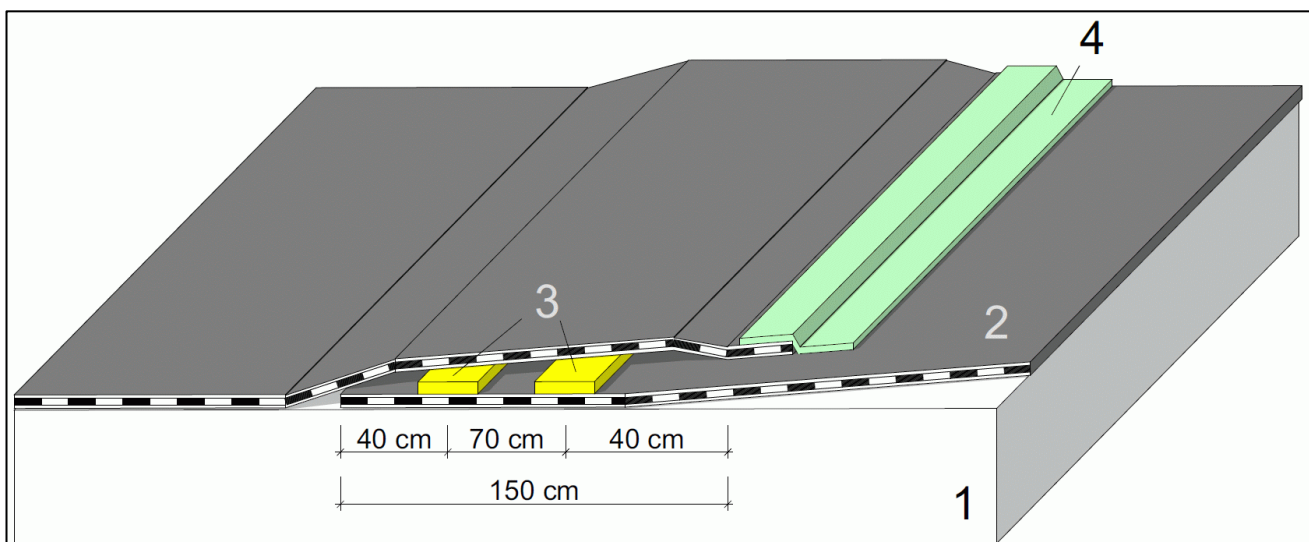


Abb. 40: Überlappungsdetail Radonfolie, geklebt

1_Magerbeton 2_Radonfolie 3_Butylklebeband 4_mechanische Sicherung (Klebeband)

Radonfolie um Ecken und Kanten

Neben den Bauteildurchführungen sind Ecken, Kanten und sonstige Bauteile, an denen die Abdichtung nach oben geführt wird, Bereiche, welche hinsichtlich ihrer Ausführung besondere Sorgfalt verlangen. Durch die Vielfalt der verschiedenen Anwendungen und Produkte, existiert auch eine Vielzahl an Detaillösungen. Aus diesem Grund wird empfohlen, die technischen Berater des jeweiligen Herstellers in die Planung einzubeziehen.

Exemplarisch sind in Abb. 41 und 42 zwei schematische Darstellungen zur Ausbildung von gasdichten Eck- und Kantenanschlüssen dargestellt.

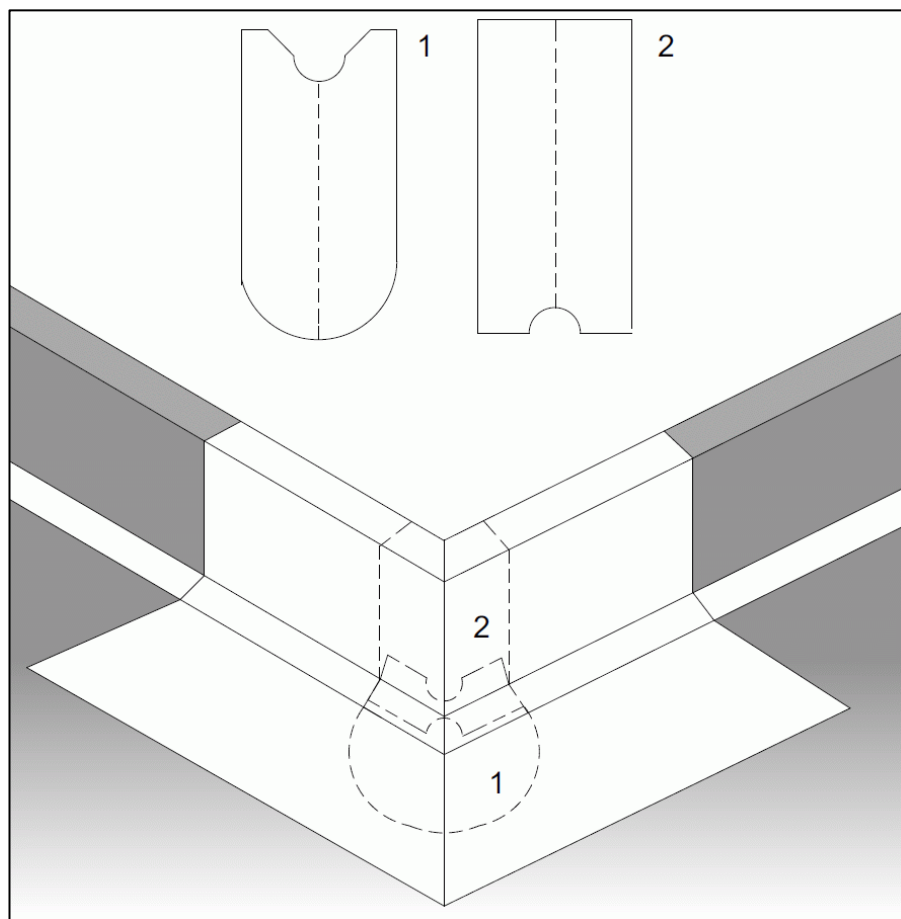


Abb. 41: Kantendetail Radonfolie

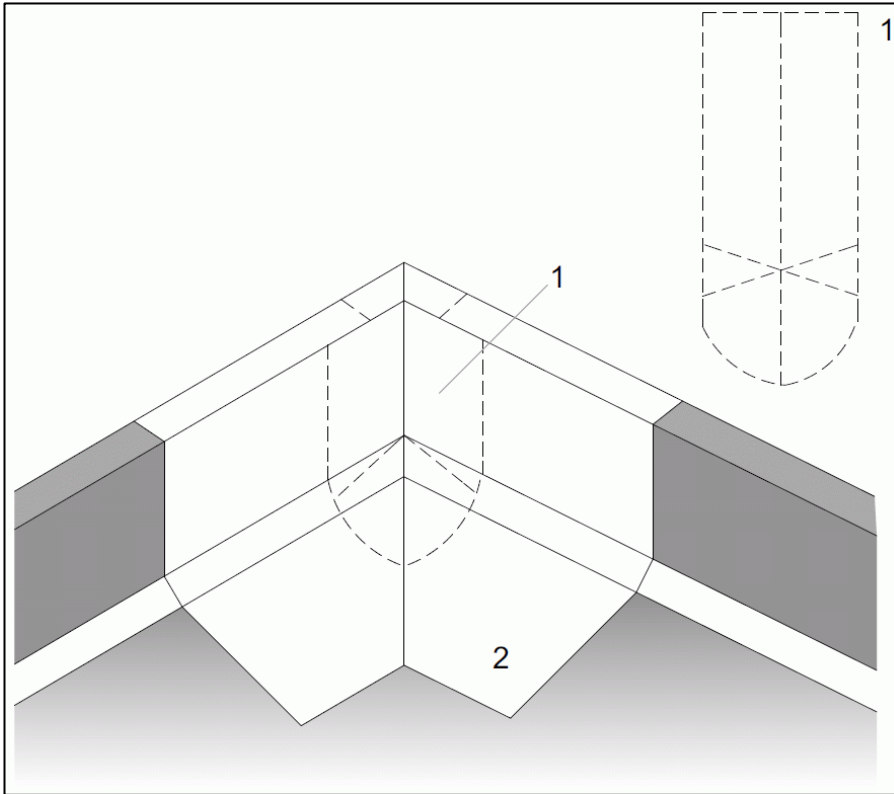


Abb. 42: Eckdetail Radonfolie

1_Radonfolie (Schablone A) 2_Radonfolie (Schablone B)

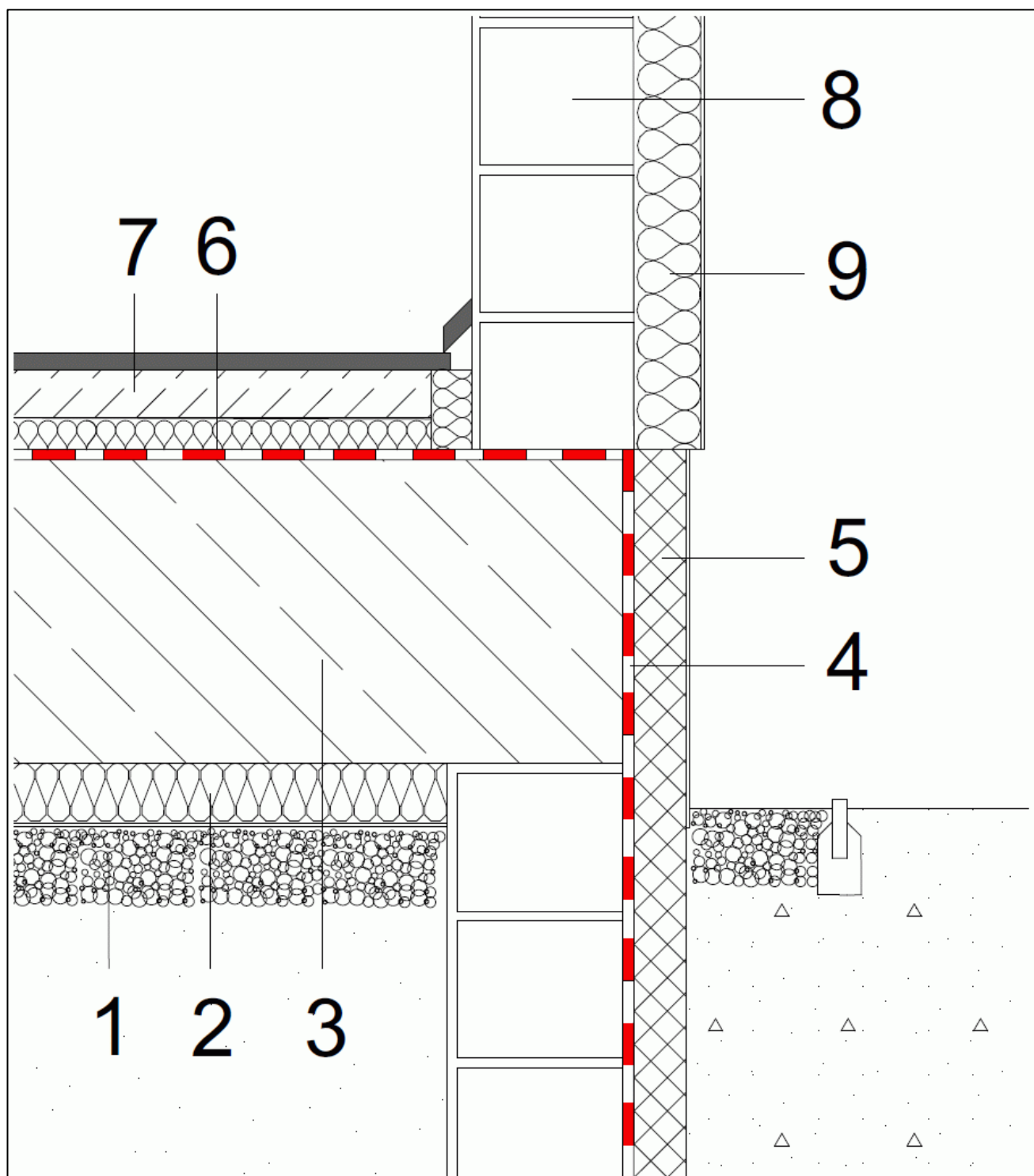


Abb. 43: Anschlussdetail Außenwand / Bodenplatte mit Radonfolie

- 1_Kiesschicht 2_Perimeterdämmung 3_Stahlbetonbodenplatte 4_Vertikalabdichtung
5_Sockeldämmung (Perimeterdämmung) 6_Horizontalabdichtung und Querschnittsabdichtung
7_Fußbodenaufbau 8_Außenwand 9_Dämmung

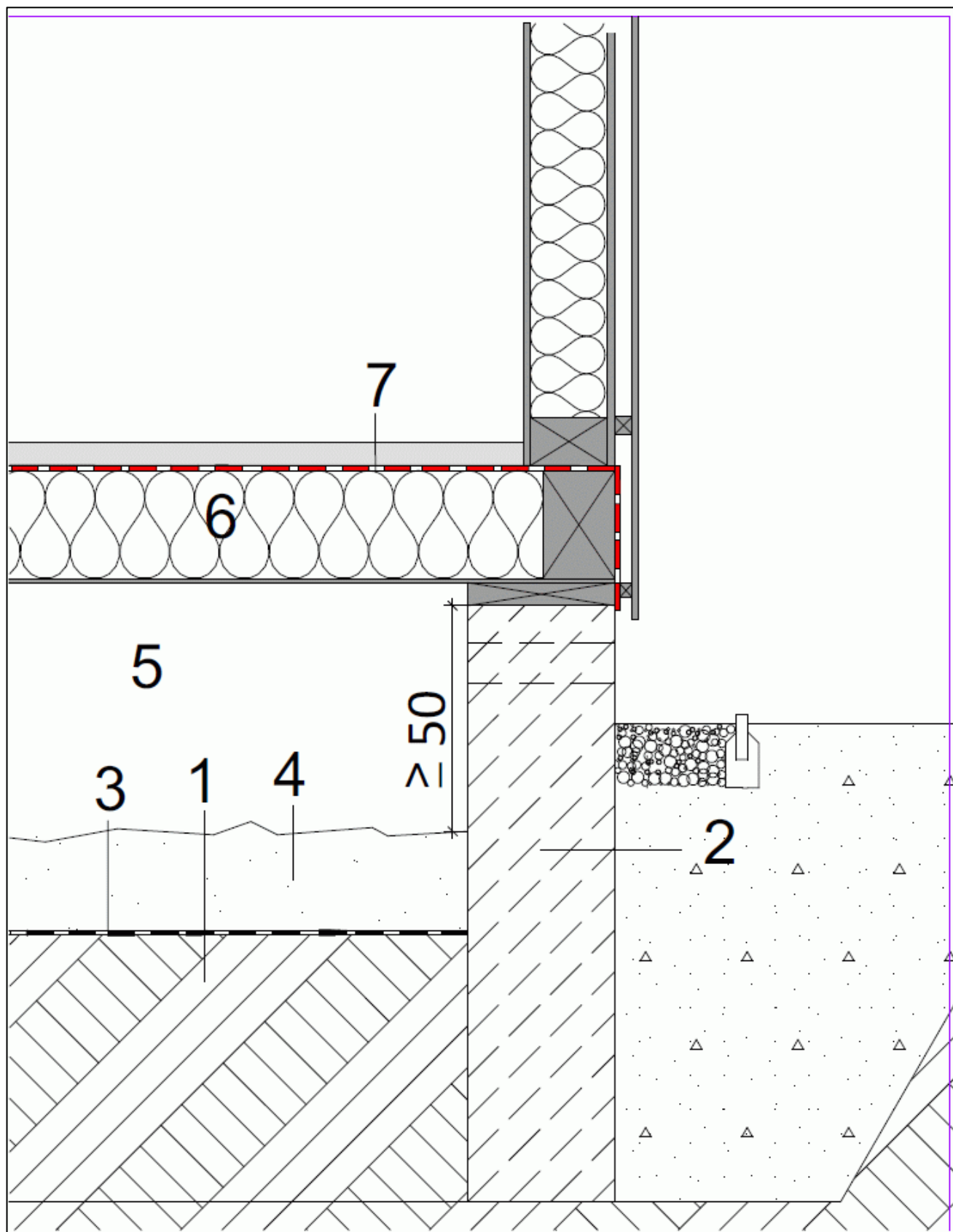


Abb. 44: Detail Radonfolie Holzständerbauweise nach Liebscher

1_Auffüllung 2_Stahlbetonsockel 3_Geotextil 4_Kiesüberdeckung 5_Hohlraum mit seitlicher Luftzufuhr
6_Holzbalkendecke 7_Radonfolie

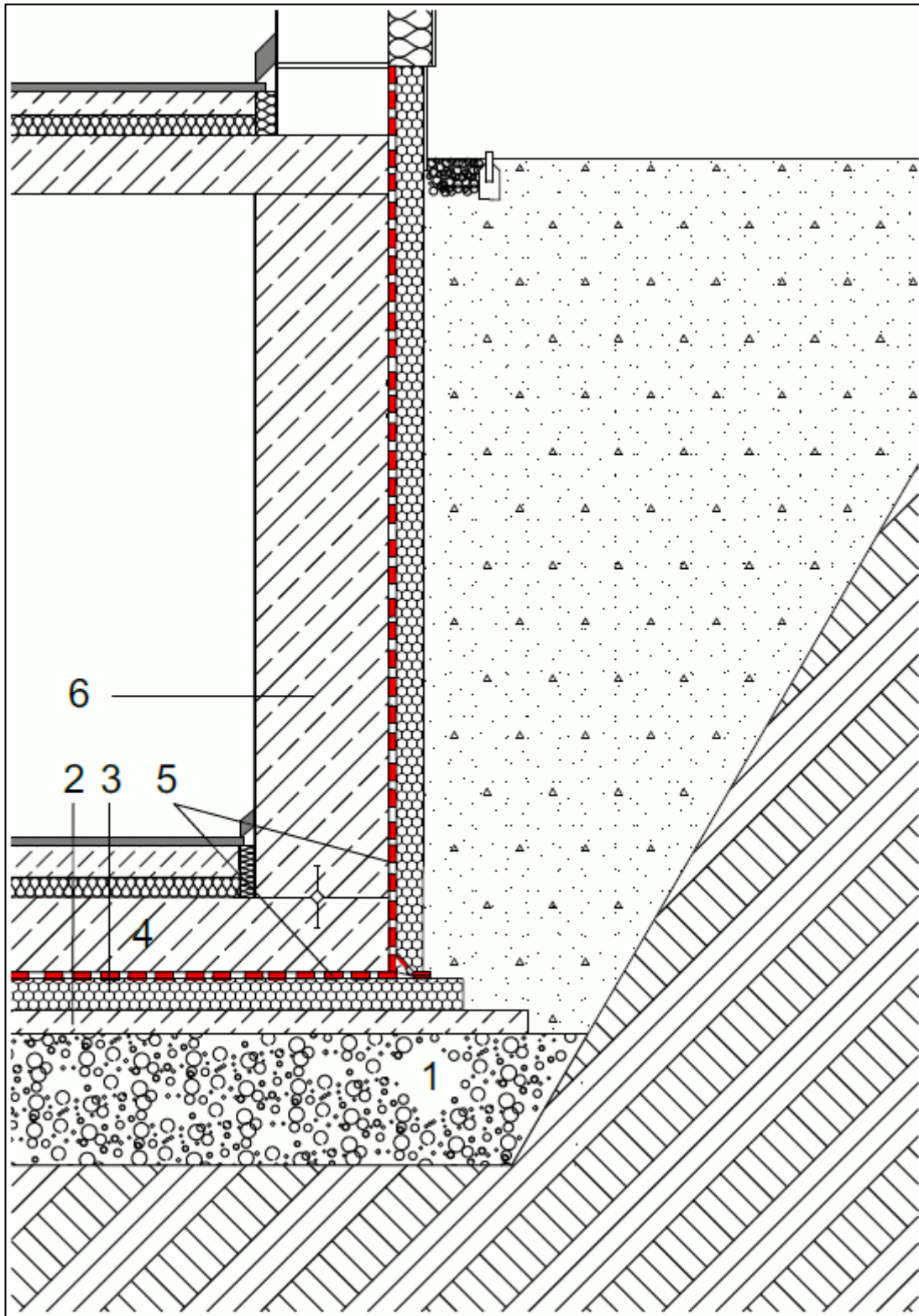


Abb. 45: Vertikalschnitt Bodenplatte / Kelleraußenwand Radonfolie

1_kapillARBrechende Schicht 2_Sauberkeitsschicht 3_Perimeterdämmung 4_Stahlbetonbodenplatte
5_Abdichtung (Radonfolie) 6_Stahlbeton Kellerwand

6.4.3 Flächige Abdichtung im Sanierungsfall

Der nachträgliche Einbau einer flächigen Abdichtung in der Gebäudesanierung stellt eine Ausnahme dar. Die folgenden Abbildungen beispielhafter Lösungen verdeutlichen nicht zuletzt deren problematische Realisierung. Im Allgemeinen ist es günstiger, eine Bodenabsaugung vorzusehen.

Anschlussdetail Außenwand, Bestandsbau

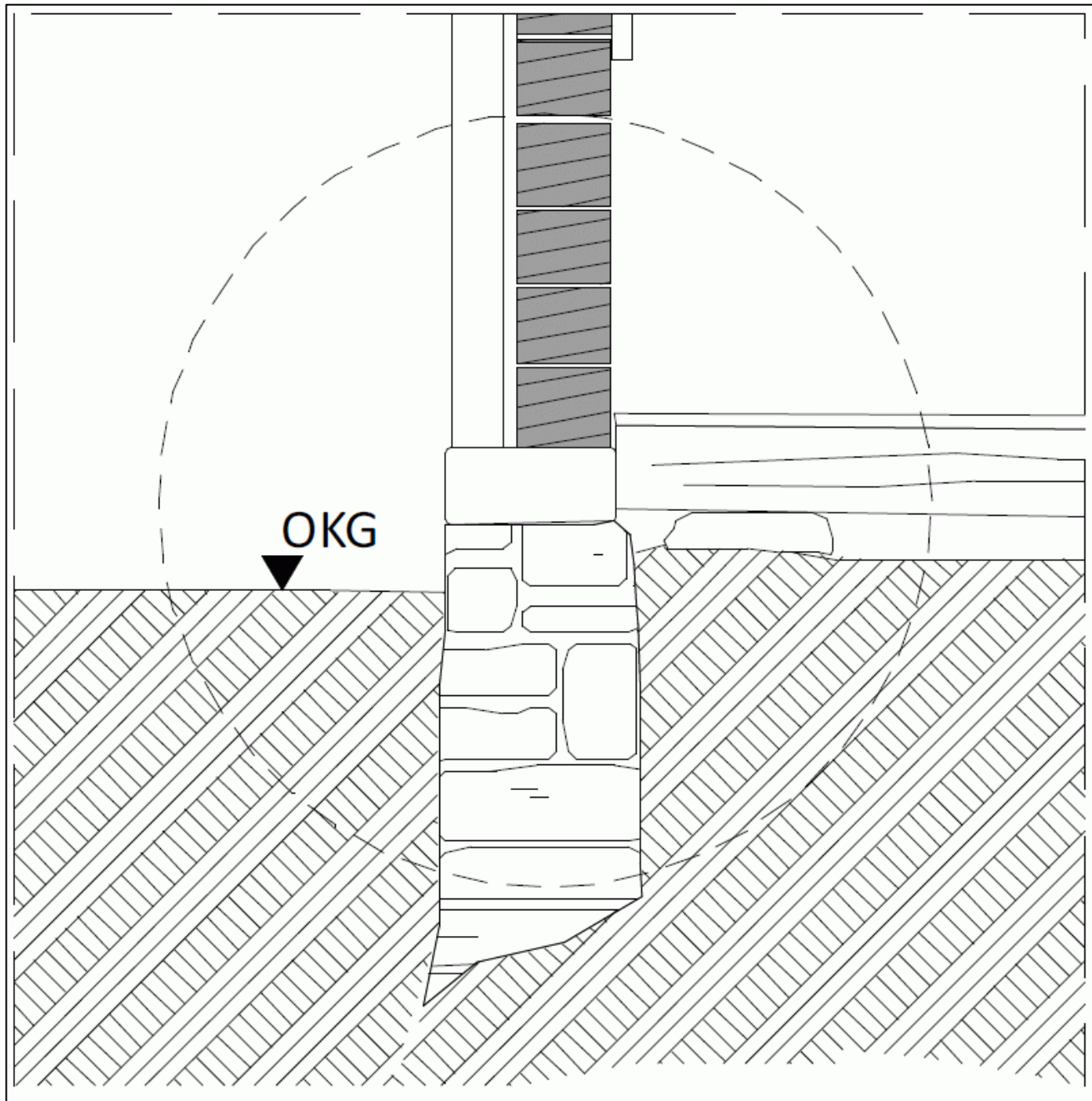


Abb. 46: Beispiel Umgebäudehaus: Außenwandanschluss, Ist-Zustand

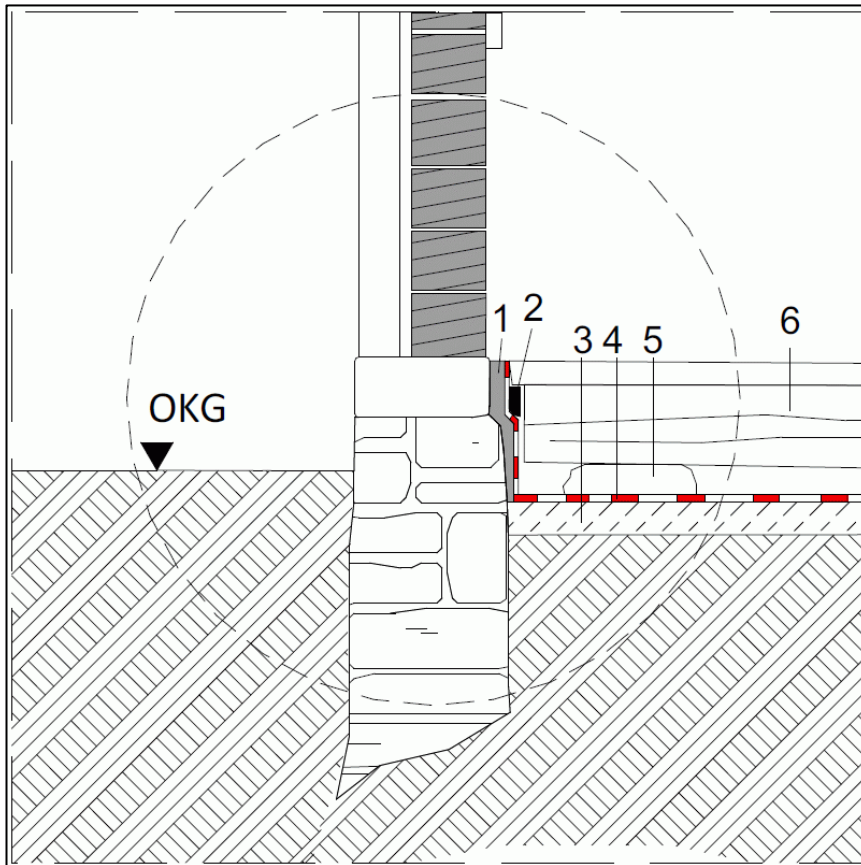


Abb. 47: Beispiel Umgebindehaus: Außenwandanschluss, Sanierungsvariante 1

1_Anschlag 2_Radonfolie 3_Sauberkeitsschicht 4_Abdichtung (Radonfolie) 5_Lagerholz 6_Balkenlage

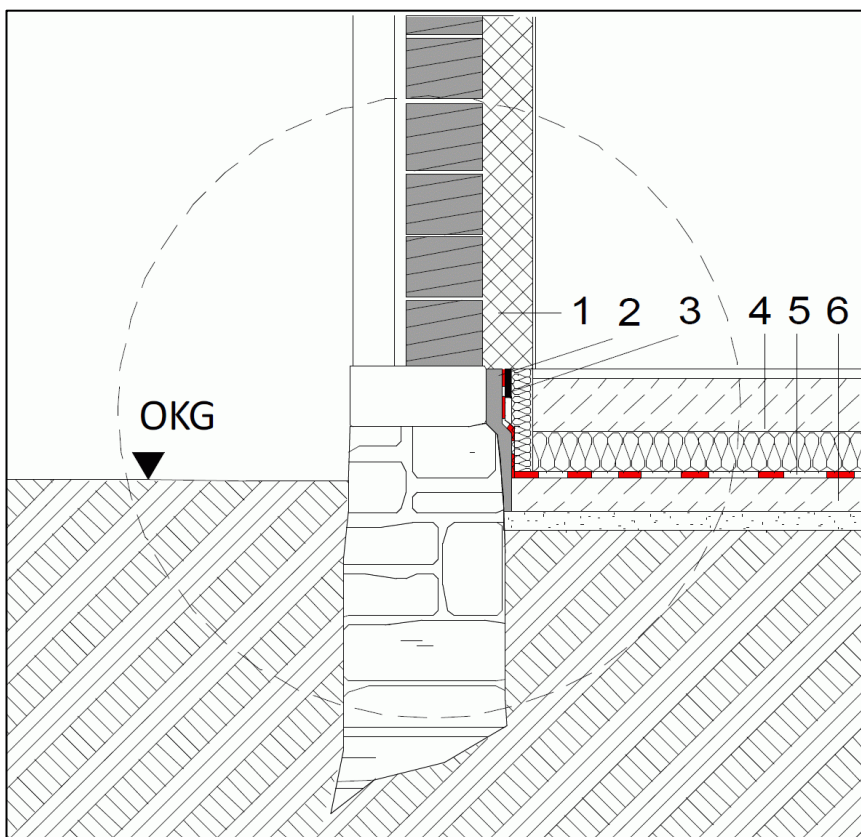


Abb. 48: Beispiel Umgebindehaus: Außenwandanschluss, Sanierungsvariante 2

1_Innendämmung (z. B. Kalziumsilikat) 2_Anschlag 3_Druckschiene mit Dichtung 4_Fußbodenaufbau
5_Radonfolie 6_Sauberkeitsschicht

Kombinierte Abdichtung

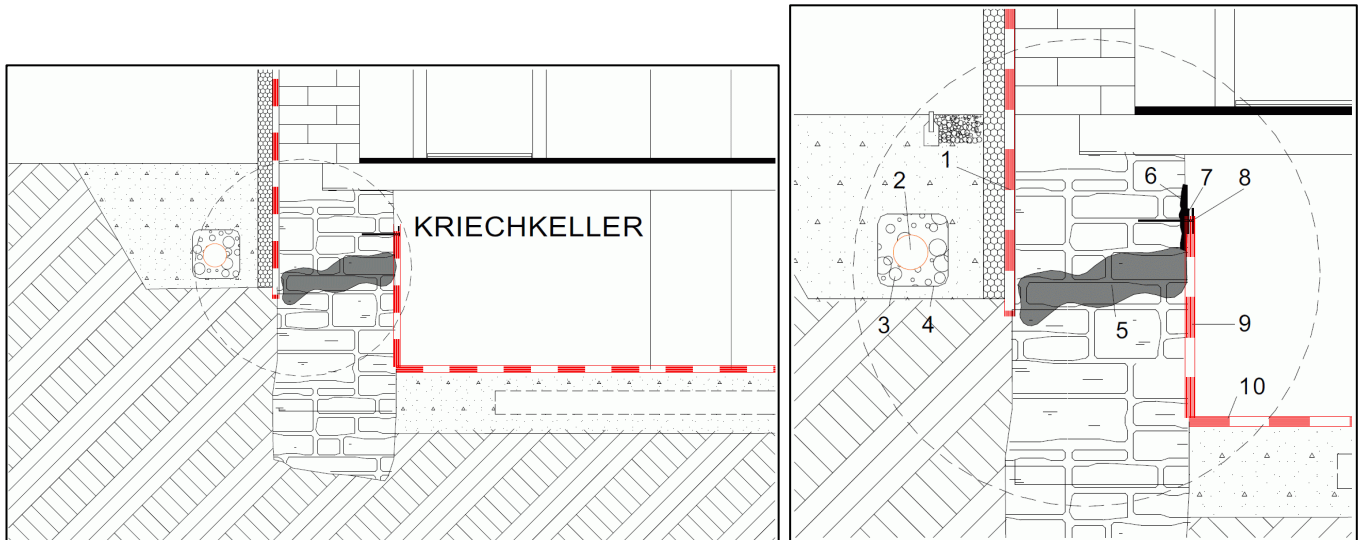


Abb. 49: Vertikalschnitt Kriechkeller / Außenwand

1_Abdichtung 2_Radondrainage 3_Grobkies 4_Geotextil 5_Horizontalabdichtung, Injektion 6_Anschlag 7_Druckschiene mit Dichtband 8_Befestigung 9_Radonfolie 10_Überlappung verschweißt

6.4.4 Schaumglas



Die Möglichkeit der Kombination von Wärmedämmung und Abdichtung mittels Schaumglas stellt eine interessante Sonderlösung dar. Neben den Eigenschaften, wasser- und gasundurchlässig zu sein, bietet Schaumglas einen niedrigen Wärmeleitwert ($\lambda = 0,040$ bis $0,060 \text{ W/m}^2\text{K}$) und eine hohe Druckfestigkeit. Dies ermöglicht die Kombination von Perimeterdämmung und Radonsperre unterhalb einer Bodenplatte.

Die Ausführung erfolgt in Form von Schaumglasplatten. Diese werden auf einer Sauberkeitsschicht vollflächig und vollfugig mit Heißbitumen verklebt. Die Herstellerangaben sind bei der Verarbeitung zu beachten. Die Verlegung muss frostfrei erfolgen. Über der Schaumglasschicht erfolgt der weitere Aufbau.

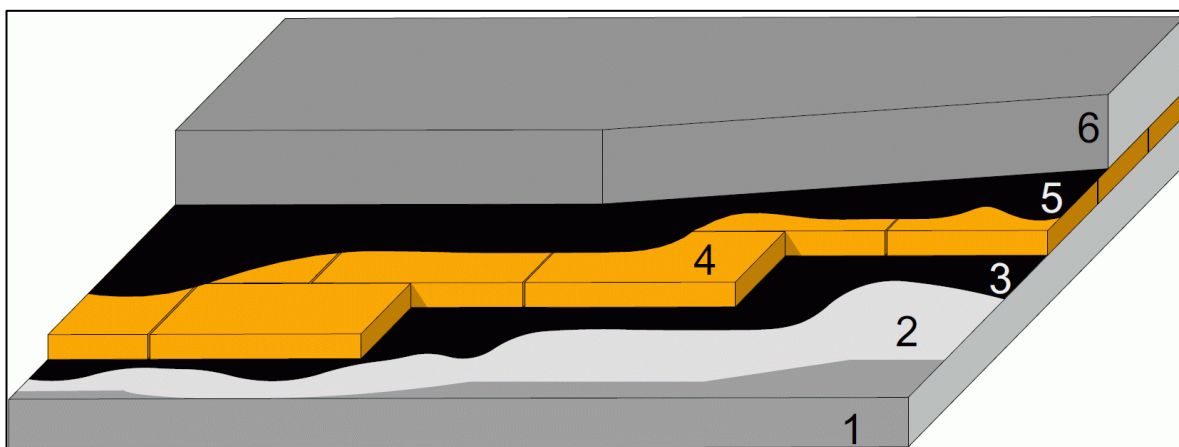


Abb. 50: Schichtaufbau Schaumglasverlegung

1_Sauberkeitsschicht 2_Voranstrich 3_Heißbitumen 4_Schaumglasplatten, Fugen verklebt 5_Heißbitumen 6_Bodenplatte

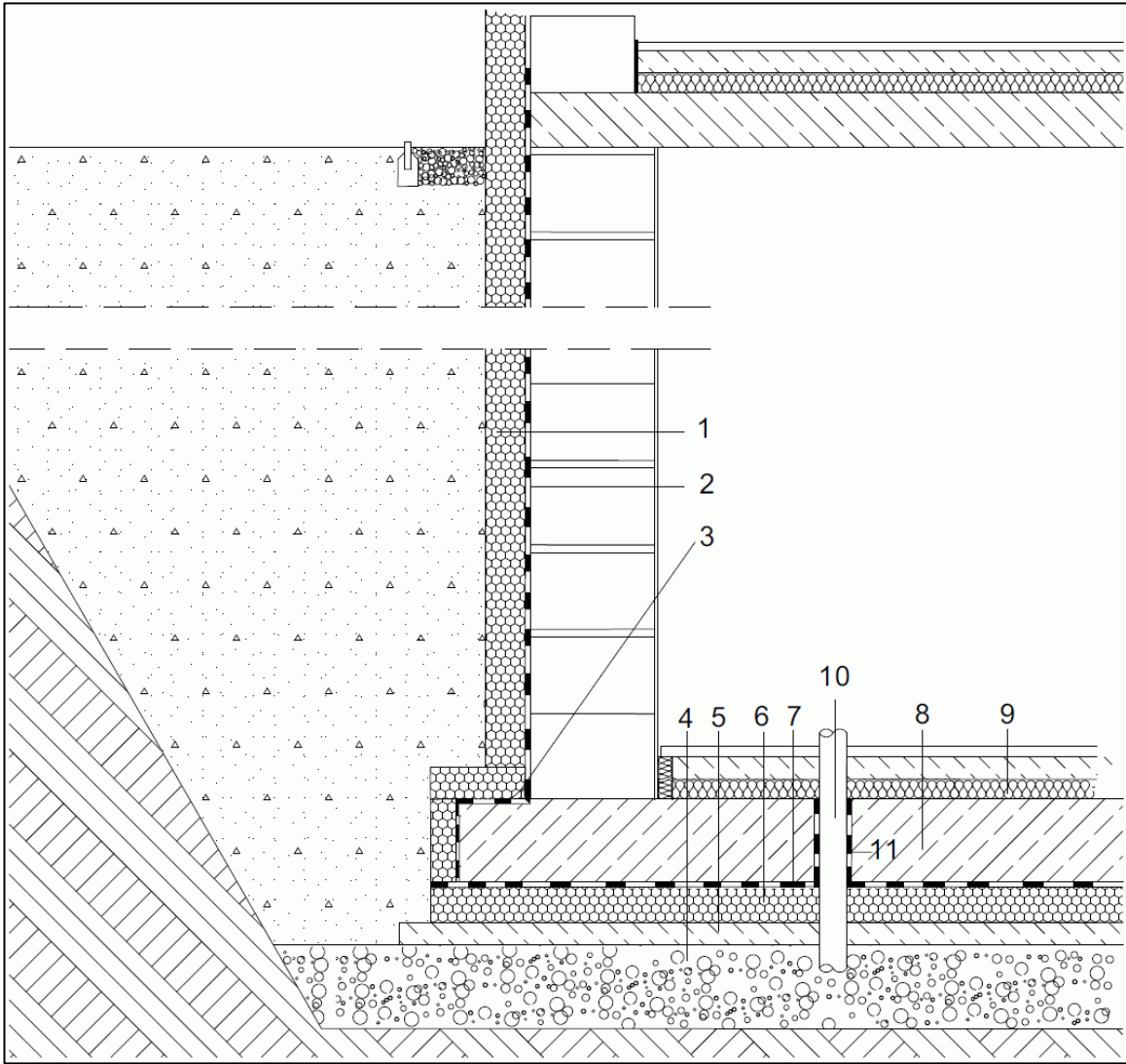


Abb. 51: Abdichtung mit Schaumglas

1_Schaumglasplatte vollflächig und vollfugig mit Kaltbitumen verklebt 2_Abdichtung 3_Hohlkehle
4_kapillarbrechende Kiesschicht 5_Sauberkeitsschicht 6_Schaumglasplatte vollflächig und vollfugig
mit Heißbitumen verklebt 7_Abdichtung 8_Stahlbetonbodenplatte 9_Fußbodenaufbau 10_Rohrdurchführung mit
Rohrschelle 11_Abdichtung Bauteildurchführung

Vorteile gegenüber Radonfolien:

- geeignet zur Wärmedämmung
- Gasdicht
- mechanisch belastbar
- sehr dauerhaft
- nicht brennbar (Baustoffklasse A1)

Nachteile gegenüber Radonfolien:

- kostenintensiv
- frostempfindlich
- energiereicher Herstellungsprozess

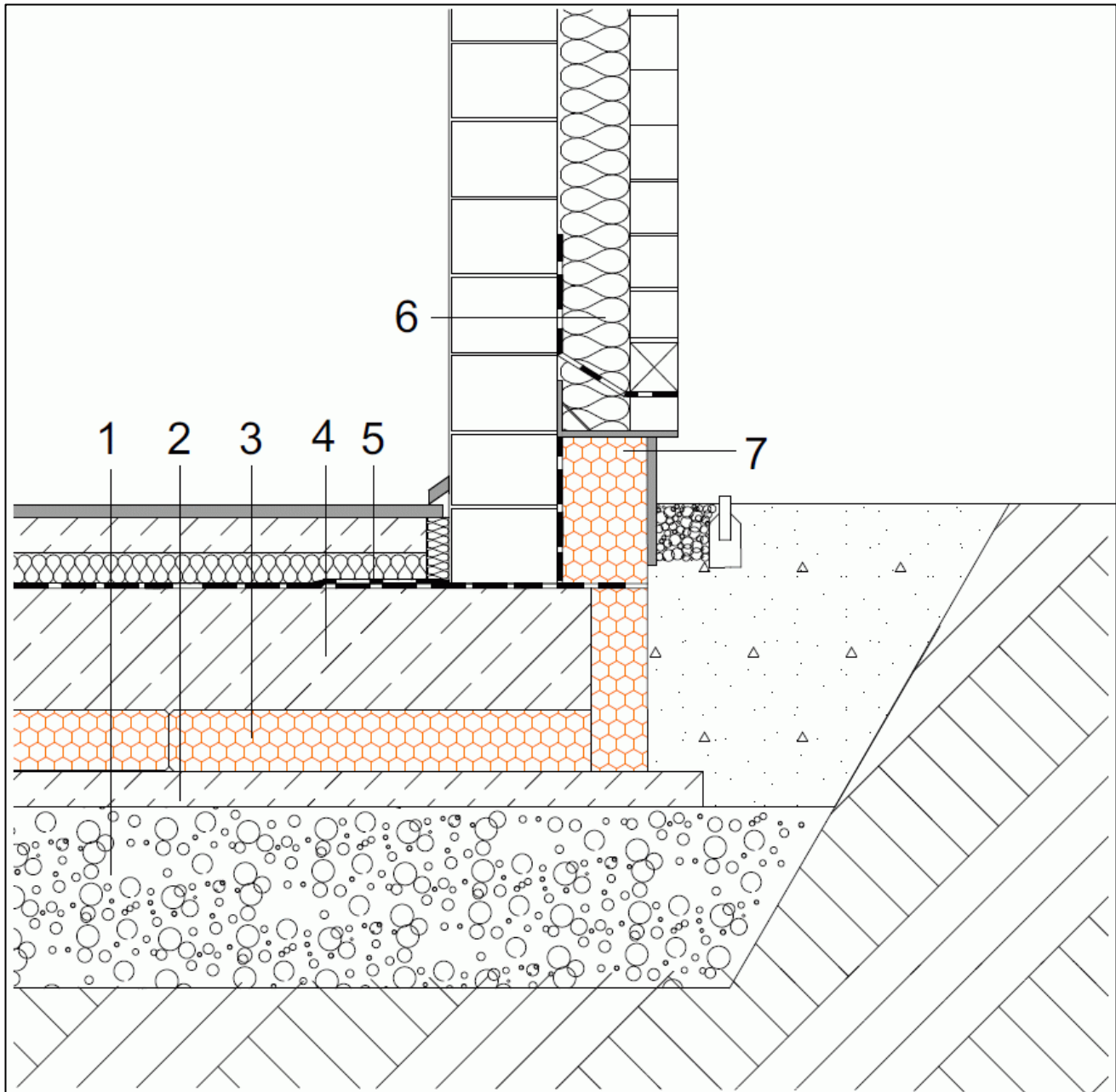


Abb. 52: Anschlussdetail Außenwand / Bodenplatte mit Schaumglasdämmung

1_Kapillarbrechende Schicht 2_Sauberkeitsschicht 3_Schaumglasdämmung 4_Bodenplatte 5_Horizontalabdichtung auf Bodenplatte 6_Wandaufbau (Aufbau von innen: tragende Wand, Kerndämmung, Vorsatzschale) 7_Sockeldämmung

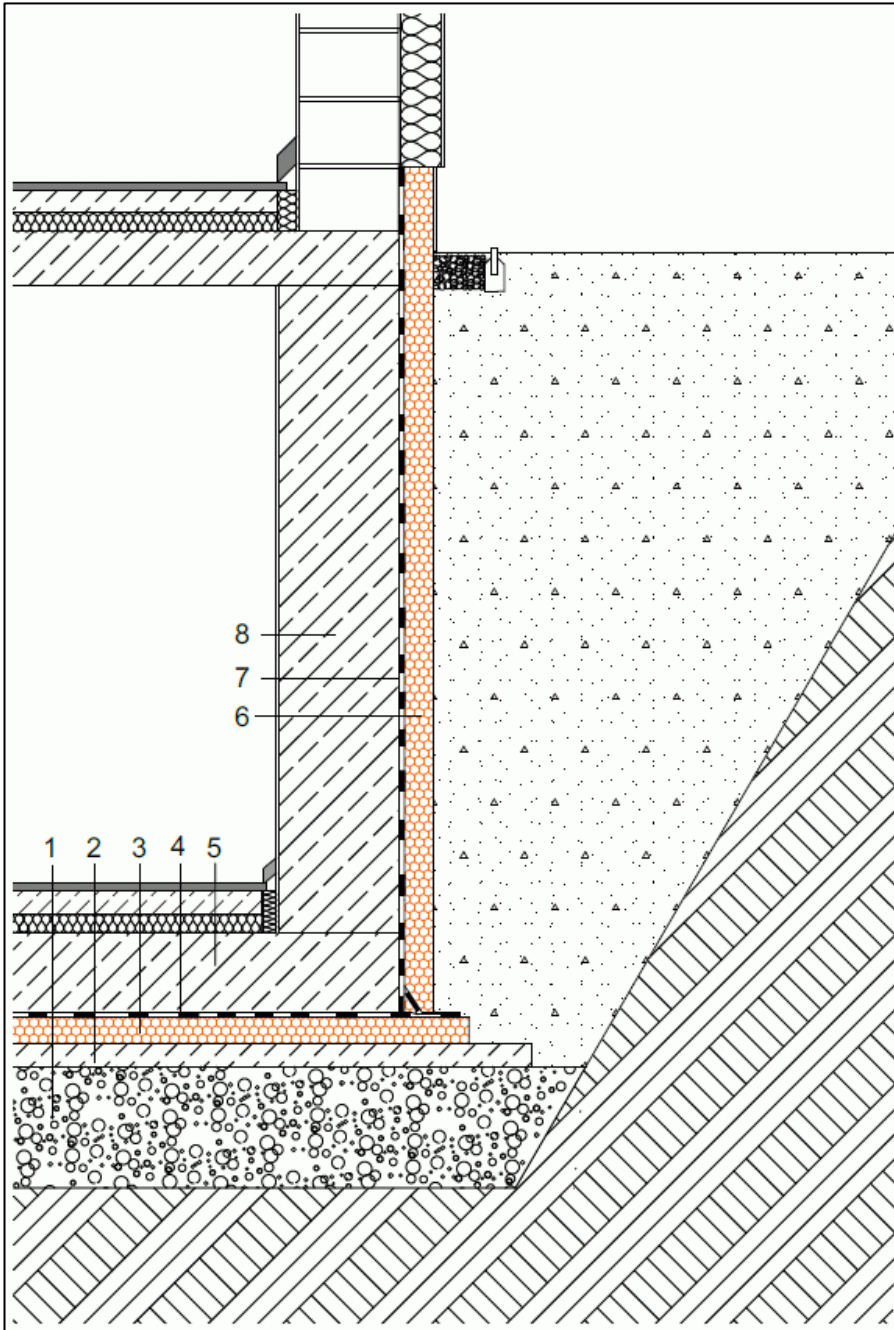


Abb. 53: Vertikalschnitt Bodenplatte / Kelleraußenwand Schaumglas

1_kapillarbrechende Schicht 2_Sauberkeitsschicht 3_Schaumglas 4_Abdichtung 5_Stahlbetonbodenplatte
6_Schaumglas 7_Abdichtung 8_Stahlbeton Kellerwand

6.5 Radonabsaugung

6.5.1 Grundlagen

Das Absaugen von Radon ist eine sehr effektive und vergleichsweise kostengünstige Schutzmaßnahme. Im Folgenden sind alle Lösungen aufgelistet, welche sich bisher in der Praxis bewähren konnten.

- Radondrainage
- Radonbrunnen (punktförmige Absaugung)
- Hohlraumabsaugung

Radonabsaugungen werden dort angewendet, wo die Gebäudehülle nicht oder nur mit sehr großem Aufwand abgedichtet werden kann. Diese Konstellation ist typisch für Bestandsgebäude.

Funktionsprinzip

Durch die Absaugung der Bodenluft direkt unter und ggf. neben der erdberührten Gebäudehülle wird ein Druckgefälle vom Gebäude zum Erdreich erzeugt. Dadurch entsteht im Falle von Luftundichtheiten der Gebäudehülle ein konvektiver Luftstrom vom Gebäude ins Erdreich und die Bodenluft kann somit nicht mehr ins Gebäude strömen. Für die Erzeugung des Unterdruckes im Erdreich werden zwei Prinzipien angewendet:

- Nutzung des natürlichen Auftriebes. Dabei werden die Abluftrohre innerhalb oder neben dem Gebäude möglichst weit nach oben (z. B. bis zum Gebäudefirst) geführt (passive Lösung).
- Einsatz eines mechanischen Rohrventilators, welcher aktiv die Bodenluft absaugt (aktive Lösung).

Beide Systeme haben ihre Vor- und Nachteile. So ist die Funktionsfähigkeit des natürlichen Auftriebs wetterabhängig. In bestimmten meteorologischen Situationen entsteht kein oder nur ein geringer natürlicher Auftrieb. Für eine sichere Funktionsfähigkeit der passiven Lösung sollte die Steighöhe mindestens 10 Meter betragen. Die – häufiger anzutreffende – Variante der Unterdruckerzeugung mittels Rohrventilator funktioniert wetterunabhängig. Nachteile dieser Lösung sind die laufenden Kosten für den Betrieb des Lüfters sowie die Störanfälligkeit von Lüftern. So führt ein Ausfall des Lüfters dazu, dass die Luftabsaugung nicht mehr funktioniert und die Radonkonzentration in der Raumluft ggf. unbemerkt wieder steigt. Es ist deshalb erforderlich, die Funktionsfähigkeit der Lüfter ständig zu überprüfen. Zudem sollte in gewissen Zeitabständen – z. B. alle fünf Jahre – eine Kontrollmessung der Radonkonzentration in der Raumluft durchgeführt werden.

Die Ausführung der Steig- bzw. Abluftleitung hängt maßgeblich von der Lüftungsart ab. Für Gebäude mit geringer Gesamthöhe, wie z. B. eingeschossige Flachbauten, ist eine aktive Lüftung vorzuziehen. Für wirksame Steighöhen > 10,0 m können alternativ passive Entlüftungslösungen vorgesehen werden.

Einfluss der Permeabilität des Bodens

Die Permeabilität (Durchlässigkeit) des Erdreiches spielt für die Konzeption der Anlage eine große Rolle. Bei sehr dicht gelagerten Böden bzw. Felsgesteinen wird die Funktionsfähigkeit einer punktförmigen Absaugung (Radonbrunnen) stark eingeschränkt und kann bis zum völligen Versagen dieser Lösung führen. In dieser Konstellation müssen flächige Lösungen (Radondrainage und Hohlraumabsaugung) angewendet werden. Je höher die Durchlässigkeit ist, desto größer können die Abstände zwischen den Absaugstellen sein.

Eine Besonderheit stellen sehr stark durchlässige Böden dar, z. B. in Karstgebieten oder Böden mit mächtigen Schotter-schichten. Ohne weitere Vorkehrungen kann hier kein ausreichender Unterdruck aufgebaut werden, was die Funktion einer Radondrainage bzw. eines Radonbrunnens direkt beeinflusst. In den meisten Fällen ist das Aufbringen einer Sauberkeitsschicht unterhalb der Drainage ausreichend, um den nötigen Differenzdruck zu erzeugen.

Insgesamt ist zu sagen, dass die Durchlässigkeit des Bodens maßgeblichen Einfluss auf die Wahl der Lösung und deren Funktionsfähigkeit hat. Es ist deshalb zwingend erforderlich, im Rahmen eines Baugrundgutachtens die Bodenkennwerte festzustellen. Zudem hat es sich bei der Anlage von Radonbrunnen als zweckmäßig erwiesen, die Funktionsfähigkeit durch Installation einer provisorischen Installation noch während der Bauphase zu prüfen.

Setzungsgefahr durch Trocknung bei schwach durchlässigen Böden

Durch die Bodenluftabsaugung kann es zu einer Reduzierung der Bodenfeuchte im anliegenden Erdreich kommen. Insbesondere bei ausgeprägt plastischen Tonböden sowie allgemein ton- und schluffhaltigen Böden mit organischen Bestandteilen (z. B. Humus) besteht ein hohes Quell – Schrumpf – Potential. Bei diesen Böden besteht das Risiko von Setzungserscheinungen infolge der reduzierten Bodenfeuchte.

Weiterhin ist zu beachten:

- Keine direkte Verbindung zu luftführenden Entwässerungsdrainagen
- Besondere Sorgfalt bei der Abdichtung von erforderlichen Bauteildurchführungen
- Drückendes Wasser und zeitweise aufstauendes Sickerwasser können die Effektivität von Absaugmaßnahmen erheblich reduzieren

Rohrführung

Entsprechend der Lage der Radonabsaugung neben oder unterhalb des Gebäudes ist die Lage der Rohrführung zu wählen. Eine Rohrdurchführung durch die erdberührte (abgedichtete) Gebäudehülle ist problematisch. Vielmehr können für die Rohrführung aus dem Gebäude ins Freie verschiedene vorhandene Bauteilöffnungen, wie Fenster, Schornsteine, Lichtschächte oder aber gezielt errichtete Kernbohrungen genutzt werden. Die Position der Entlüftungsöffnung sowie die gesamte Rohrführung sind individuell zu planen.

Die folgenden Hinweise sind dabei zu beachten:

- Der Mindestabstand von Abluftöffnungen zu Fenstern, Türen und sonstigen Öffnungen soll 2,0 m betragen
- Die Rohrführung ist an lokale Bedingungen und Anforderungen anzupassen (z. B. sichtbare oder verdeckte Rohrführung).

Für Sammel- und Entlüftungsrohre eignen sich PVC- (KG Rohre) und Polypropylenrohre (HT Rohre, nur für den Innenbereich), diese sind gasdicht und ermöglichen eine individuelle Verlegung.

Gebläse

Für die aktive Lüftung haben sich axiale Rohrventilatoren mit gasdichten Gehäusen bewährt. Durch ihre kompakte Bauweise und den geräuscharmen Betrieb ist die Installation auch innerhalb von Gebäuden möglich. In Abhängigkeit von der Bodendurchlässigkeit und der angestrebten Flächenwirkung werden Volumenströme zwischen 200 und 400 m³/h und ein Druckunterschied von mindestens 200 Pa benötigt. Um die Lärmbelastung zu minimieren ist bei der Montage auf eine akustische Entkopplung zu achten.

In der folgenden Abbildung 54 ist eine außerhalb der Gebäudehülle ausgeführte Rohrführung dargestellt. Sowohl die Ansaugstelle wie auch die Rohrdurchführung befinden sich unterhalb der Abdichtungsebene.

Die Befestigung der Entlüftungsrohre und des Rohrventilators erfolgt durch Rohrhalter in der Außenwand. Durch die Verwendung von Bogenstücken, lässt sich die Abluftöffnung sehr individuell an eine unkritische Position führen. Die externe Anordnung des Rohrventilators führt zu keiner nennenswerten Lärmbelastung im Gebäude.

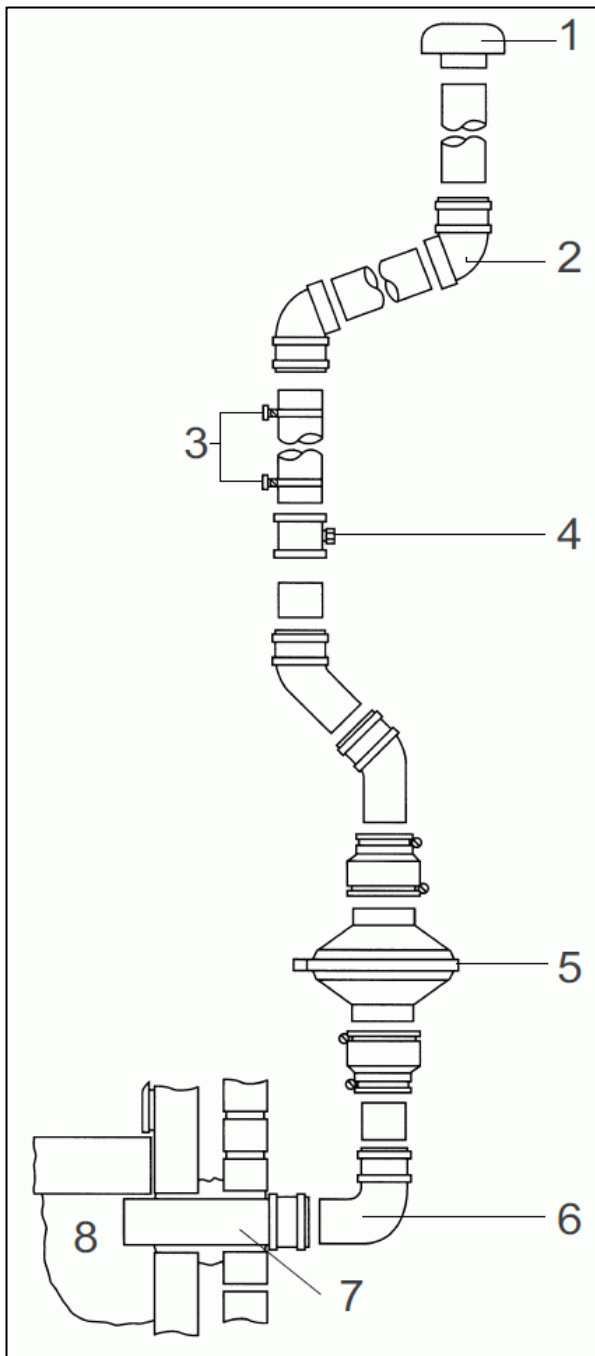


Abb. 54: Rohrführung außerhalb der Gebäudehülle [18]

- 1_Schutzhaube 2_Bogenstück zur individuellen Verlegung
- 3_Rohrschelle zur Wandbefestigung 4_Kondensat-Sammelbehälter
- 5_Axialventilator 6_87° Bogen 7_Bauteildurchführung
- 8_Luftansaugung

Eine für Bestandsgebäude häufig angewendete Rohrführung ist in Abbildung 55 schematisch dargestellt. Um Aufwand und Kosten zu minimieren, können bestehende Gebäudeöffnungen (z. B. Kellerfenster) für die Durchführung von Entlüftungsrohren genutzt werden. Die konstruktive Ausführung ist individuell nach Art und Zustand der Gebäudeöffnung zu planen.

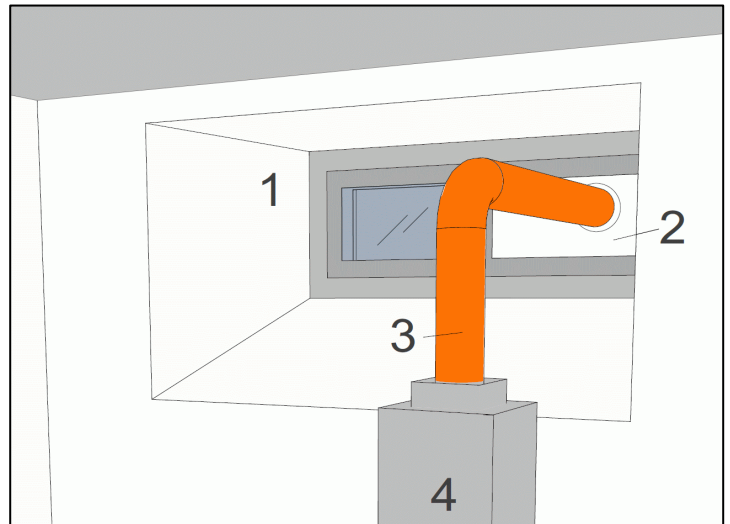


Abb. 55: Interne Rohrführung durch ein Bestandsfenster

- 1_Fensteröffnung 2_angepasster Fensterflügel
- 3_Entlüftungsrohr 4_Rohrventilator, verkoffert

6.5.2 Radondrainage

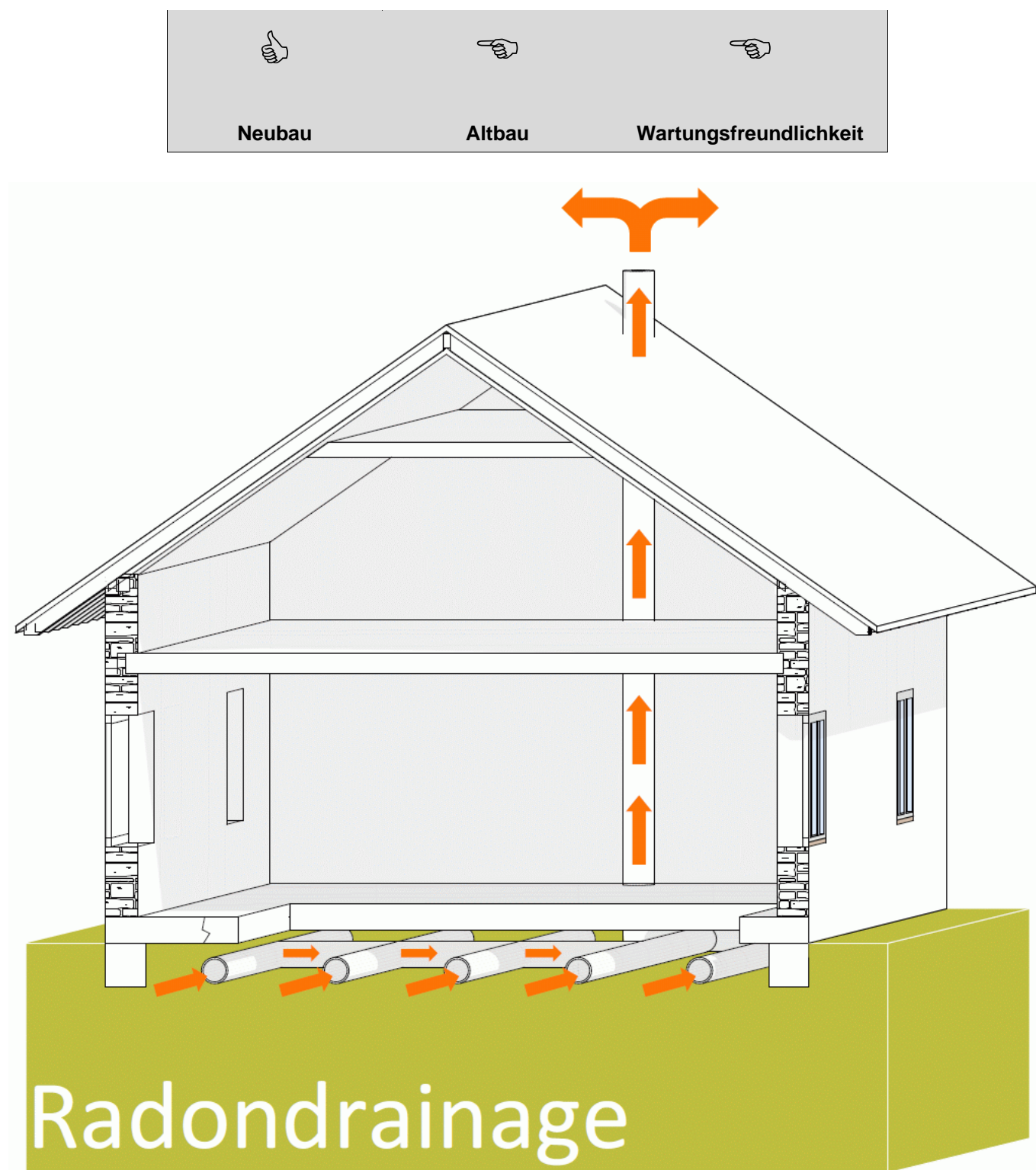


Abb. 56: Schematische Darstellung Radondrainage

Radondrainagen befinden sich außerhalb (in der Regel unterhalb) der Gebäudehülle und bestehen aus perforierten Sammelrohren (Drainagerohren) und mindestens einem Entlüftungrohr. Über dieses Rohrsystem wird radonhaltige Bodenluft gesammelt und an die Atmosphäre geleitet. Durch verschiedene Ausführungsvarianten eignet sich diese Radonschutzmaßnahme sowohl für Neu- als auch für Bestandsbauten. Für Gebäude mit Keller oder Hanglage ist die vertikale Ausführung einer Radondrainage ebenso möglich.

Die kombinierte Ausführung mit flächigen Abdichtungen erhöht die Effektivität von Radondrainagen.

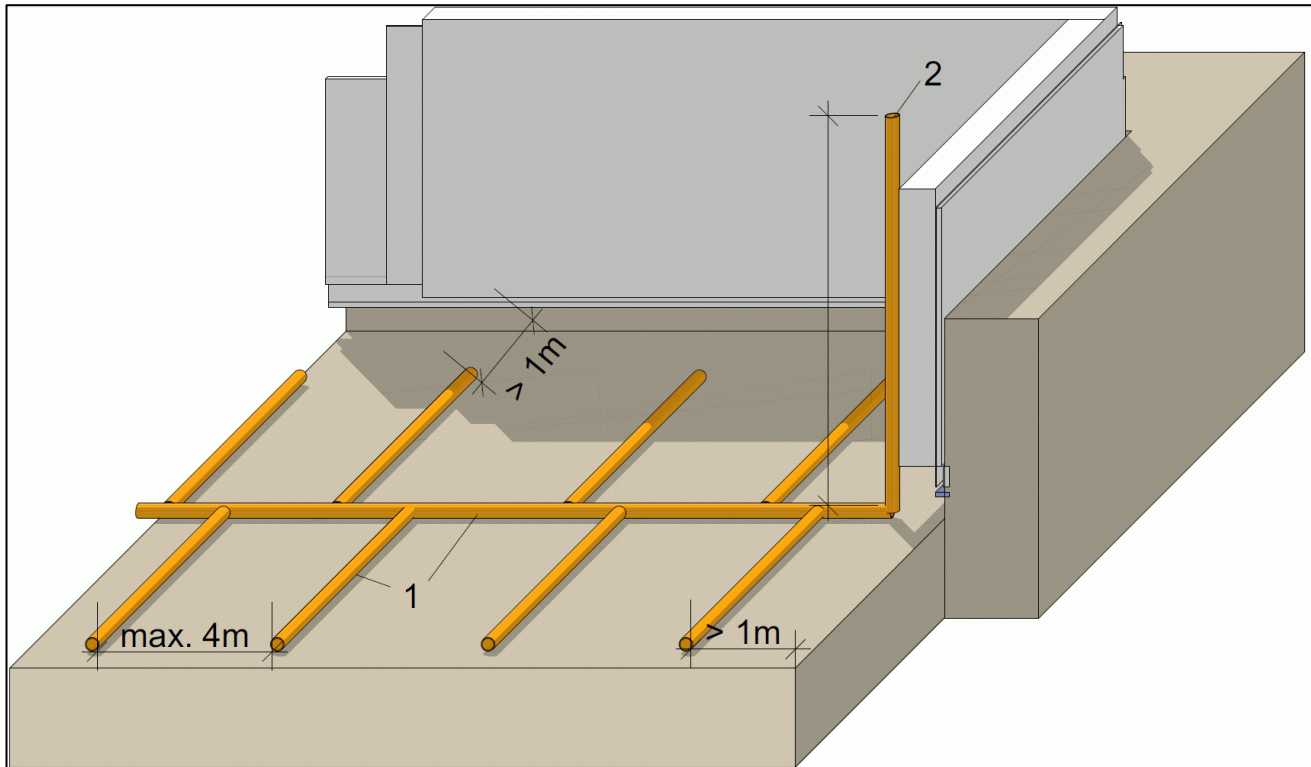


Abb. 57: Verlegebeispiel Radondrainage

1_Drainageleitungen 2_Steigleitung

Anwendung Neubau

Wird der Radonschutz bereits in der Planungsphase berücksichtigt, ergibt sich für Neubauprojekte eine relativ kostengünstige sowie gering störanfällige Schutzmaßnahme. Der Aufbau erfolgt unterhalb der Bodenplatte und beginnt, sofern nicht schon vorhanden, mit dem Aufschütten einer gut luftdurchlässigen Kiesschicht. So wird eine effektive Funktion sichergestellt und Rohrabstände bis zu 4,0 m sind möglich. Anschließend werden alle Drainagerohre zusammengeführt und an mindestens ein Entlüftungsrohr angeschlossen. Zum Schutz der Funktion wird bis ca. 5,0 cm über Oberkante Drainagerohr Kies aufgeschüttet und anschließend mit einer PE-Folie abgedeckt. Danach erfolgt der weitere Fußbodenaufbau.

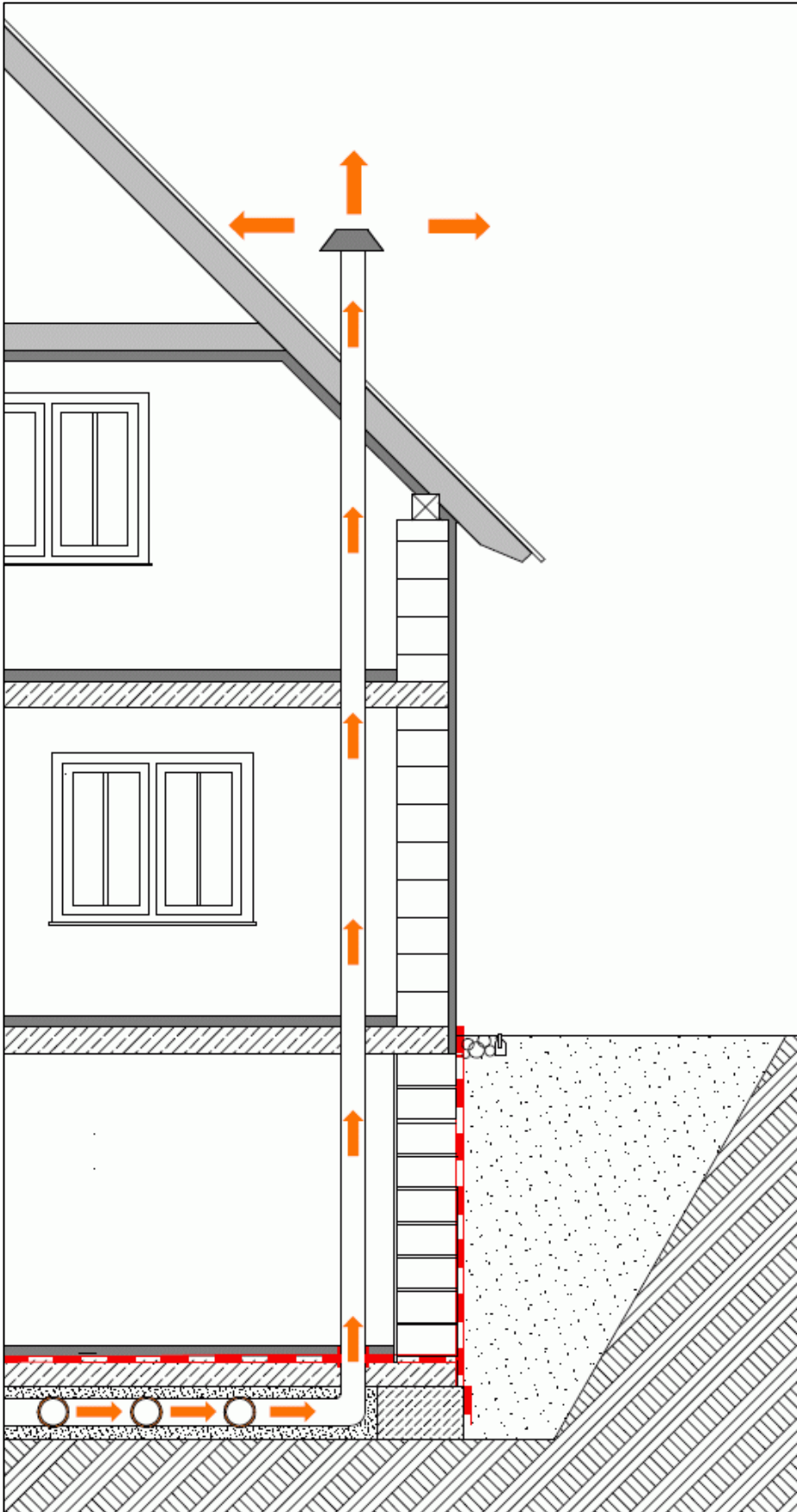


Abb. 58: Vertikalschnitt Radondrainage, Neubau

Abbildung 58 zeigt einen Neubau mit Radondrainage. Die innenliegende Entlüftungsführung endet mit einer Abluftöffnung über dem Dach.

Um die Effektivität der Radonschutzmaßnahme zu erhöhen, ist, unabhängig von der Feuchtebelastung, eine flächige Abdichtung vorgesehen.

Die Entlüftung durch den natürlich auftretenden Auftrieb kann bei Bedarf durch eine mechanische Rohrventilation ersetzt werden.

Anwendung Bestandsbau

Aufgrund der im Bestandsbau üblichen Planungsunsicherheit, ist eine verlässliche Aussage der erforderlichen Investitionen nur nach erfolgter Bestandsaufnahme möglich. Sind ohnehin Sanierungsmaßnahmen im Bereich des Fußbodenaufbaus erforderlich, z. B. im Zuge einer energetischen Modernisierung, bietet sich die Ausführung analog zum Neubau an.

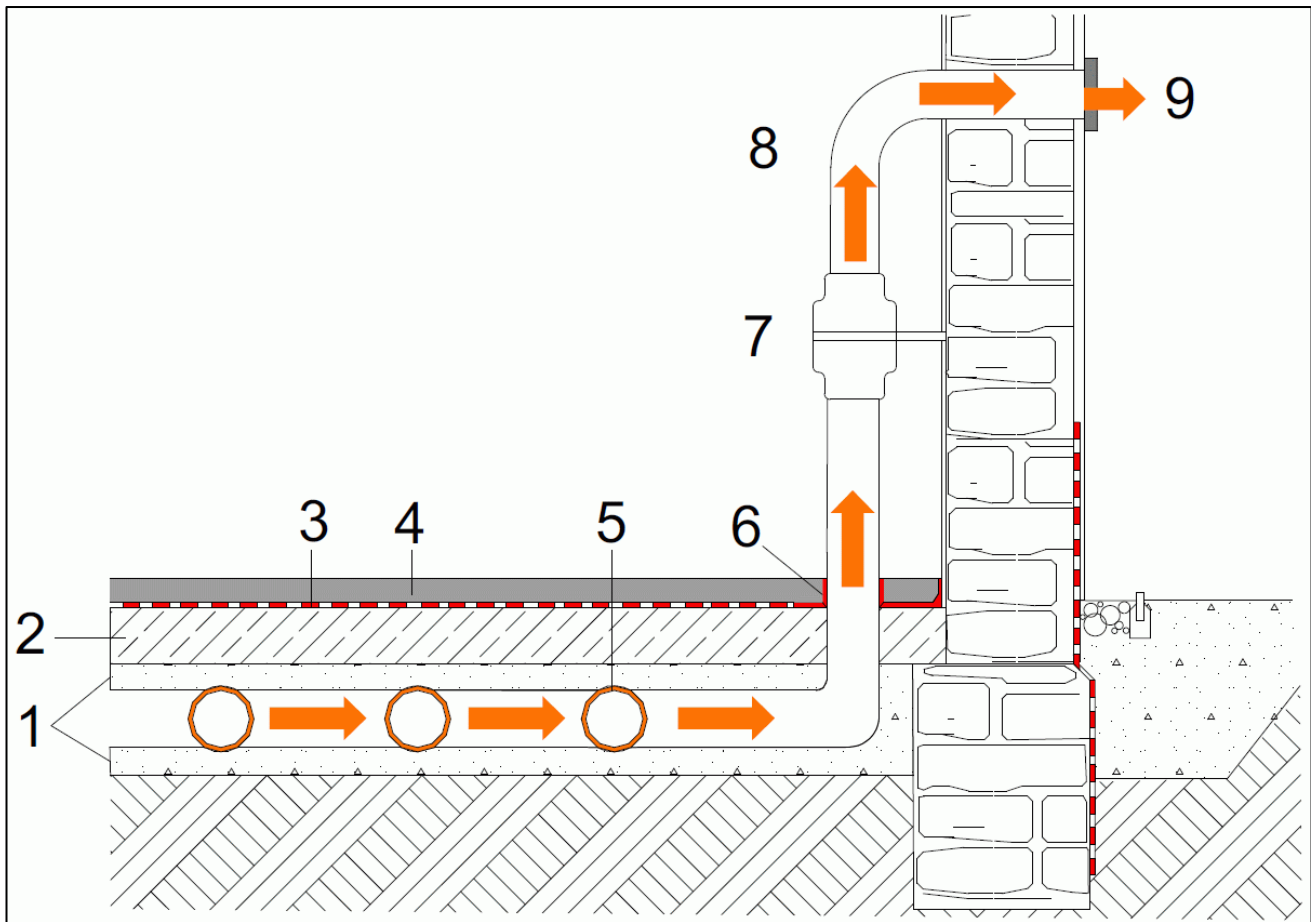


Abb. 59: Vertikalschnitt Radondrainage, Bestandsbau

1_Kiesschicht 2_Bodenplatte bzw. Sauberkeitsschicht 3_Abdichtung (z. B. nach DIN 18533) 4_Fußbodenaufbau 5_Drainagerohr DN 100 6_Rohrdurchführung 7_Rohrventilator 8_Entlüftungsrohr DN 100 9_Abluftöffnung mit Staub- und Insektenschutz

Abbildung 59 zeigt einen nicht unterkellerten Bestandsbau. Im Rahmen einer energetischen Sanierung ist der Fußboden neu aufgebaut und gleichzeitig eine Radondränage eingebaut worden.

Um die Effektivität der Radonschutzmaßnahme zu erhöhen, ist, unabhängig von der Feuchtebelastung, eine flächige Abdichtung vorgesehen.

Die Rohrführung verlangt eine gasdichte Bauteildurchführung im Fußboden und eine Bauteilöffnung im Wandbereich.

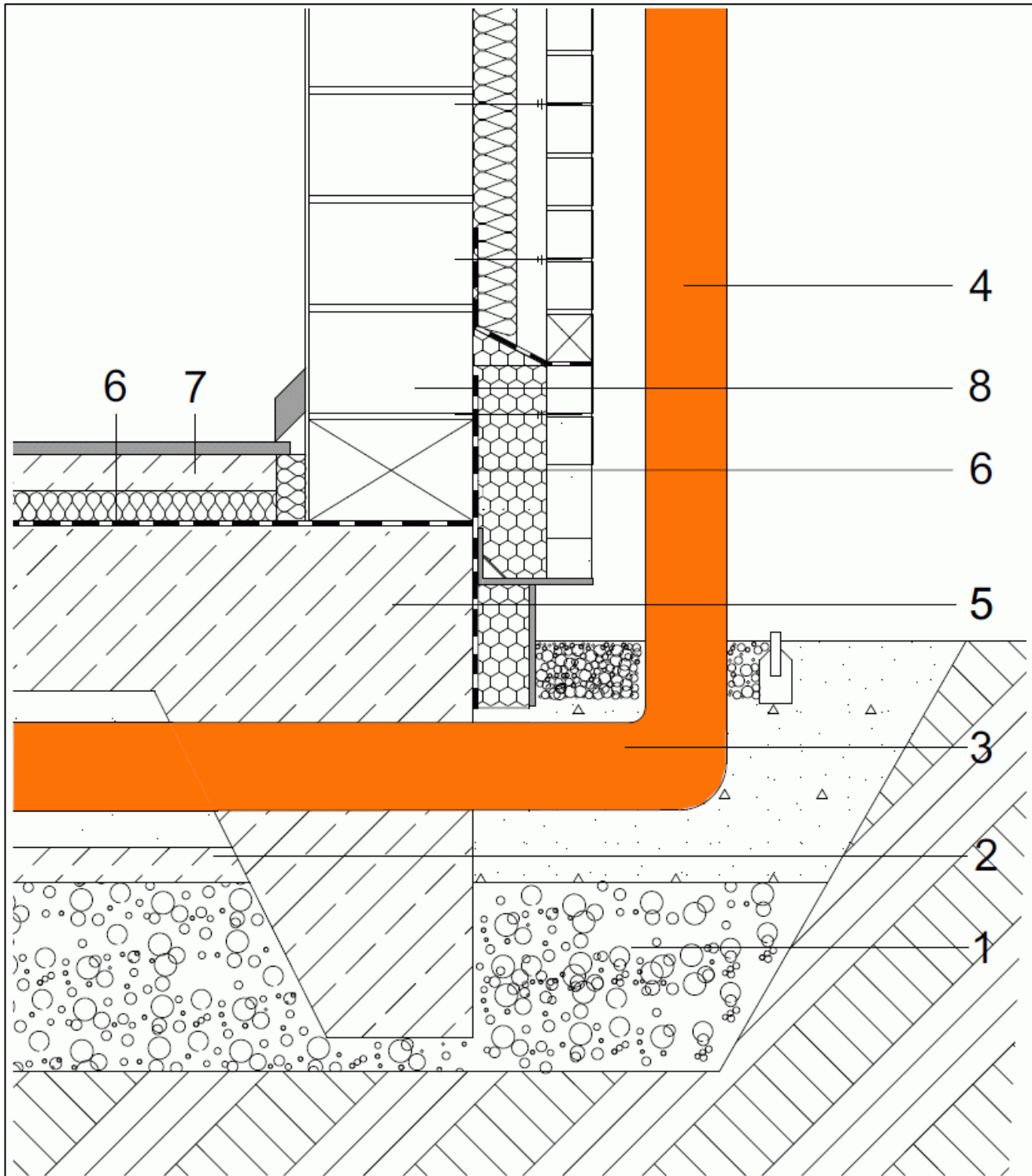


Abb. 60: Anschlussdetail Außenwand / Bodenplatte mit Frostschräge und Radondrainage

1_kapillarbrechende Schicht 2_Sauberkeitsschicht 3_Drainagerohr (Sammelrohr) 4_Entlüftungsrohr
5_Stahlbetonbodenplatte 6_Abdichtung 7_Fußbodenaufbau 8_Außenwand

- Verlegung der Radondrainage unterhalb der Stahlbeton Bodenplatte in einem Kiesbett
- >5,0 cm Kiesüberdeckung oberhalb der Drainagerohre
- Das Entlüftungsrohr kann außerhalb der Gebäudehülle entlang geführt werden und benötigt keine aufwendige Bauteildurchführung
- Die Entlüftungsöffnung ist mindestens 2,0 m entfernt von Gebäudeöffnungen zu platzieren

Kombinierte Radondrainage mit flächiger Abdichtung, Neubau

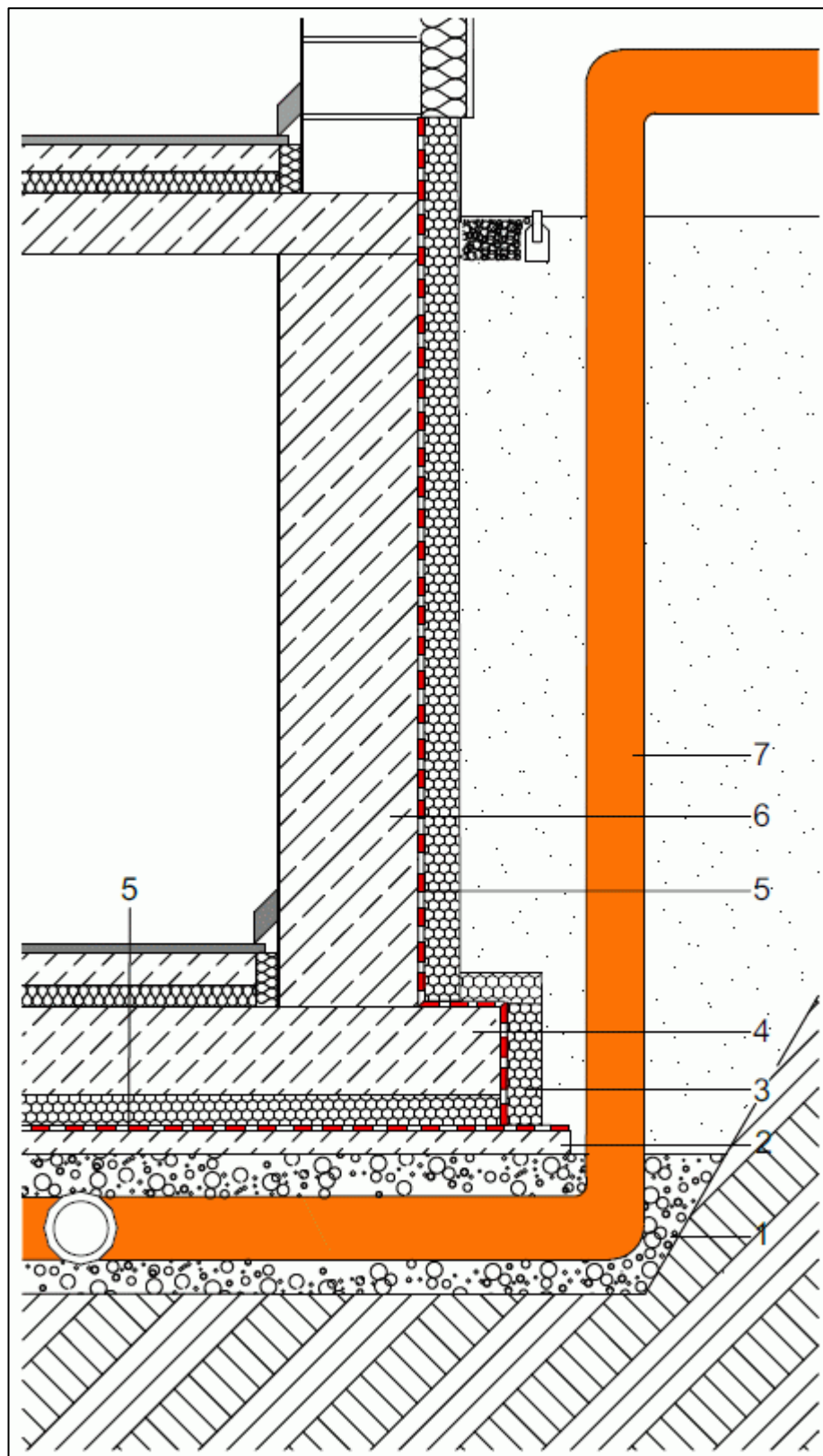


Abb. 61: Vertikalschnitt Bodenplatte / Kelleraußenwand Radondrainage

1_kapillarbrechende Kiesschicht 2_Sauberkeitsschicht 3_Perimeterdämmung 4_Stahlbetonbodenplatte
5_Abdichtung 6_Stahlbetonkellerwand 7_Entlüftungsröhr

Beispiel Radondrainage, Bestandsbau mit Hanglage und Kriechkeller

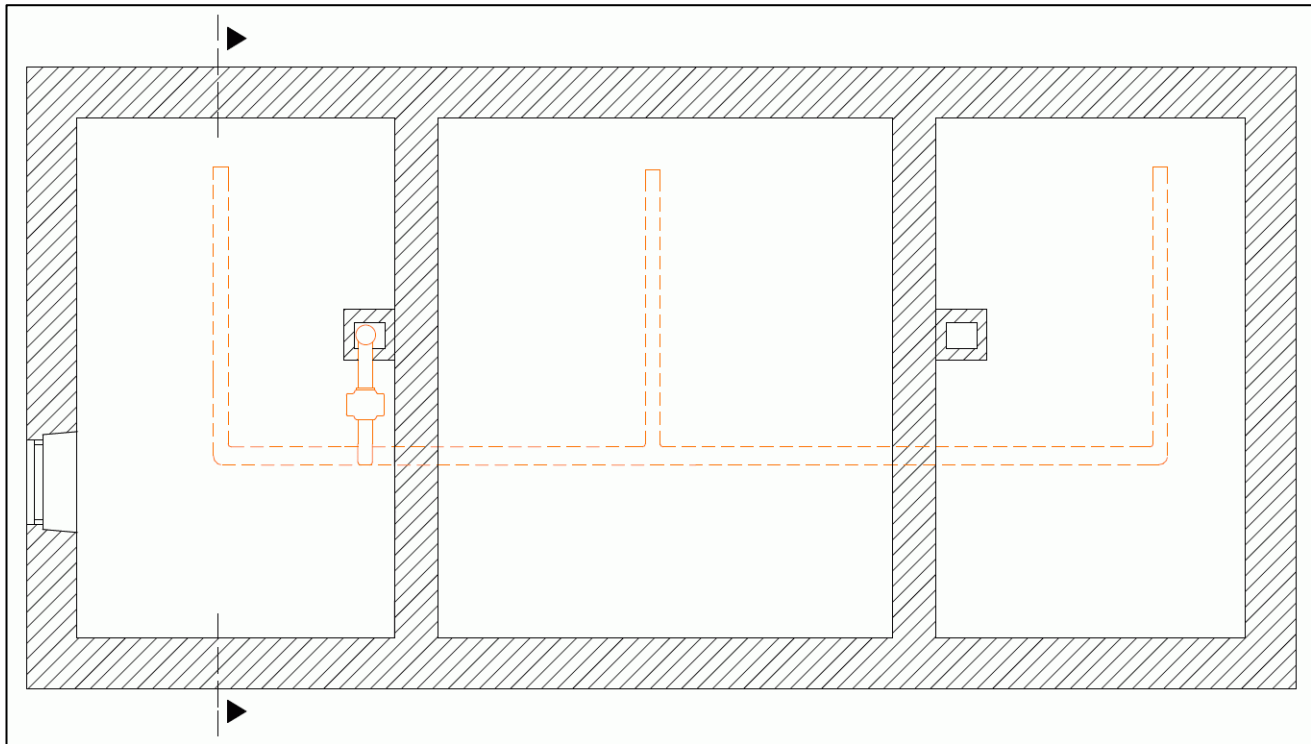


Abb. 62: Grundriss, Anordnung Radondrainage

- Bestehende und ungenutzte Schornsteine sowie
- Schächte können zur Rohrführung genutzt werden
- Die bestehenden Schornsteine und Schächte sind zur Sicherheit vor Fehlströmungen zu verrohren (z. B. mit Kunststoffrohren).

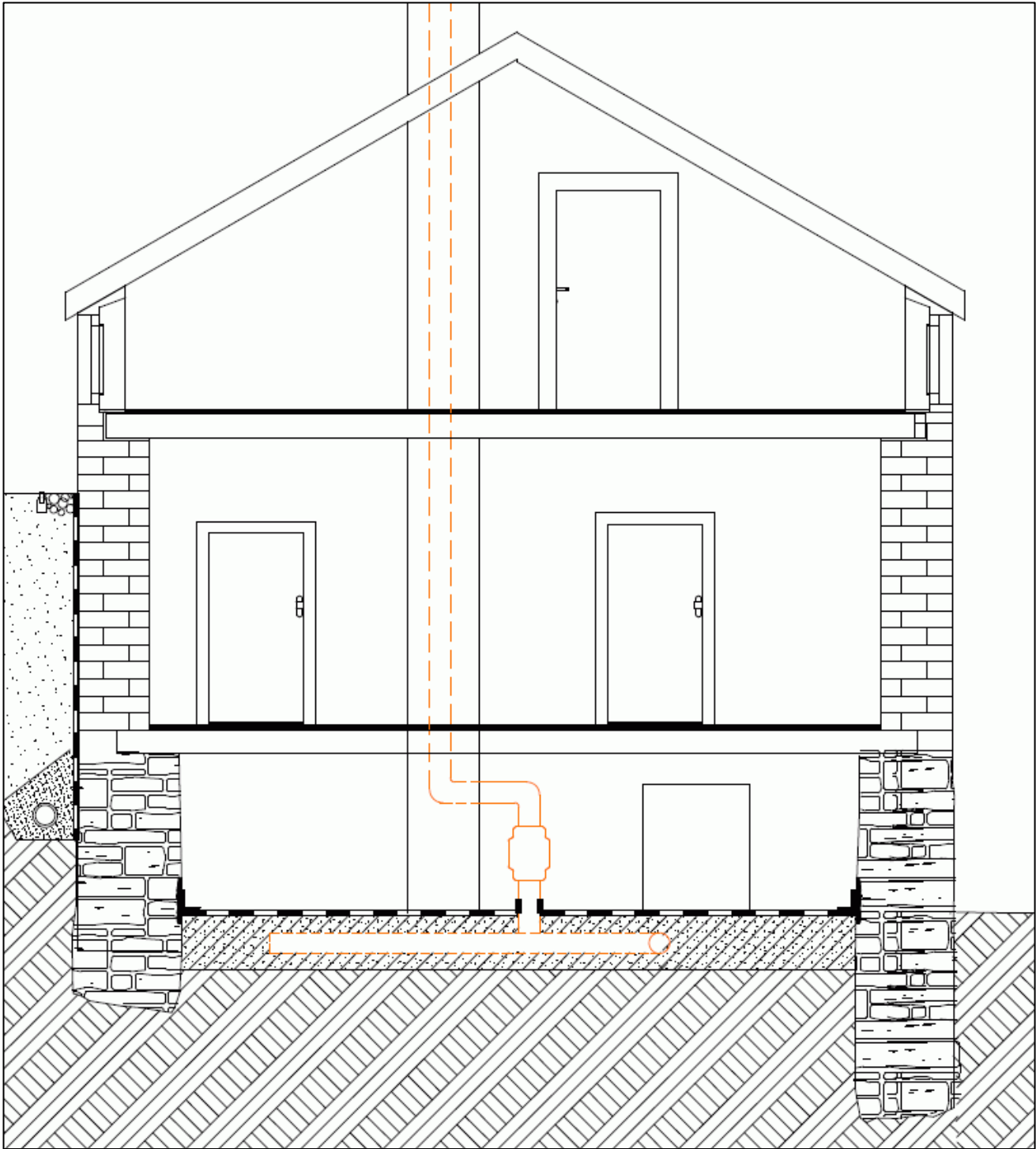


Abb. 63: Vertikalschnitt, Anordnung Radondrainage

Beispiel Radondrainage, Bestandsbau mit Kriechkeller

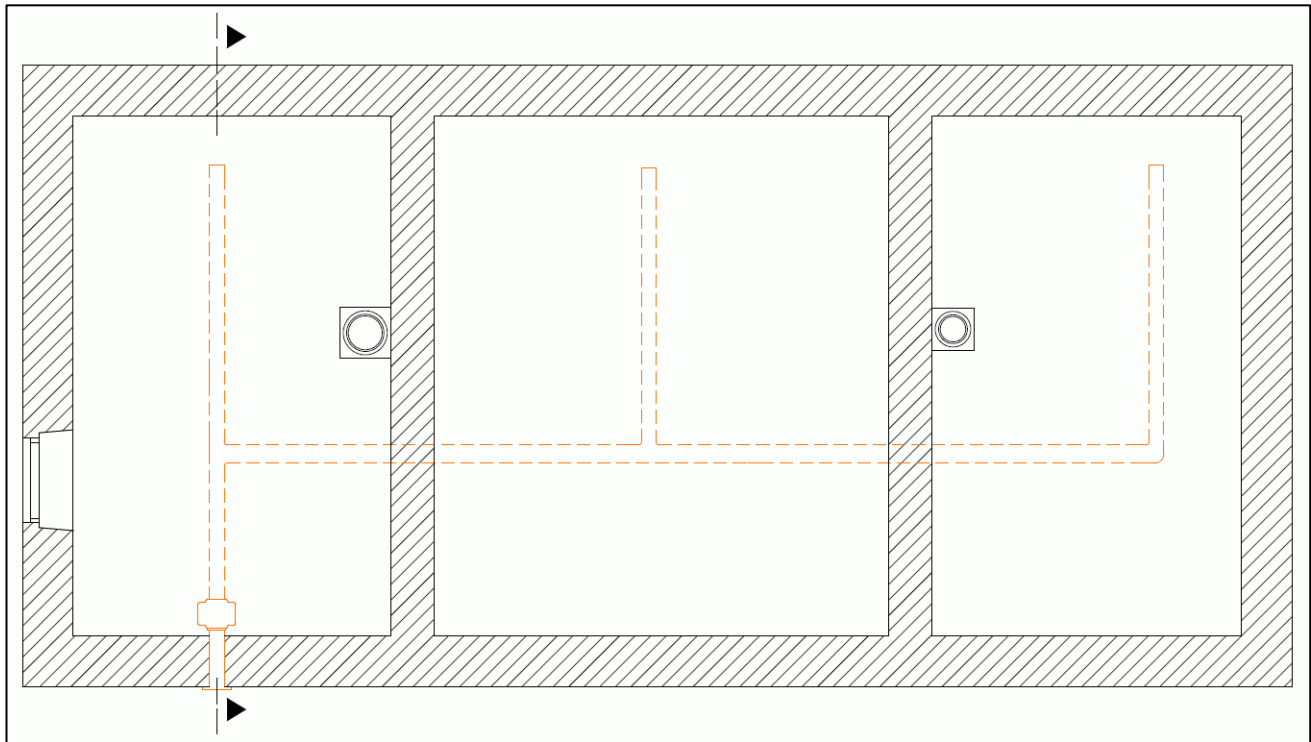


Abb. 64: Grundriss, Anordnung Radondrainage

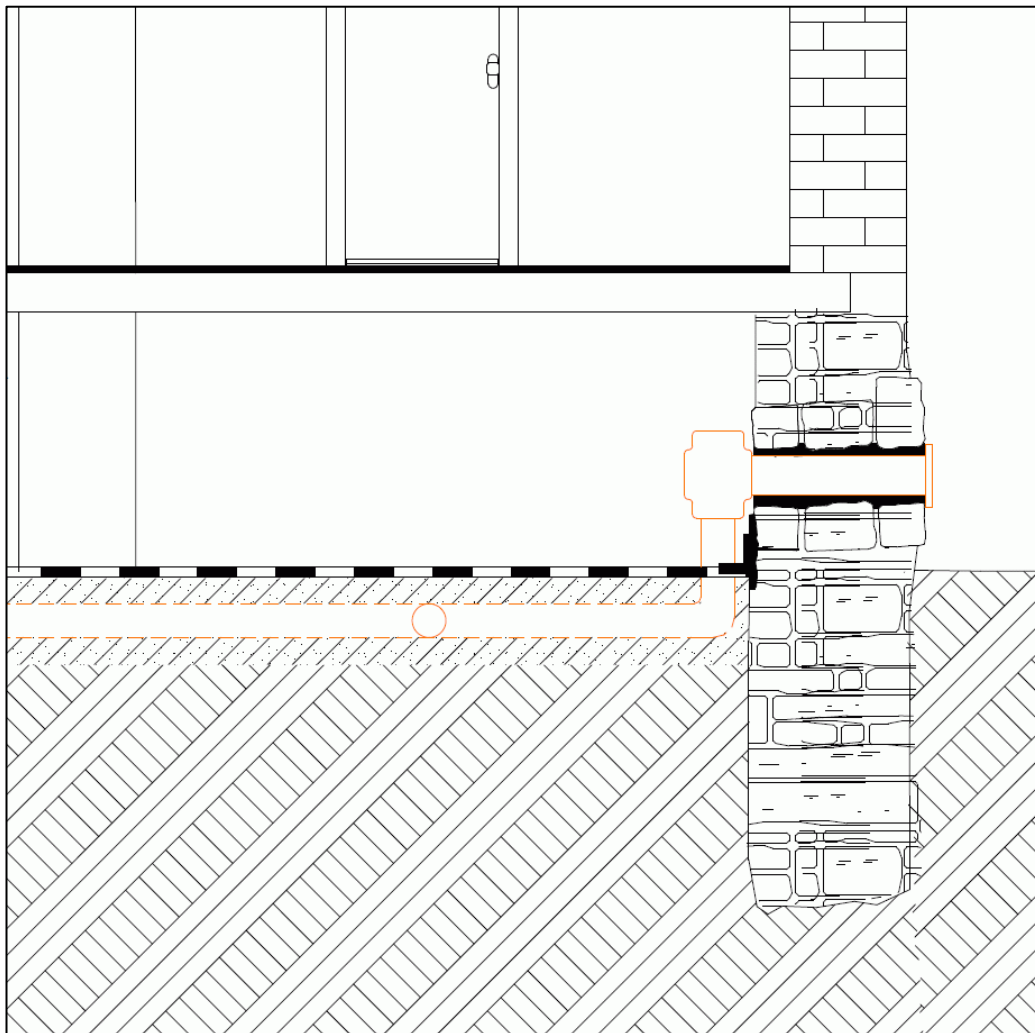


Abb. 65: Vertikalschnitt, Anordnung Radondrainage

Beispiel Radondrainage, Bestandsbau mit Teilunterkellerung

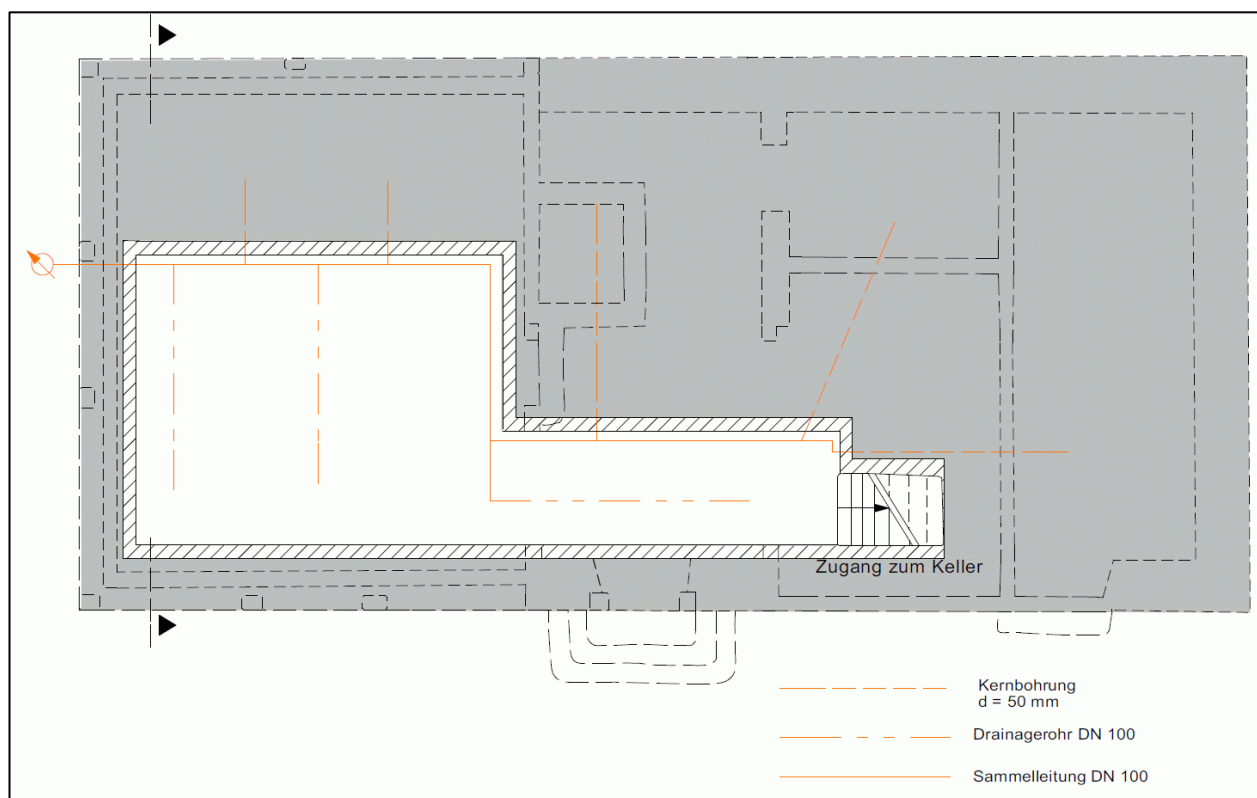


Abb. 66: Grundriss Kellergeschoss, innen liegende Radondrainage

- Teilunterkellerte Gebäude verlangen in den meisten Fällen kombinierte Lösungsansätze
- Der Fußbodenaufbau im Keller lässt sich sehr einfach um eine Radondrainage ergänzen
- Bereiche in denen kein Abbruch der Gebäudestruktur möglich ist, lassen sich mit Kernbohrungen erreichen

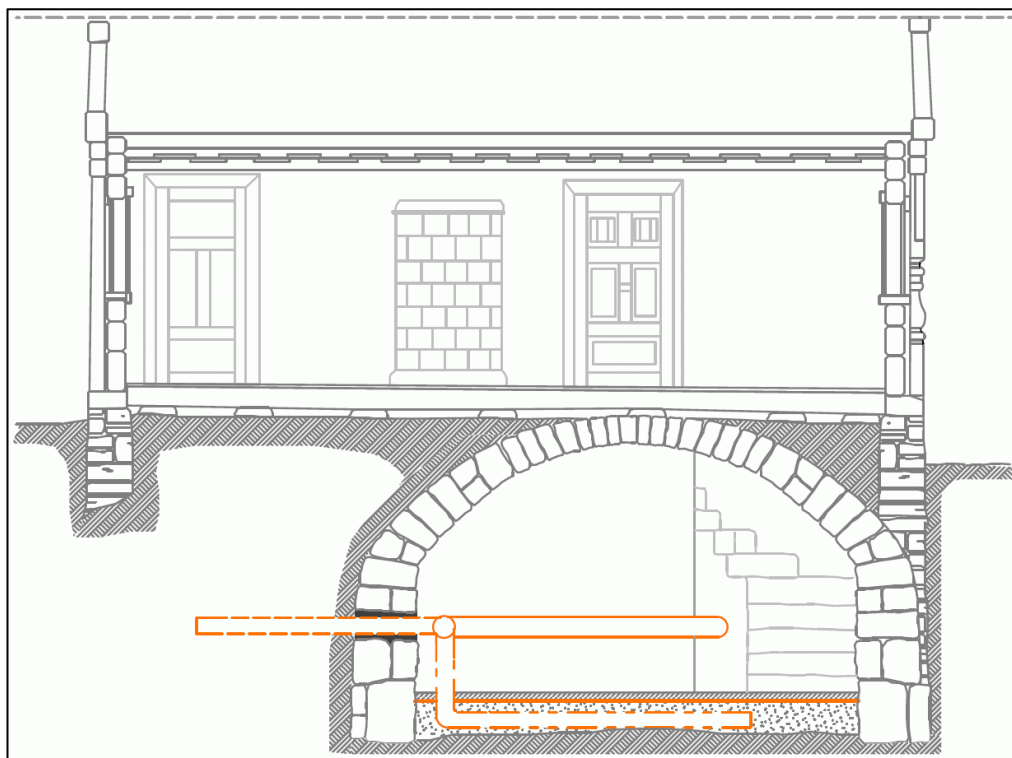


Abb. 67: Querschnitt teilunterkellertes historisches Gebäude, innen liegende Radondrainage

Beispiel Radondrainage im Sockelbereich (Sonderfall)

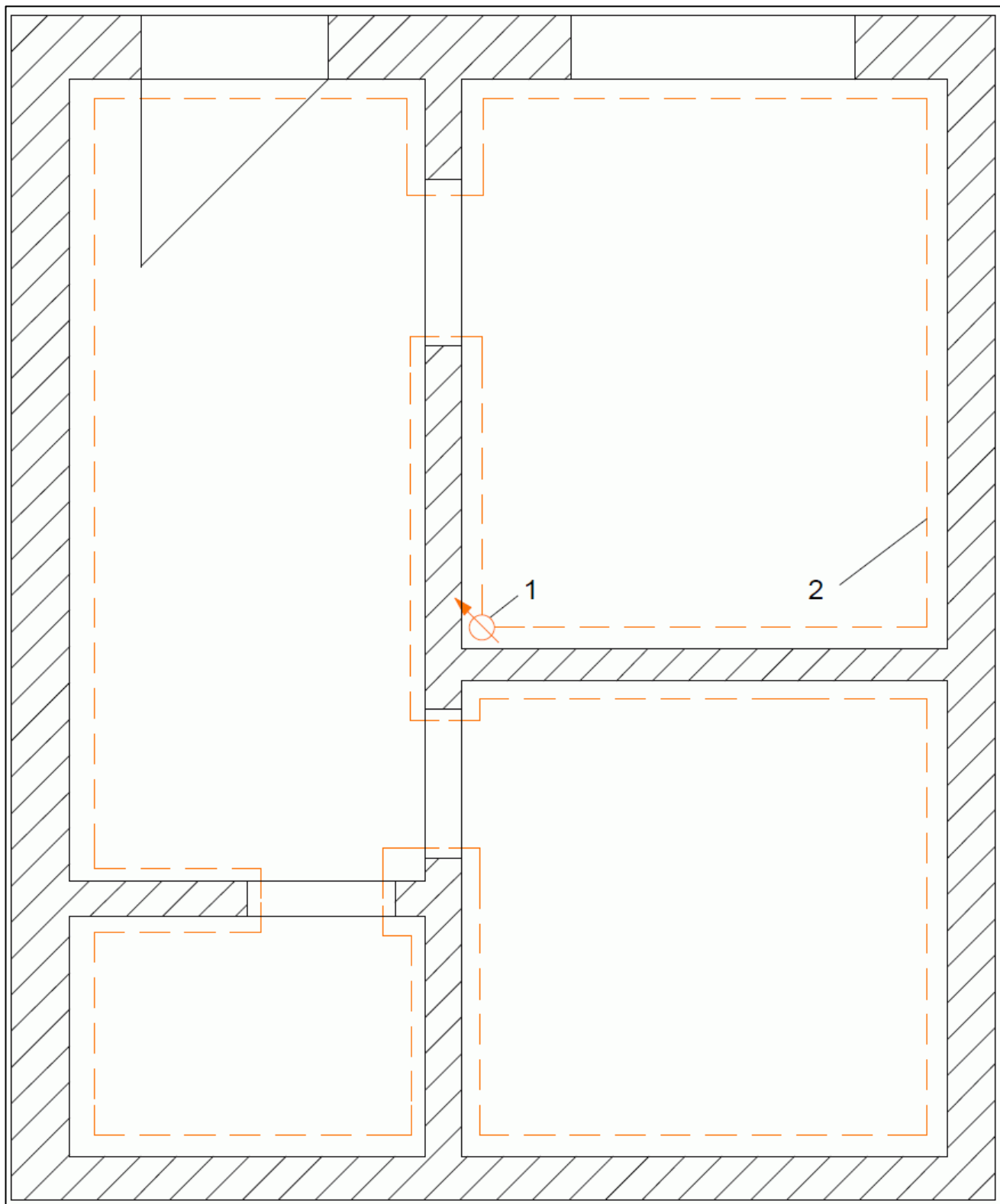


Abb. 68: Grundriss, Anordnung Radondrainage am Wandanschluss

1_Entlüftungsrohr 2_Drainagerohr

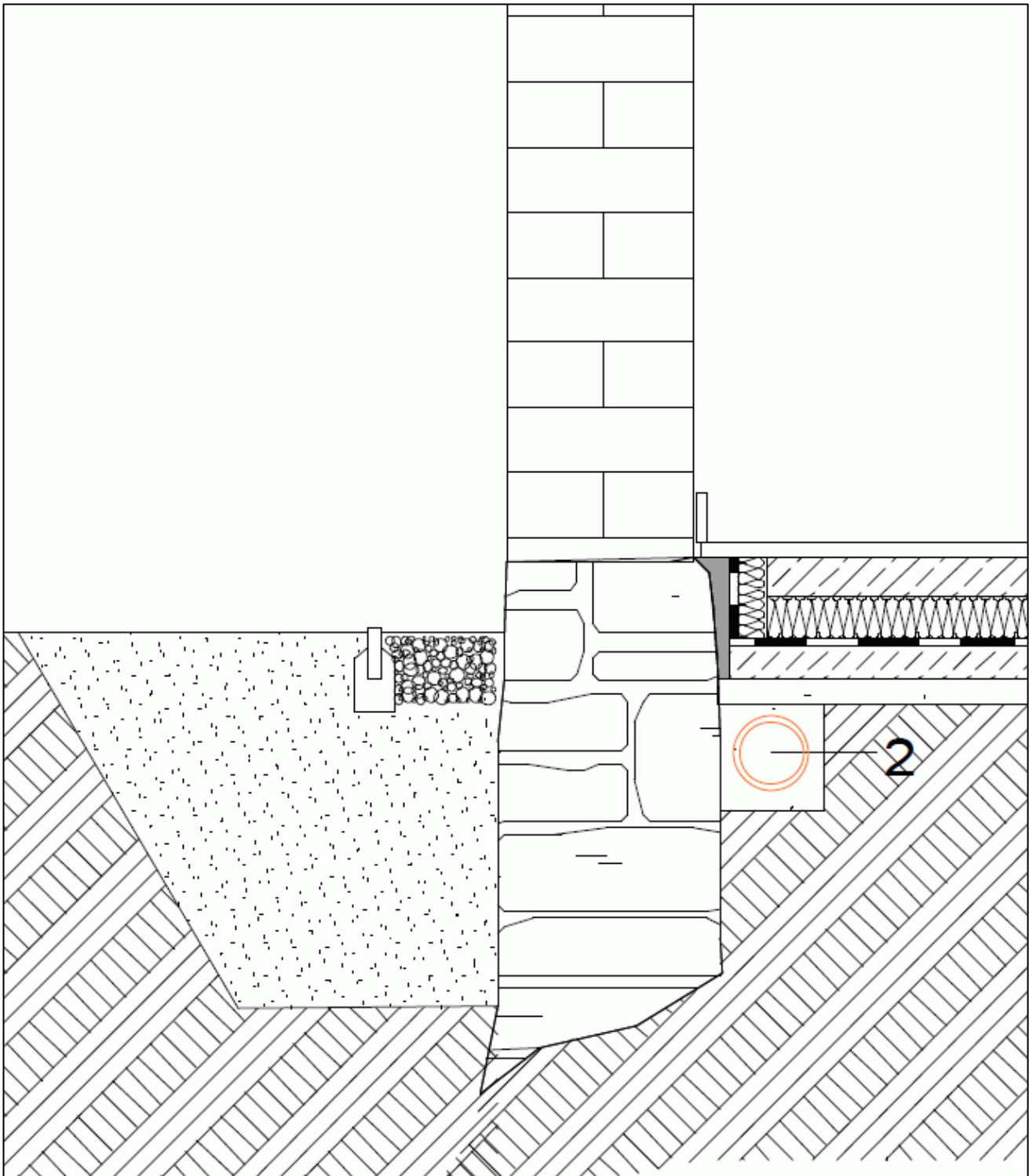


Abb. 69: Detail Wandanschluss, Radondrainage Variante 1
(2_Drainagerohr, s. o.)

Radondrainage für Bestandsgebäude

- Die Verlegung erfolgt im Sockelbereich der Außen- und Innenwände.
- Einbau im Zusammenhang mit Neuaufbau des Fußbodens.
- Diese Lösung funktioniert nur, wenn das Erdreich genügend durchlässig ist.
- Alternativ kann hier auch ein Radonbrunnen vorgesehen werden.

6.5.3 Radonbrunnen

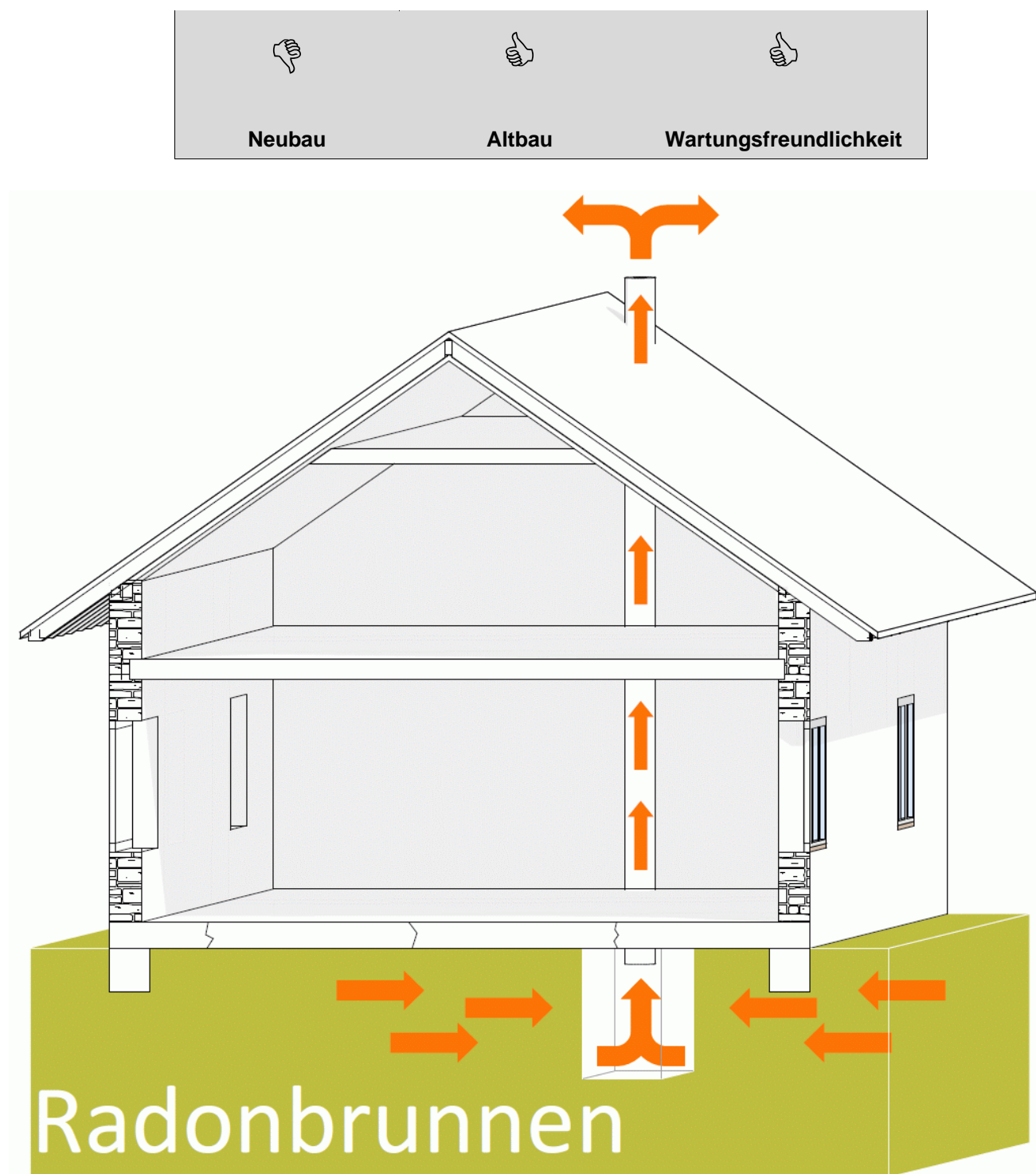


Abb. 70: Schematische Darstellung Radonbrunnen

Als Radonbrunnen werden perforierte Schächte unter dem Fußbodenniveau oder direkt neben dem Gebäude bezeichnet. Durch das Erzeugen von Unterdruck in diesen Schächten wird radonhaltige Bodenluft aus dem umliegenden Erdreich angesaugt und über eine Rohrleitung an die Atmosphäre abgegeben. Dabei eignen sich Radonbrunnen in erster Linie bei gut durchlässigen Böden. Hohlräume im Fußbodenaufbau (z. B. Holzdielenfußboden auf Lagerhölzern) erhöhen ebenfalls die Reichweite und Effektivität von Radonbrunnen. Die Ausführung in Böden mit geringer Permeabilität erfordert die Anordnung mehrerer Radonbrunnen.

Erdreich auf Durchlässigkeit prüfen

Undurchlässige sowie sehr stark durchlässige Böden verhindern die Funktionsfähigkeit einer Unterdruckabsaugung. Demnach ist vor der Ausführung in jedem Fall die Permeabilität des anstehenden Erdreichs zu untersuchen. Aufgrund fehlender Vorschriften bzw. Empfehlungen, obliegt es dem Planer, das untersuchte Erdreich hinsichtlich seiner Eignung für die Bodenluftabsaugung einzustufen. Den Idealfall stellen vollflächige Kies- bzw. Schotterschichten unterhalb von massiven Fußböden dar. Die Reichweite von Radonbrunnen ist stark von der Permeabilität des Erdreichs abhängig und liegt in der Regel zwischen 5 und 20 m. Entsprechend - http://www.strahlenschutz.sachsen.de/download/strahlenschutz/tg6_tagungsband_langfassung-kpl.pdf - (S. 78) können bei sehr durchlässigen Böden Reichweiten bis zu 40 m erreicht werden. Streifenfundamente und ähnliche unter-irdische Bauteile können eine Barriere für die Wirksamkeit darstellen, wenn diese die Schicht, aus der abgesaugt wird, unterbrechen. In diesen Fällen müssen ggf. mehrere Radonbrunnen angeordnet werden.

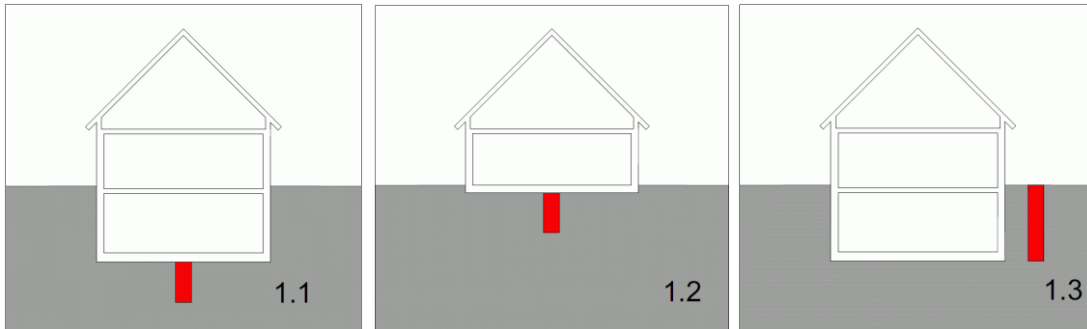
Gründe, die für einen Radonbrunnen sprechen:

- Sehr effektive Radonschutzmaßnahme, auch bei sehr hohen Radonkonzentrationen
- Verursacht vergleichsweise geringe bauliche Aufwendungen und Kosten
- Vorhandene Pumpen- und Sickerschächte können genutzt werden
- Ausführung auch außerhalb der Gebäudehülle möglich

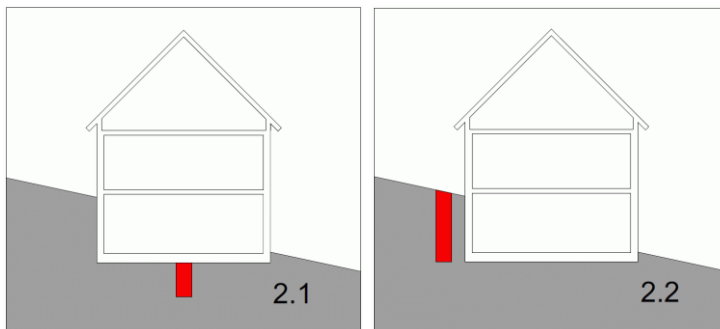
Mögliche Anordnungsvarianten sind in Abb. 71 bis 73 (s. folgende Seiten) zusammengefasst.

Fall 1:

Ebenes Gelände und gerader unterer Gebäudeabschluss (mit oder ohne Unterkellerung), Radonbrunnen unter oder neben dem Gebäude. Die Anordnung unter dem Gebäude ist wirksamer als neben dem Gebäude.

**Fall 2:**

Hängiges Gelände und gerader unterer Gebäudeabschluss, Radonbrunnen unter oder neben dem Gebäude. Gegenüber Fall 1 insgesamt ungünstiger. Auch bei dieser Ausgangssituation ist die Lage unter dem Gebäude wirksamer als neben dem Gebäude.

**Fall 3:**

Ebenes Gelände und Teilunterkellerung, Radonbrunnen unter oder neben dem Gebäude; Fall 3.1 ist nur bei ungenutztem Keller anzuwenden. Ggf. müssen – wie in Fall 3.3. dargestellt – zwei Radonbrunnen vorgesehen werden.

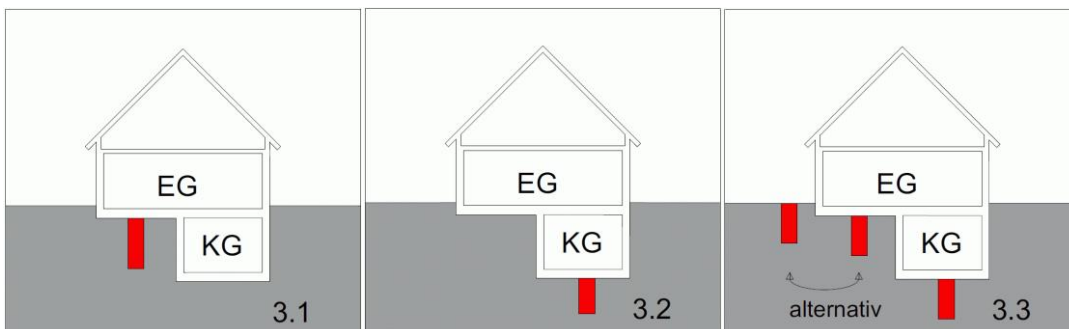
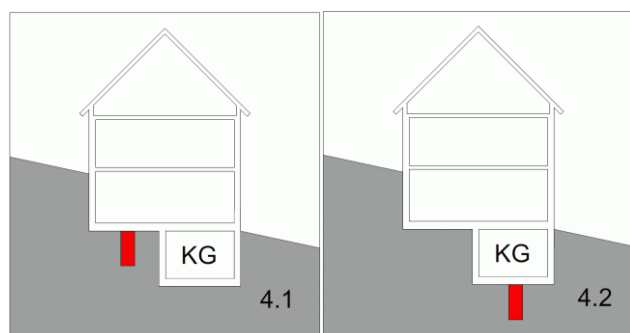


Abb. 71: Anordnungsvarianten von Radonbrunnen – Teil 1 (Fall 1 bis 3)

Fall 4:

Hängiges Gelände und Teilunterkellerung; Einschätzung der Untervarianten wie in Fall 3.



Fall 5:

Hängiges Gelände, Splitlevel-Bauweise: Gleiche Einschätzung wie Fall 3. Auch bei dieser Situation werden häufig zwei Radonbrunnen auf verschiedenen Ebenen erforderlich.

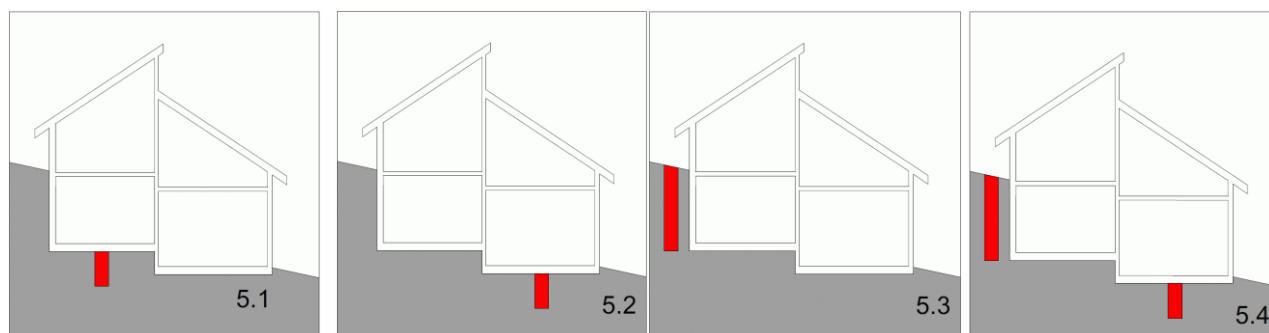


Abb. 72: Anordnungsvarianten von Radonbrunnen – Teil 2 (Fall 4 und 5)

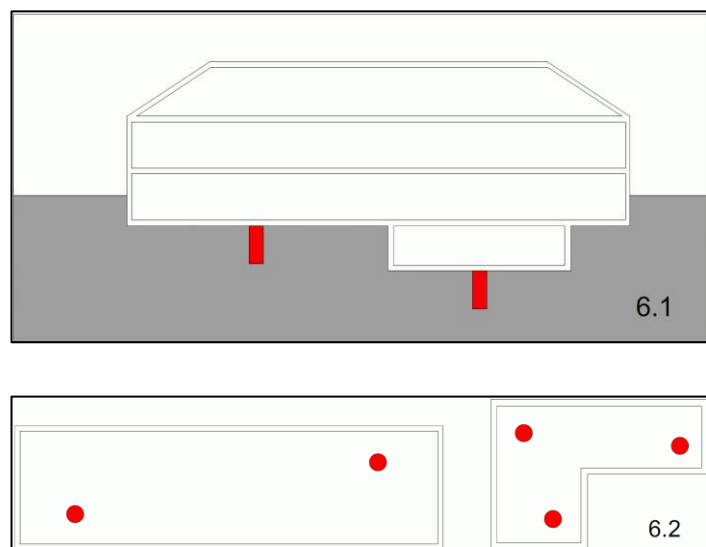


Abb. 73: Beispiele für die Anordnung von Radonbrunnen, große Gebäude

Aufbau Radonbrunnen

Radonbrunnen lassen sich mit einem verhältnismäßig geringen Aufwand herstellen (s. auch Abschnitt 9). Dazu werden z. B. Ziegelsteine in einem Lochverband aufgestellt und abschließend mit einer Beton- oder Metallplatte abgedeckt (s. Abbildung 74). Weitere Möglichkeiten für die Herstellung des Schachtes sind der Einbau fertiger Schachtsysteme. Die Grundrissabmessungen des Radonschachtes sind für die Funktionsfähigkeit unerheblich. Von Bedeutung ist aber, dass der Schacht bis in die Schicht, in der die Absaugung erfolgen soll, geführt ist. Insofern benötigen außerhalb des Gebäudes angeordnete Radonbrunnen zumeist deutlich tiefer reichende Schächte, als direkt unter der Bodenplatte angeordnete, da zum Aufbau eines Unterdruckes unter dem Kellerfußboden die darunter liegende Bodenschicht erreicht werden muss (s. auch Schemadarstellungen Abb.71 und 72).

Das Einfallen von umliegenden Erd- bzw. Kiesmassen wird durch ein Geotextil verhindert.

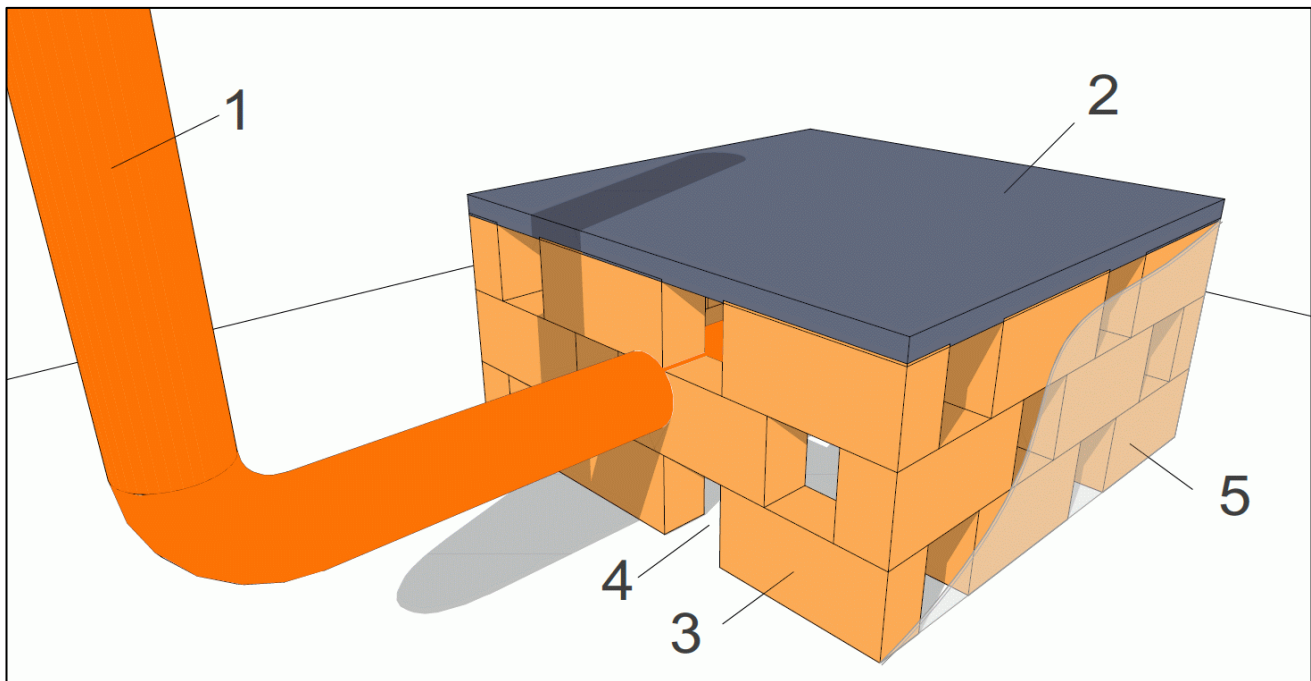


Abb. 74: Schematischer Aufbau Radonbrunnen

1_Entlüftungsröhr 2_Abdeckung Radonbrunnen 3_Ziegelstein 4_Ansaugöffnung 5_Geotextil

Hinweise zur Baudurchführung:

- Für einen effektiven Betrieb ist eine ausreichende Abdichtung zwischen Innenraum- und Bodenluft erforderlich.
- Schachtöffnungen und Rohrdurchführungen müssen gasdicht ausgeführt werden.
- Entlüftungsöffnungen sind mindestens 2,0 m von Fenstern, Türen oder sonstigen Gebäudeöffnungen entfernt anzuordnen.
- Fundamente von Innenwänden sowie luftführenden Schichten (z. B. Entwässerungsdrainagen) können die Reichweite der Absaugung reduzieren.

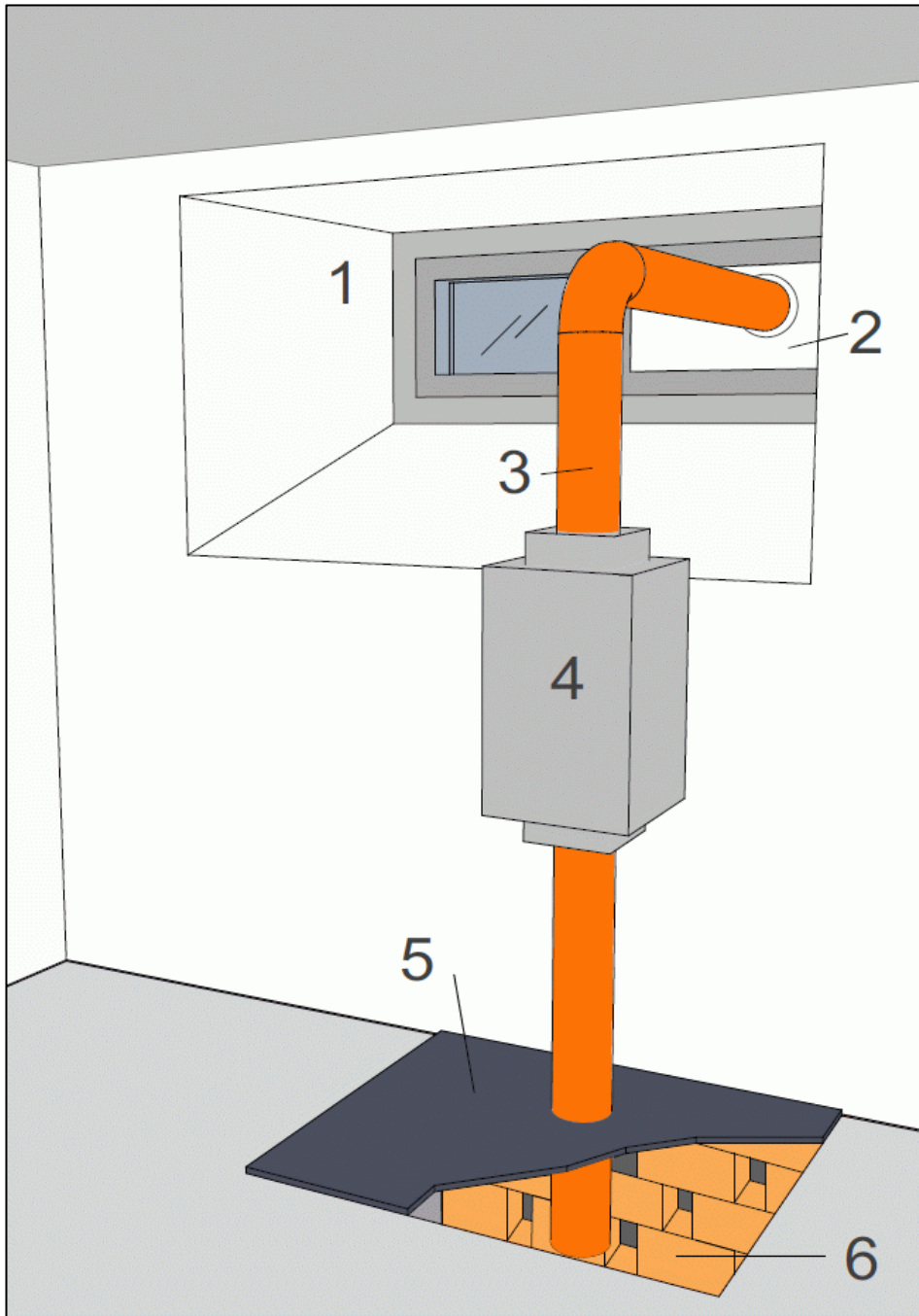


Abb. 75: Schematischer Aufbau Radonbrunnen

1_Fensteröffnung 2_angepasster Fensterflügel 3_Entlüftungsrohr 4_Rohrventilator, verkoffert
5_Abdeckung Radonbrunnen 6_Radonbrunnen

Provisorische Einrichtung von Radonbrunnen:

Da die Wirkungsweise im Vorfeld häufig nicht zweifelsfrei bestimmt werden kann, sind ggf. provisorische Versuchslösungen sinnvoll (s. Abb. 76). Insbesondere in größeren Gebäuden, bei denen evtl. mehrere Radonschächte anzuordnen sind, kann damit der Wirkungskreis eines Radonbrunnens experimentell bestimmt werden.

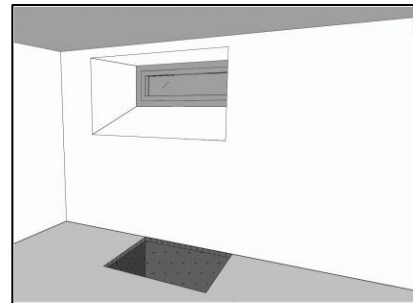
Die einzelnen Phasen der provisorischen Lösung sind wie folgt beschrieben:

Phase 0 (ohne Bild):

zeitaufgelöste Messung der Radonkonzentration in den einbezogenen Räumen.

Phase 1:

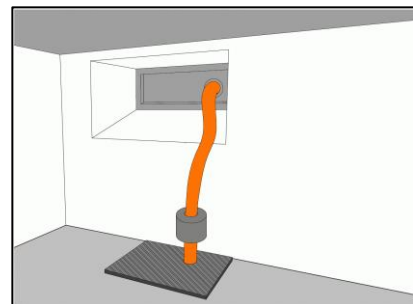
Es wird am geplanten Ort des Radonbrunnens eine Grube ausgehoben oder ein entsprechend großvolumiges Loch gebohrt. Diese Öffnung ist durch einfache bauliche Maßnahmen zu stabilisieren.



Phase 1

Phase 2:

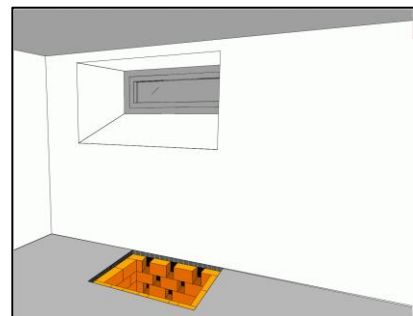
Die Grube erhält einen provisorischen gasdichten Abschluss zum Raum. Durch Absaugen der Luft aus dem Schacht wird die Wirkungsweise des Radonbrunnens getestet. Dabei können ggf. unterschiedliche Lüfterleistungen in den Test einbezogen werden. Die Messung der Radonkonzentration erfolgt in gleicher Weise in Phase 0.



Phase 2

Phase 3:

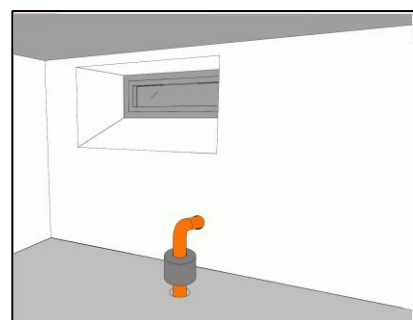
Abbau des Provisoriums und Einbau des endgültigen Radonbrunnens.



Phase 3

Phase 4:

Abschluss der Baumaßnahmen durch luftdichten Verschluss des Schachtes zum Raum hin, Einbau des endgültigen Lüfters und der Abluftführung sowie des endgültigen Fußbodens. Nach Abschluss der Baumaßnahmen soll durch Kontrollmessungen die Wirkungsweise nochmals geprüft werden.



Phase 4

Abb. 76: Phasen der Errichtung eines Radonbrunnens mit vorgeschalteter Probephase

Zusammenfassung

Mit der Errichtung von Radonbrunnen kann die Radonkonzentration in den Räumen deutlich, gesenkt werden. Zumeist liegt die Absenkung der Radonkonzentration über 90 %, bezogen auf den Ausgangswert. Aufgrund der sehr hohen Effektivität und dem verhältnismäßig geringen Baukosten (s. Abschnitt 9), sind Radonbrunnen eine der wesentlichsten Radonschutzmaßnahmen für Bestandsgebäude.

Beispiele zur Ausführung von Radonbrunnen

Anordnung mehrerer Radonbrunnen in einem Reihenhause

In Reihenhäusern oder aber Gebäuden mit einer großen Grundfläche müssen mehrere Radonbrunnen vorgesehen werden. In Abb. 77 sind hierfür zwei prinzipielle Lösungen dargestellt: Auf der linken Seite wird für jeden Radonbrunnen eine eigene Absaugung vorgesehen. In der Anordnung auf der rechten Seite werden die Radonbrunnen durch eine externe Rohrführung zusammengefasst und an einer Stelle zentral entlüftet. Wird diese Sammelleitung – wie hier dargestellt – außerhalb des Gebäudes geführt, entsteht im Inneren des Gebäudes kein zusätzlicher baulicher Aufwand.

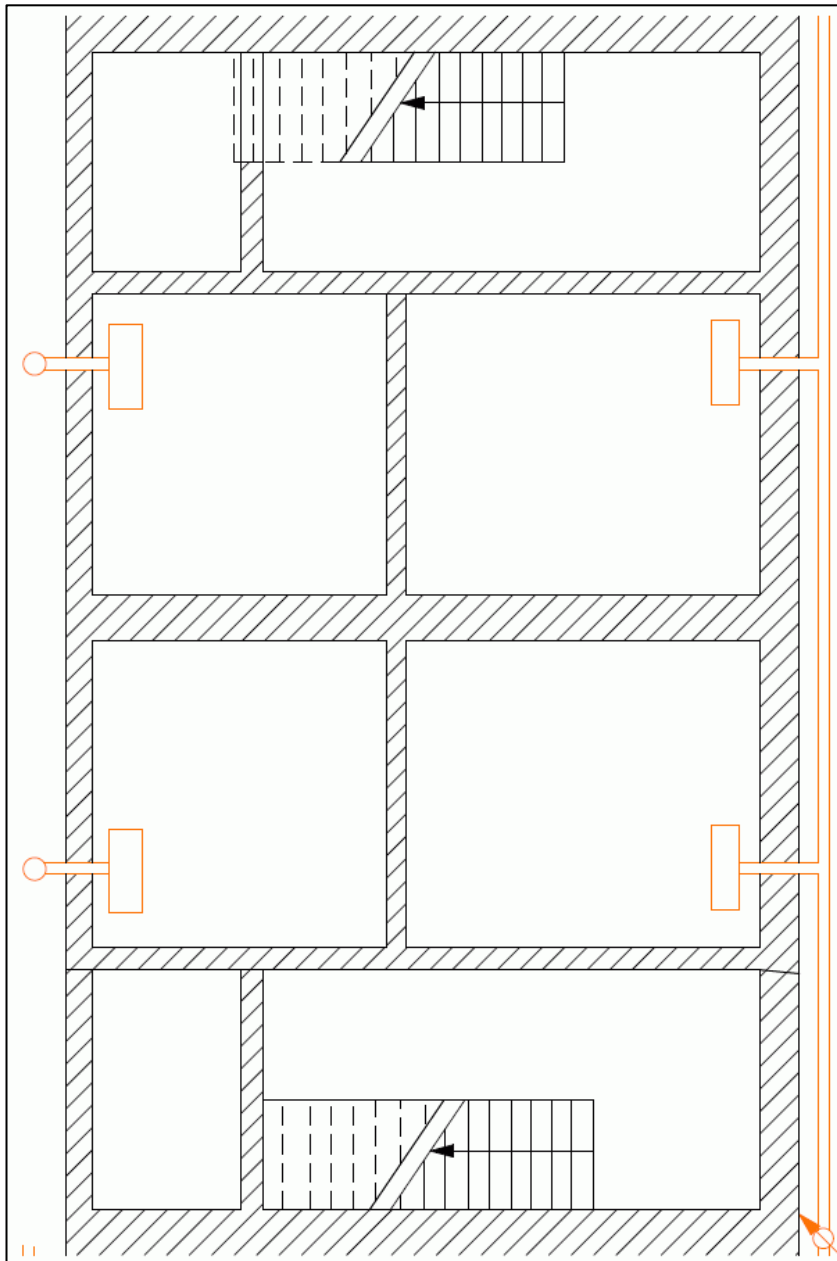


Abb. 77: Prinzipielle Lösungen für die Anordnung mehrerer Radonbrunnen unter einem Gebäude, einschließlich Darstellung der Rohrführung

Die im Folgenden dargestellten Varianten zeigen exemplarisch die Ausführung punktueller Absaugungen in Bestandsgebäuden. In Abhängigkeit von den lokalen Gegebenheiten und Ansprüchen lassen sich die dargestellten Varianten beliebig weiterentwickeln und individuell ausführen. Daraus ergibt sich ein hohes Maß an Flexibilität bei der Ausführung.

Variante 1: Punktförmige Absaugung über Kernbohrung im Fundament

- Für das Funktionieren ist eine gut durchlässige Bodenschicht (z. B. Kiesschicht) unter dem Boden erforderlich
- Außen angebrachte Rohrführung
- kein Eingriff in den Fußbodenaufbau erforderlich

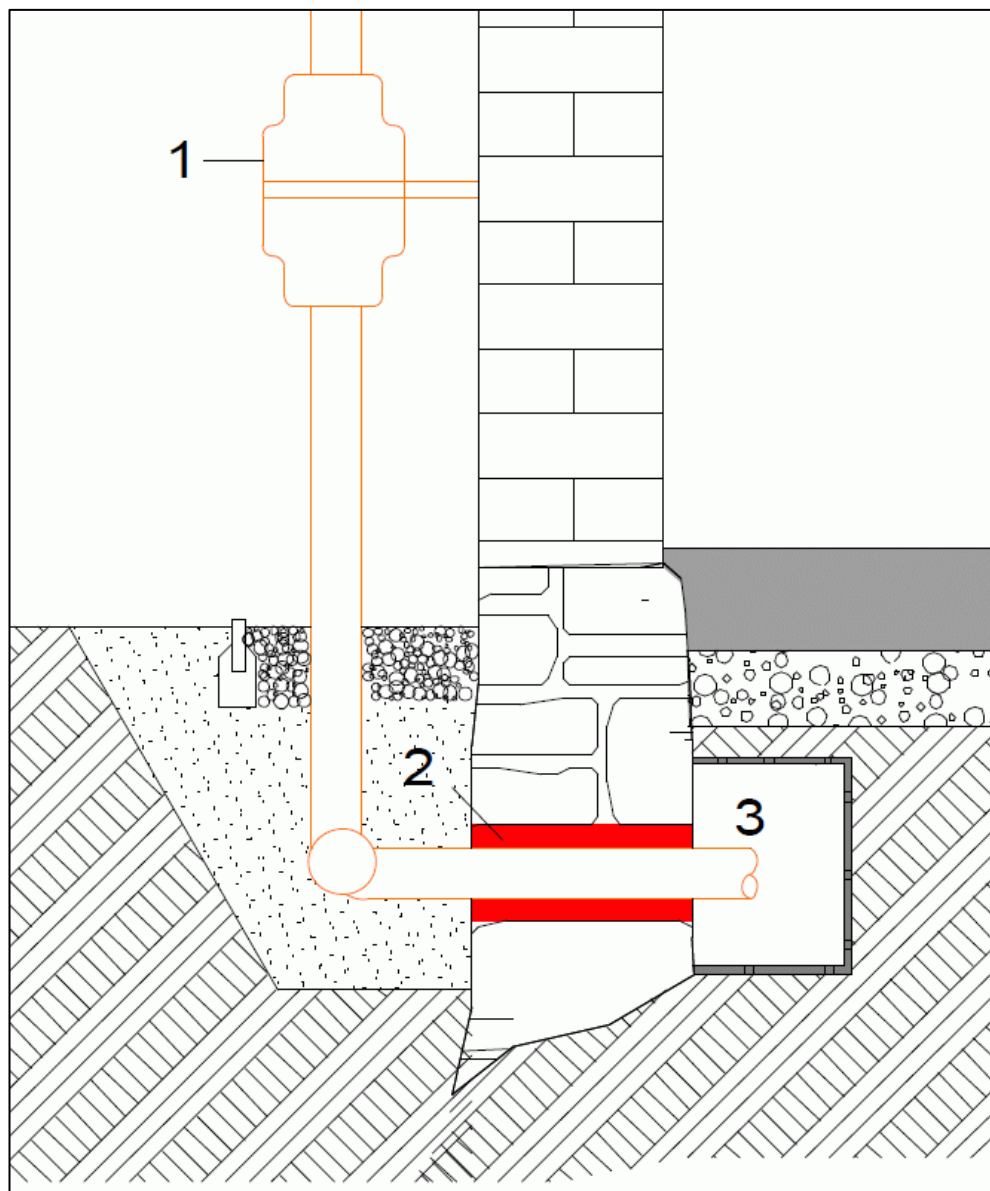


Abb. 78: punktförmige Absaugung, Sockeldetail Variante 1

1_Rohrventilator 2_Rohrdurchführung 3_Ansaugöffnung

Variante 2: Punktförmige Absaugung von innen (ohne Schachtbauwerk)

- Innen angebrachte Rohrführung
- Kernbohrung durch Fußbodenaufbau
- Hohlraum unterhalb des Fußbodens ist mit Grobkies bzw. Split auszufüllen

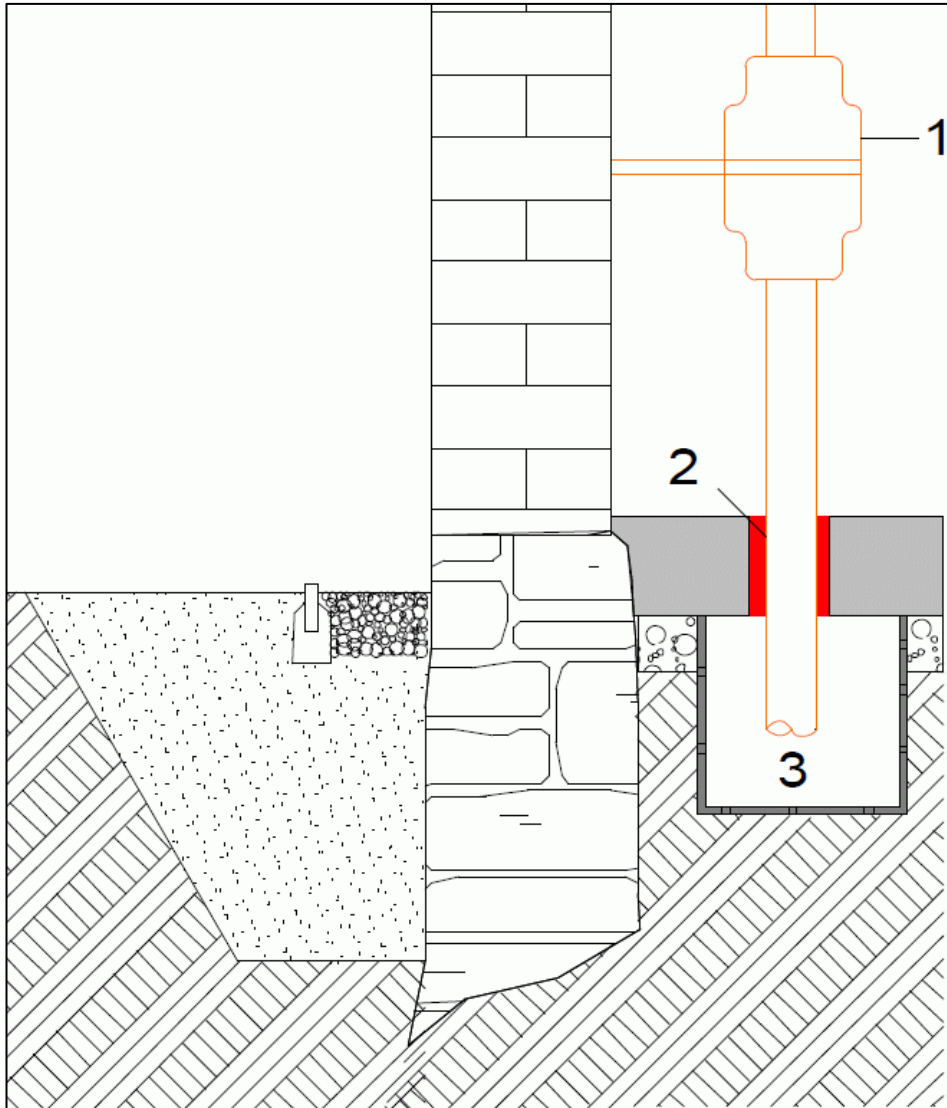


Abb. 79: Radonbrunnen, Sockeldetail Variante 2

1_Rohrventilator 2_Rohrdurchführung 3_Ansaugöffnung

Variante 3: Radonbrunnen unterhalb Fußboden, seitliche Rohrführung durch das Fundament

- Außen angebrachte Rohrführung
- Vollständig neuer Fußbodenaufbau erforderlich

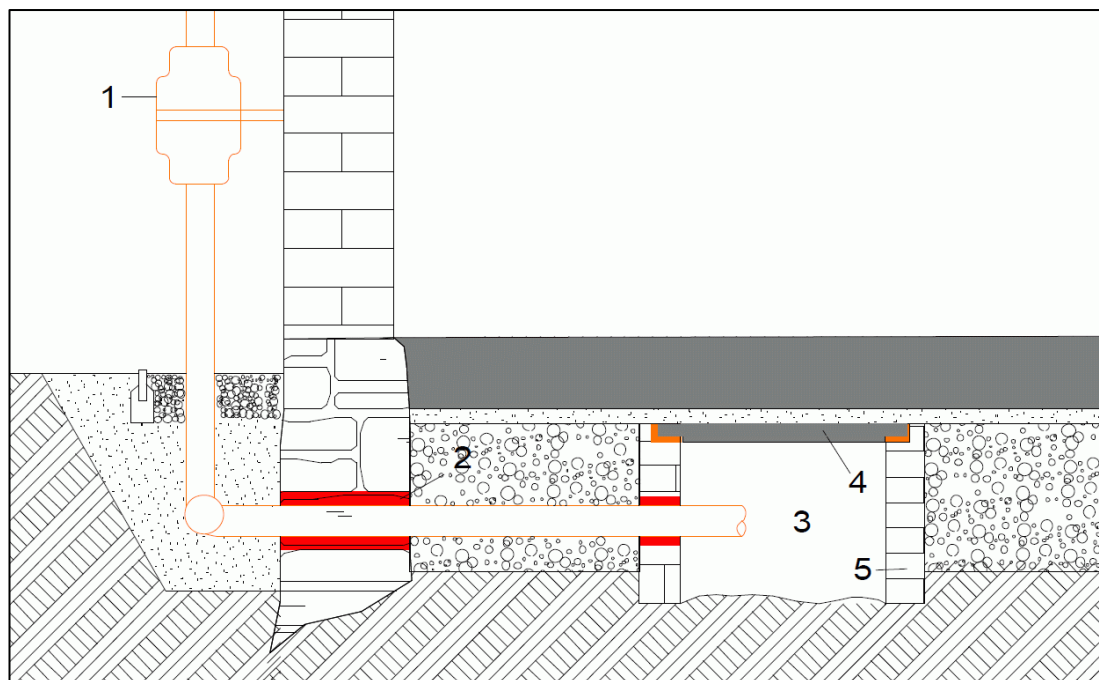


Abb. 80: punktförmige Absaugung, Sockeldetail Variante 3

1_Rohrventilator 2_Rohrdurchführung 3_Ansaugöffnung 4_Abdeckung 5_Radonbrunnen (s. u.)

Variante 4: Radonbrunnen unterhalb Fußboden, Abluffführung durch Raum

- Innen angebrachte Rohrführung
- Wird in bestehenden Fußbodenaufbau integriert

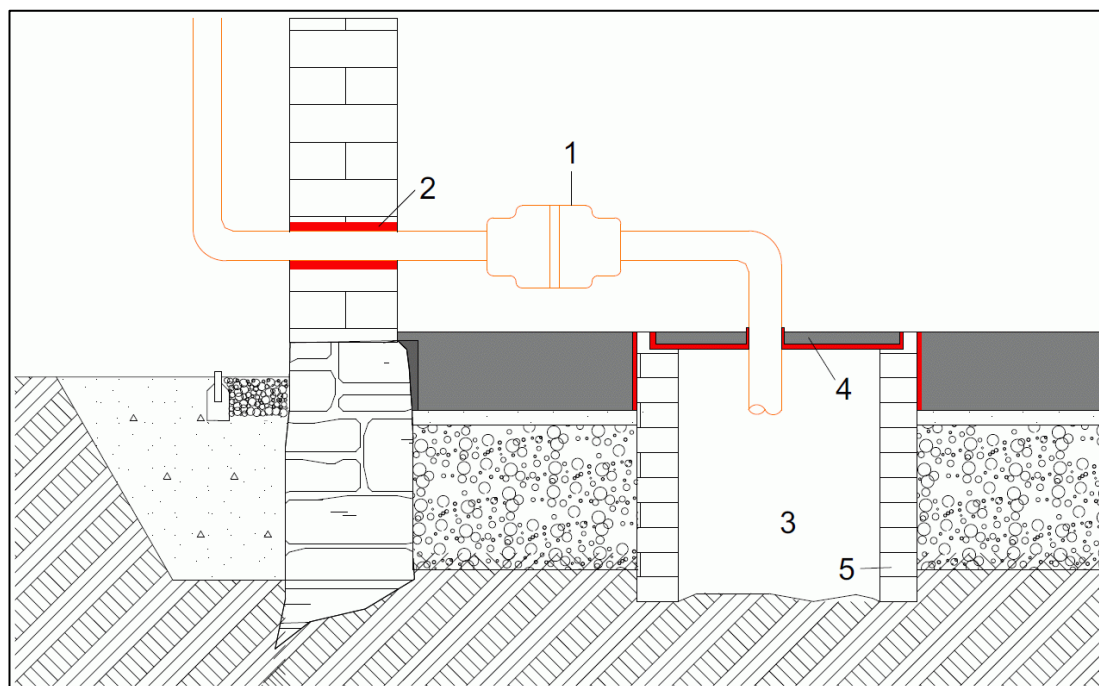


Abb. 81: Radonbrunnen, Sockeldetail Variante 4

1_Rohrventilator 2_Rohrdurchführung 3_Ansaugöffnung 4_Abdeckung Radonbrunnen 5_Radonbrunnen

Radonbrunnen außerhalb des Gebäudes

Ein Sonderfall ist die Anordnung von Radonbrunnen außerhalb des Gebäudes. In Abhängigkeit von der Bodenbeschaffenheit kann ein effektiver Radonschutz auch ohne bauliche Maßnahmen an der Gebäudehülle erfolgen. Eine dichte humushaltige Oberschicht ermöglicht den erforderlichen Differenzdruck zwischen Atmosphäre und Bodenluft. Diese Schutzmaßnahme ist u. a. für denkmalgeschützte Gebäude interessant. Weitere typische Anwendungsfälle sind geneigte Geländeformen, Teilunterkellerungen, schwer zugängliche oder auf der Grund der Nutzung nicht zur Verfügung stehende Keller usw.

In den folgenden Abbildungen 82 bis 84 ist ein denkmalgeschütztes Umgebindehaus mit außenliegenden Radonbrunnen dargestellt.

Neben der Einbindetiefe des Gebäudes wird die Tiefe der Radonbrunnen auch durch die Bodenbeschaffenheit und die Art der Feuchtebeanspruchung bestimmt.

Die Anzahl der Radonbrunnen ist in Abhängigkeit der Bodendurchlässigkeit zu wählen. Durch das Verbinden einzelner Absaugstellen lassen sich die erforderlichen Rohrventilatoren auf ein Mindestmaß reduzieren.

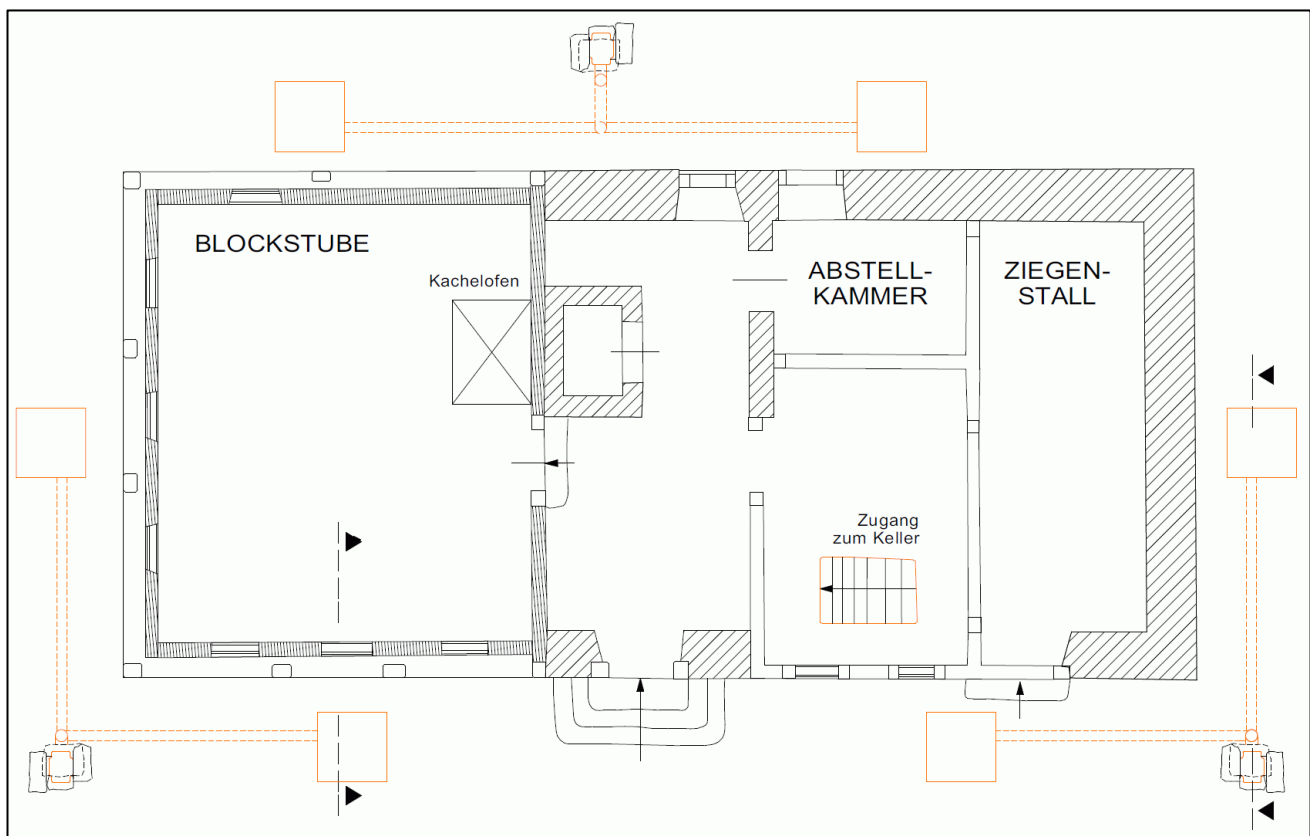


Abb. 82: Anordnung Radonbrunnen, Grundriss

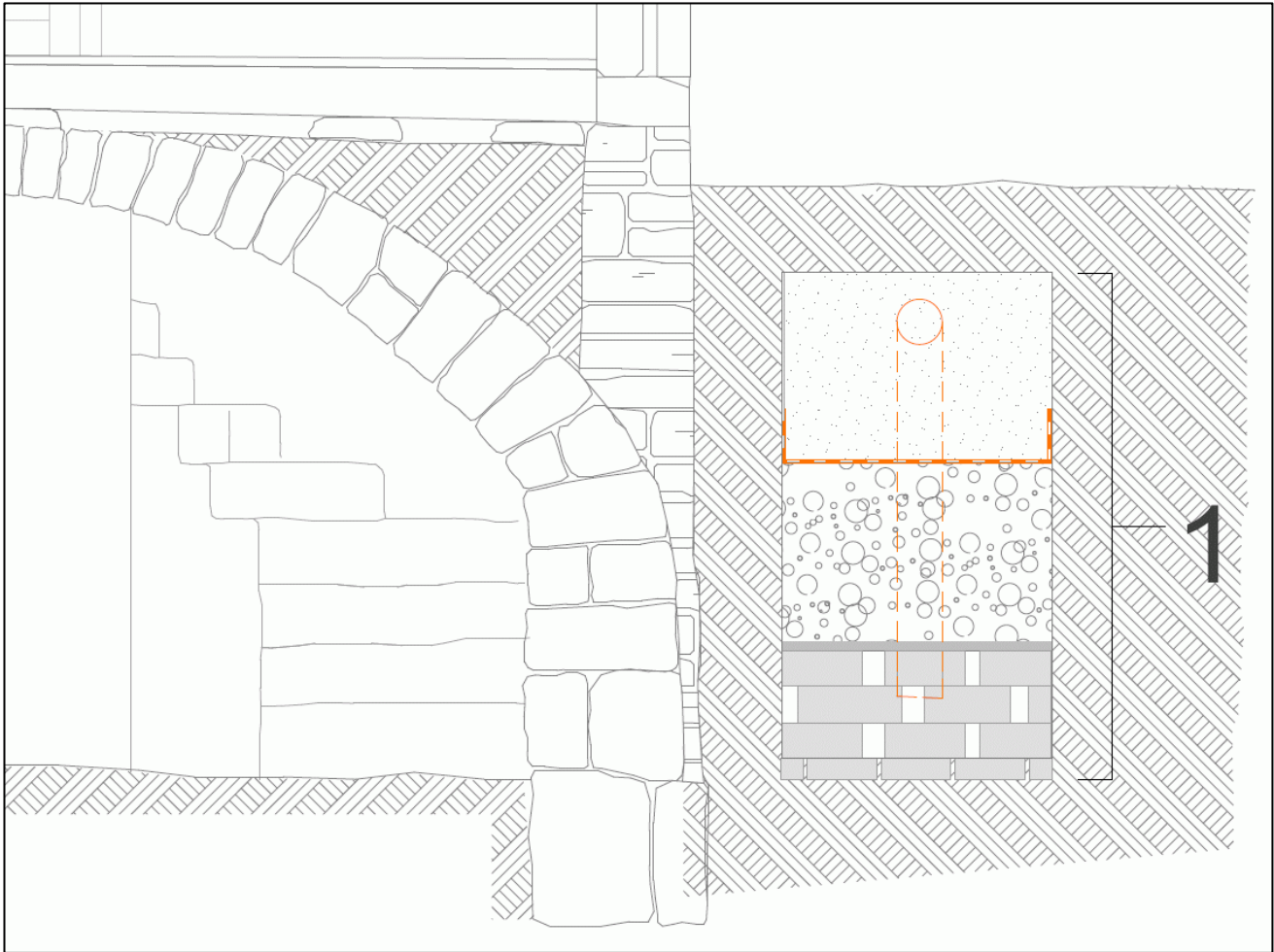


Abb. 83: Anordnung Radonbrunnen, Schnitt A – A → so nicht!

1_Radonbrunnen (Die Lösung in der hier dargestellten Form ist etwas problematisch, da mit dem Radonbrunnen in der hier dargestellten Höhenanordnung kaum ein Unterdruck unterhalb des Kellers aufgebaut werden kann. Besser wäre es, den Radonbrunnen bis unterhalb des Fundamentes zu führen.)

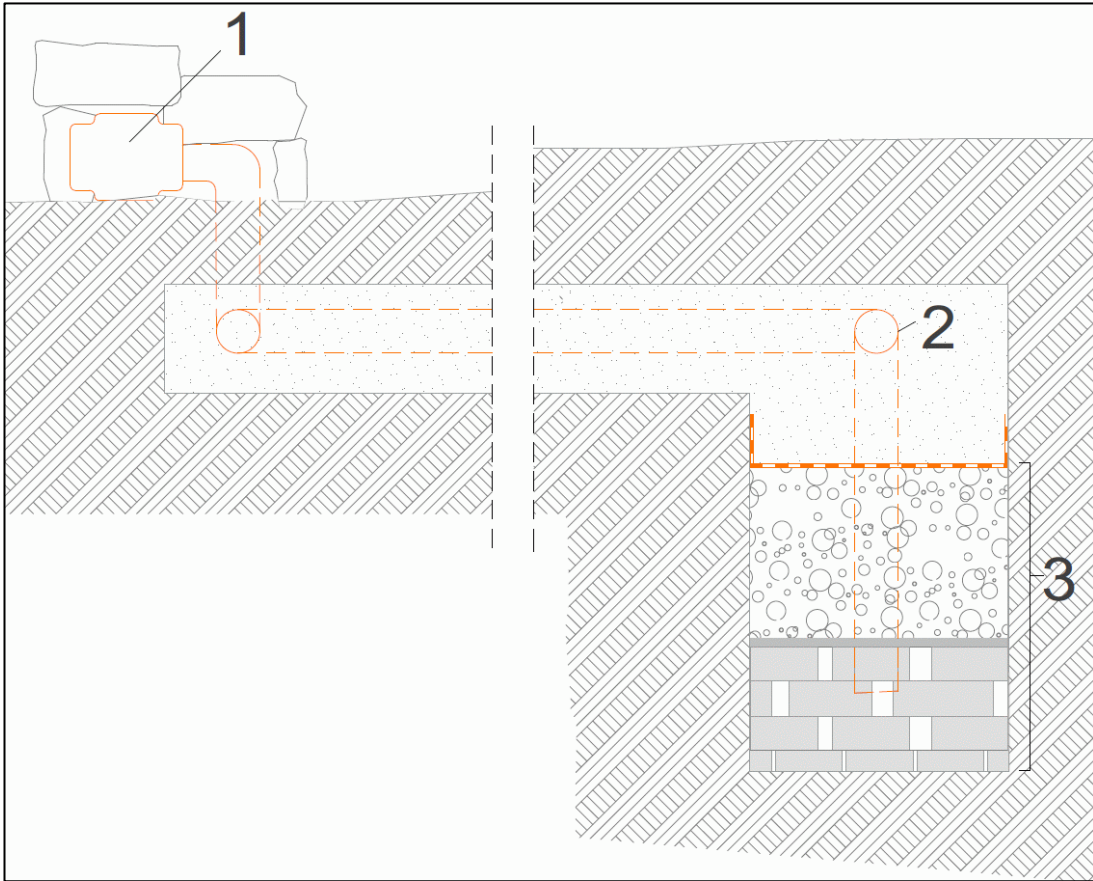


Abb. 84: Anordnung Radonbrunnen, Schnitt B – B
 1_Rohrventilator 2_Entlüftungsrohre 3_Radonbrunnen

Beispiel für Kombination innen- und außenliegender Radonbrunnen

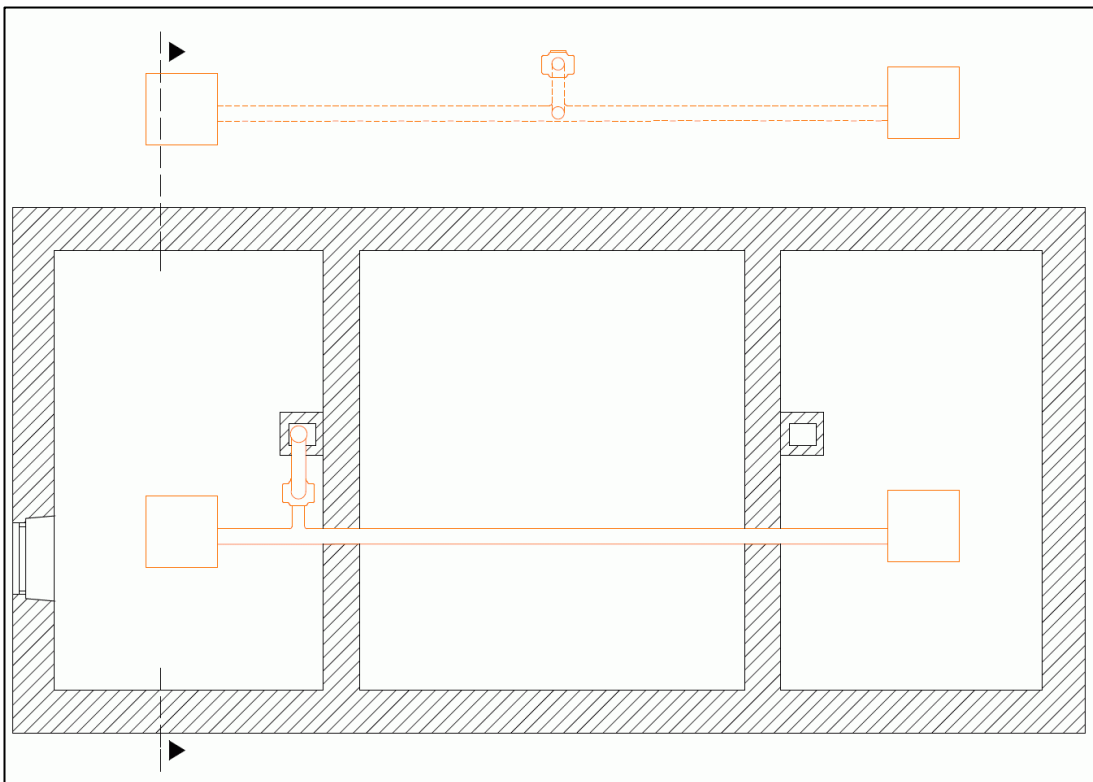


Abb. 85: Anordnung Radonbrunnen, Grundriss

Für Gebäude mit Teilunterkellerung oder Hanglage kann die kombinierte Ausführung von innen- und außenliegenden Radonbrunnen eine effektive Lösung darstellen.

Die Rohrführung der innenliegenden Radonbrunnen lässt sich individuell an die baulichen Gegebenheiten anpassen. So lassen sich Entlüftungsrohre in ungenutzten Schornsteinen verlegen.

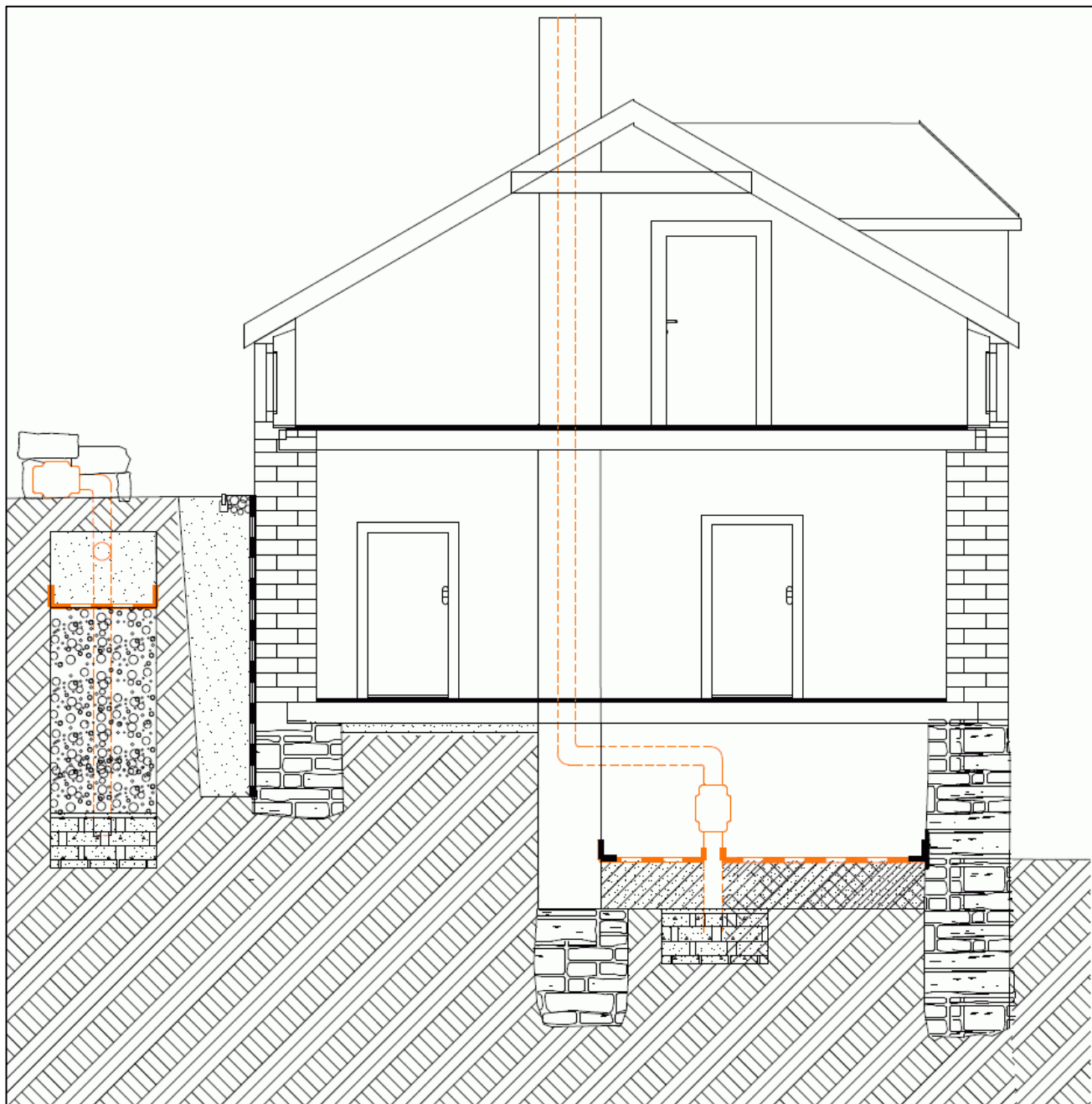


Abb. 86: Vertikalschnitt, Anordnung Radonbrunnen

6.5.4 Hohlraumabsaugung

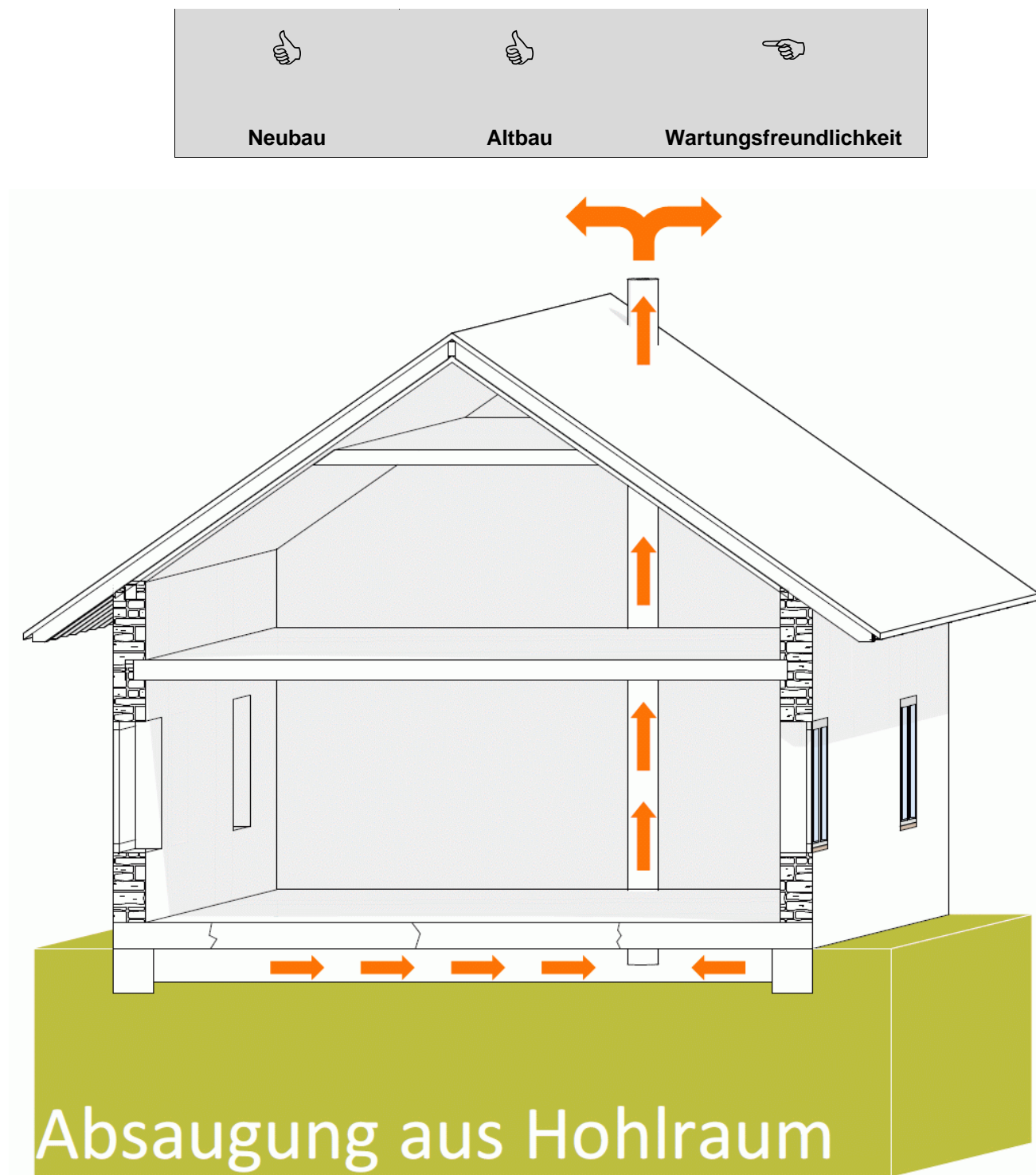


Abb. 87: Schematische Darstellung Absaugung aus Hohlraum

Das Funktionsprinzip dieser Schutzmaßnahme basiert, analog zur Radondrainage, auf einem Differenzdruck zwischen Hohlraum und Atmosphäre. Hohlraumschichten im Sinne des Radonschutzes sind durchgehende Luftschichten zwischen Gebäudehülle und dem angrenzenden Erdreich. Ein wesentlicher Vorteil gegenüber der Radondrainage ist die Anwendbarkeit bei zeitweise aufstauendem Sickerwasser. Im Folgenden wird eine Auswahl der derzeit verbreiteten Systemlösungen vorgestellt.

Kunststoff – Hohlraumelemente

Die Verwendung von Kunststoff-Hohlraumelementen – sogenannten IGLUS – (siehe Abb. 88) ermöglicht die Ausführung von Hohlräumen ab 4,0 cm Höhe in Neu- und Bestandsbauten. Nach dem Prinzip der verlorenen Schalung entsteht mit diesen Elementen ein monolithisches Fundament mit Belüftungsebene. Neben dem Schutz vor aufsteigender Feuchtigkeit wird durch aktive oder passive Entlüftung ein effektiver Radonschutz ermöglicht.

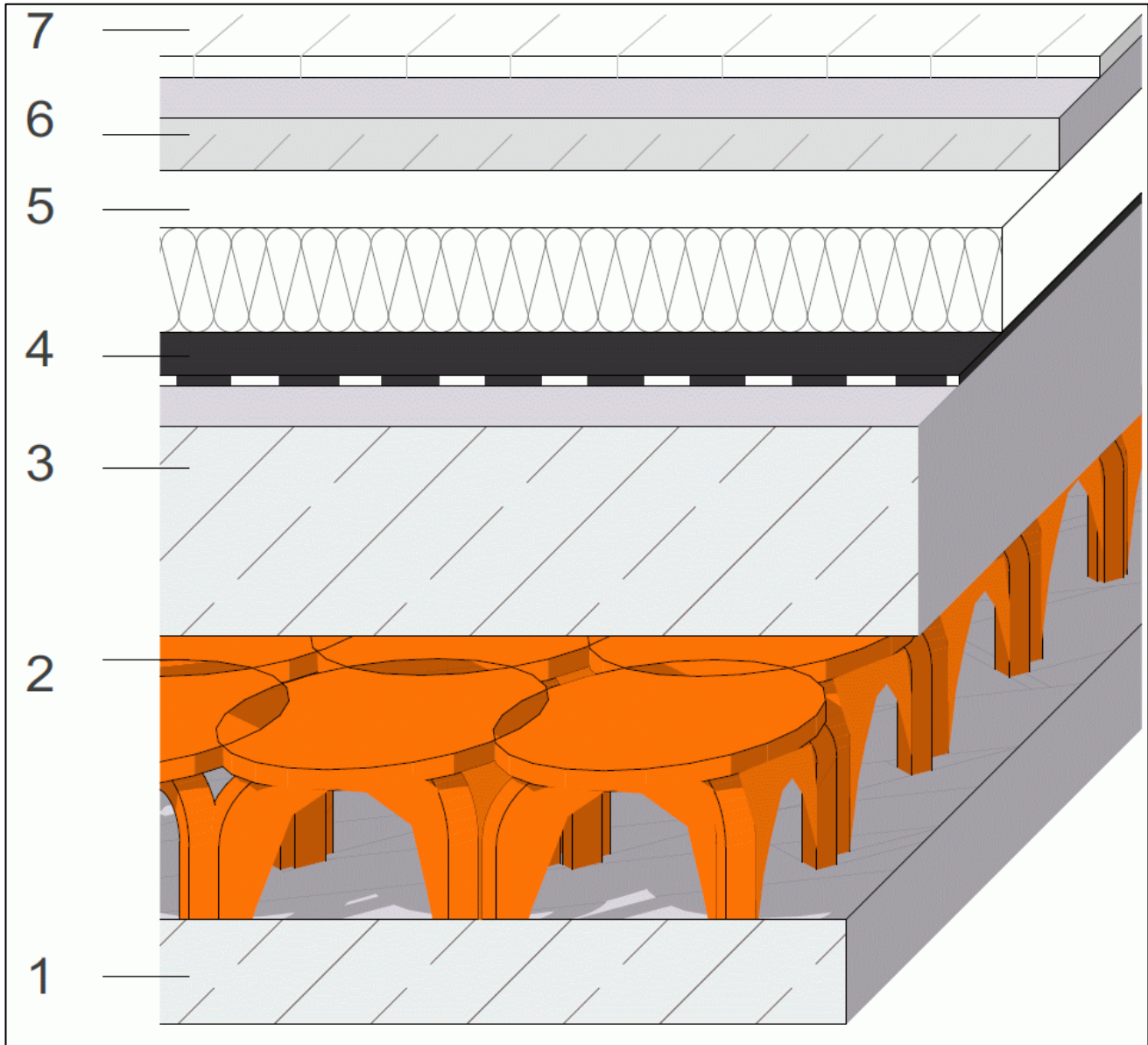


Abb. 88: Schematischer Aufbau mit Hohlraumelementen

1_Sauberkeitsschicht 2_Hohlraumelemente 3_Stahlbeton Bodenplatte 4_Abdichtung nach DIN 18533
5_Dämmung 6_Estrich 7_Fußbodenbelag

Kriechkeller

Kriechkeller sind unterste Geschossflächen mit einer geringen lichten Raumhöhe. Aufgrund der technologischen Entwicklung im Bereich der Gebäudeabdichtung werden Kriechkeller in Neubauprojekten nur noch selten vorgesehen.

Unabhängig von Neu- oder Bestandsbau, ermöglicht die Absaugung oder bereits die Belüftung eines Kriechkellers, einen effektiven Radonschutz.

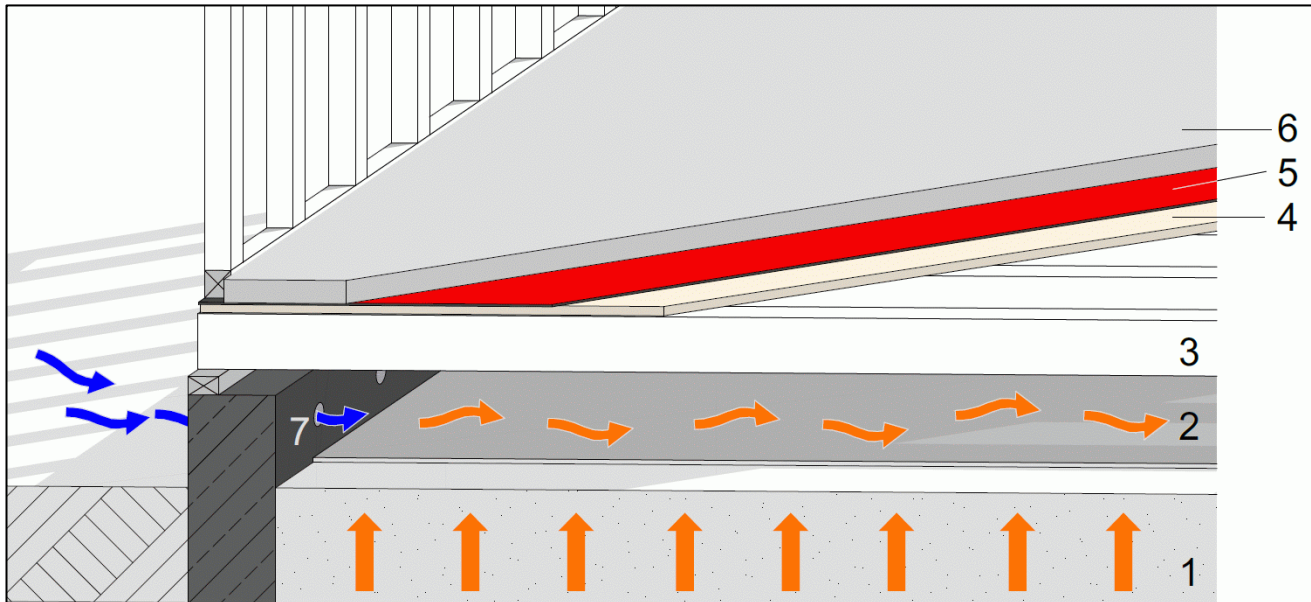


Abb. 89: Schematische Darstellung Holzbauweise mit Kriechgang

Entsprechend (S. 121 ff):

http://www.strahlenschutz.sachsen.de/download/strahlenschutz/tg4_2008_tagungsband_kpl_081001_col_sw.pdf

1_Kies 2_PE-Folie mit leichter Kiesüberdeckung 3_Holzrahmendecke 4_Deckschalung 5_Radonfolie
6_geplanter Fußbodenaufbau 7_Belüftungsöffnung

Hohlraumelemente mit passiver Absaugung

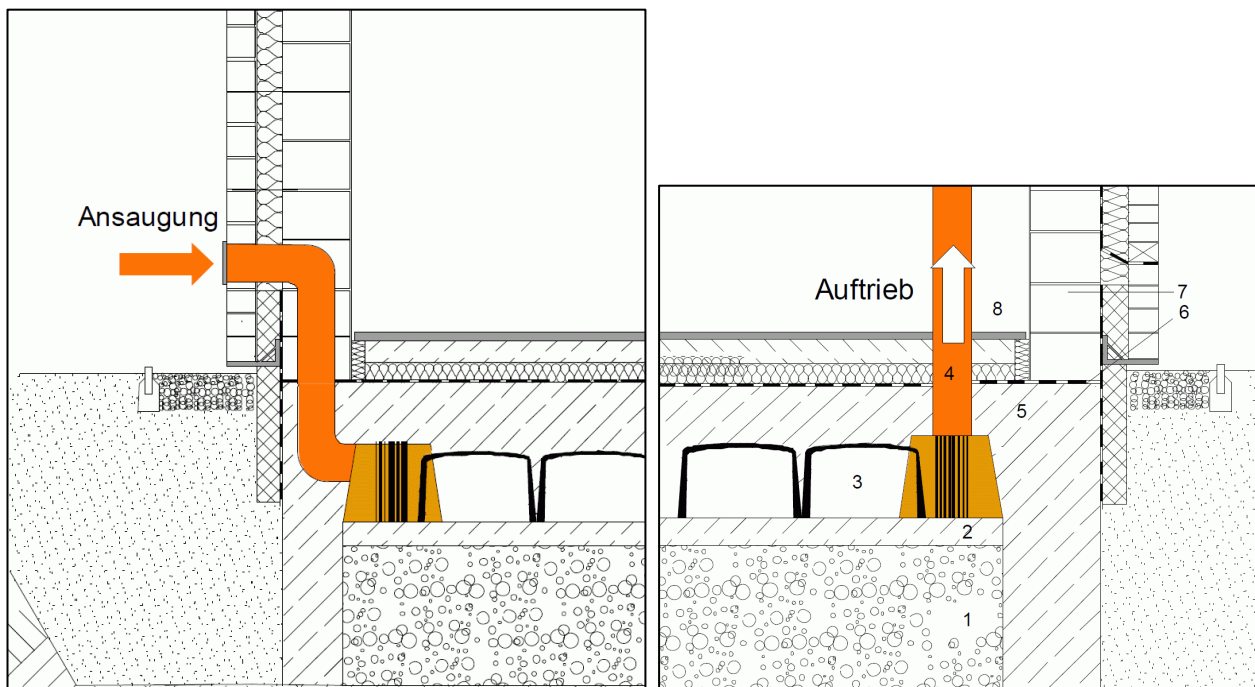


Abb. 90: Vertikalschnitt durch Hohlraumelemente mit passiver Durchlüftung [13]

Entsprechend (S. 99 ff):

https://www.strahlenschutz.sachsen.de/download/tg9_Tagungsband_2013_kpl_130918.pdf

1_Kapillarbrechende Schicht 2_Sauberkeitsschicht 3_Hohlraumelemente 4_Entlüftungsrohr
5_Stahlbetonbodenplatte 6_Abdichtung nach DIN 18195 7_Außenwand 8_Fußbodenaufbau
Funktionsweise passive Absaugung

Hohlraumelemente mit aktiver Absaugung

- Nord-Süd Ausrichtung der Ansaug- und Abluftöffnung
- Temperatur- und Druckdifferenz zwischen kalter Nord- und warmer Südseite begünstigen den thermischen Auftrieb (Kamineffekt)
- Passive Absaugung reduziert ohne Betriebskosten die Radonkonzentration innerhalb des Hohlraums

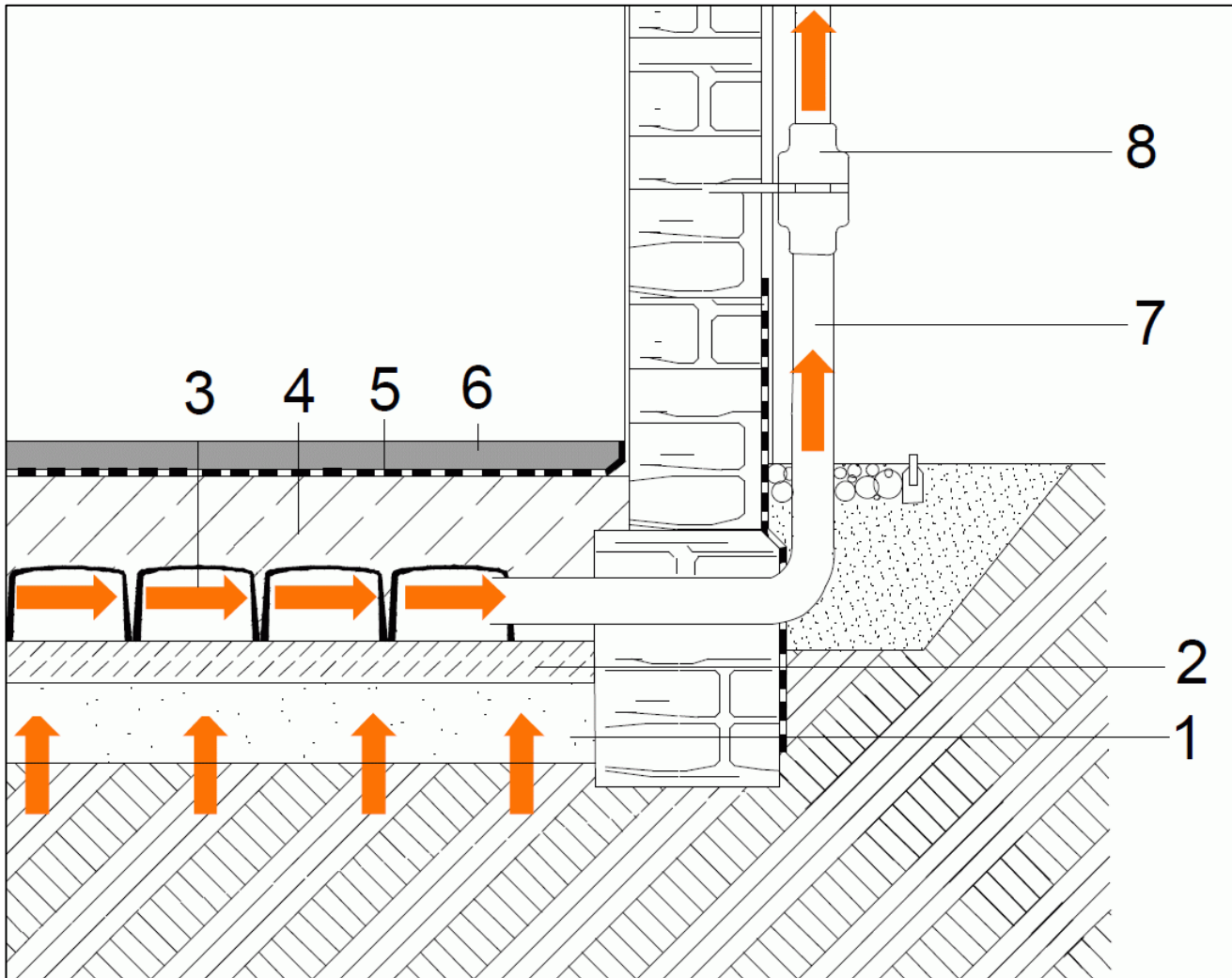


Abb. 91: Vertikalschnitt durch Hohlraumelemente mit aktiver Absaugung

- 1_Kapillarbrechende Schicht 2_Sauberkeitsschicht (gasdurchlässig) 3_Hohlraumelemente
4_Stahlbetonbodenplatte 5_Abdichtung nach DIN 18533 6_geplanter Fußbodenaufbau 7_Entlüftungsrohr
8_Rohrventilator

Drainage - Membran

Drainage-Membranen ermöglichen die Abdichtung gegen Feuchtigkeit und Radon von innen und unterscheiden sich damit grundlegend von anderen Abdichtungssystemen. Obwohl raumseitig angebrachte Abdichtungen aus bauphysikalischen Gründen kontrovers diskutiert werden, gibt es in Großbritannien dazu bereits mehrere Beispiele. In Deutschland ist diese Methode bisher nicht angewendet worden, auch wird die Wirksamkeit kontrovers diskutiert.

Durch das vollflächige Anbringen von Noppenbahnen entsteht neben dem Hohlraum automatisch eine Abdichtung. Die Matten werden dabei mindestens 15 cm überlappt und anschließend miteinander verklebt. Die Ausführungs-details sind exakt durchzuplanen und bei der Bauausführung zu überwachen.

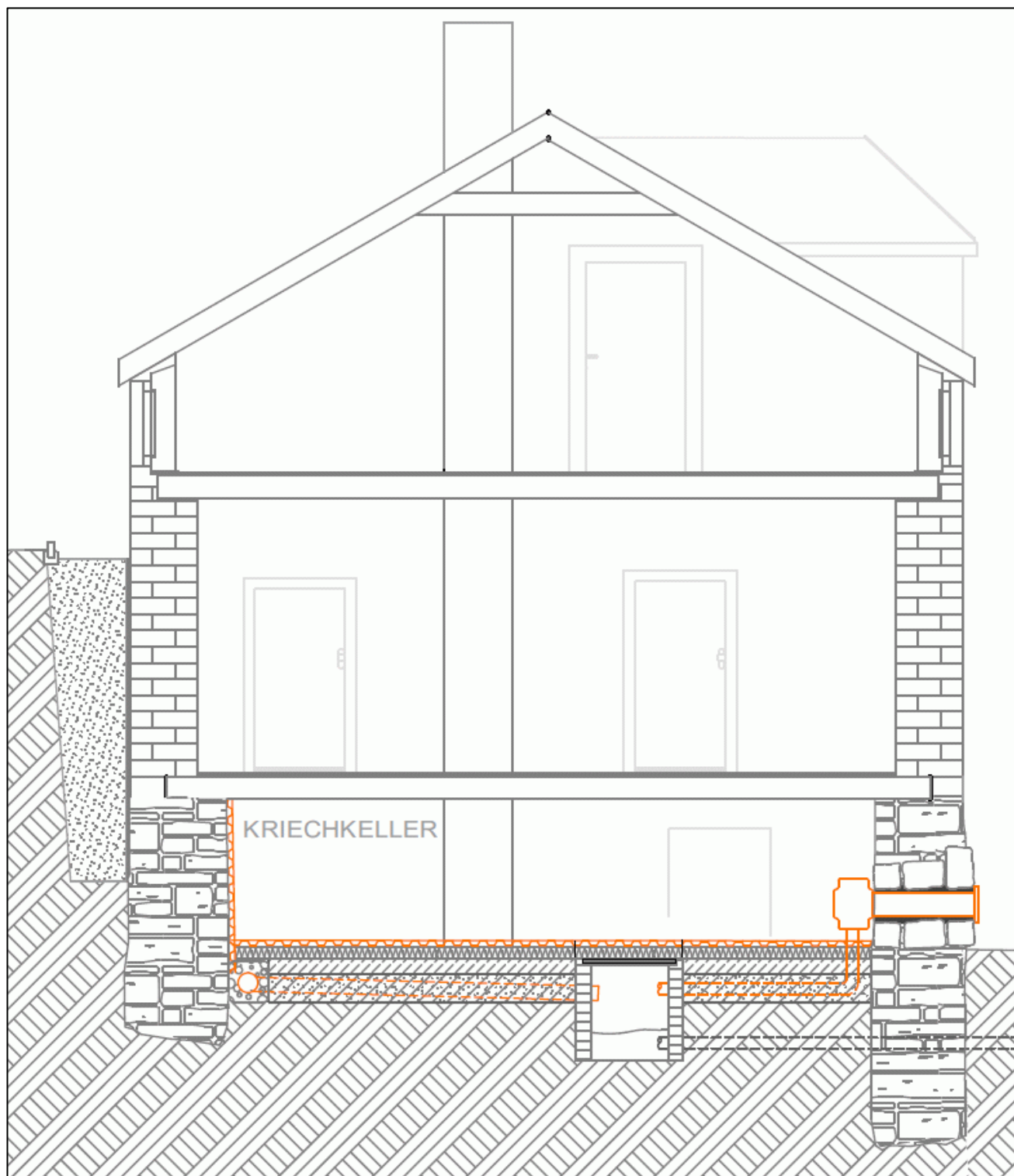


Abb. 92: Schematische Darstellung Drainage-Membran mit Pumpenschacht

Anfallende Feuchtigkeit wird über eine Drainage im Randbereich oder über eine vollflächige Kiesschicht in einem entsprechend dimensionierten Pumpenschacht geführt. Über diesen Pumpenschacht kann gleichzeitig das gesamte anfallende Radon im Hohlraum abgesaugt werden. Diese Schutzmaßnahme ist also vielmehr eine Kombination aus flächiger Abdichtung, Radondrainage und Radonbrunnen. Zur Verbesserung des Raumklimas und des Radonschutzes empfiehlt sich zusätzlich die Installation einer Lüftungsanlage mit Überdrucksteuerung. Vorteil dieser Abdichtungsmaßnahme ist der umfassende und effektive Schutz vor Radon und Feuchtigkeit. Im Hinblick auf Investitionskosten, Planung und Ausführung ist diese Radonschutzmaßnahme jedoch sehr anspruchsvoll.

Bestehende Hohlräume

Hohlräume im Fußbodenaufbau, wie in den Abbildungen 93 und 94 dargestellt, sind speziell in älteren Bestandsgebäuden häufig zu finden. Inwiefern bestehende Hohlräume um den Aspekt des Radonschutzes erweiterbar sind und wie effektiv diese am Ende arbeiten, ist individuell zu prüfen.

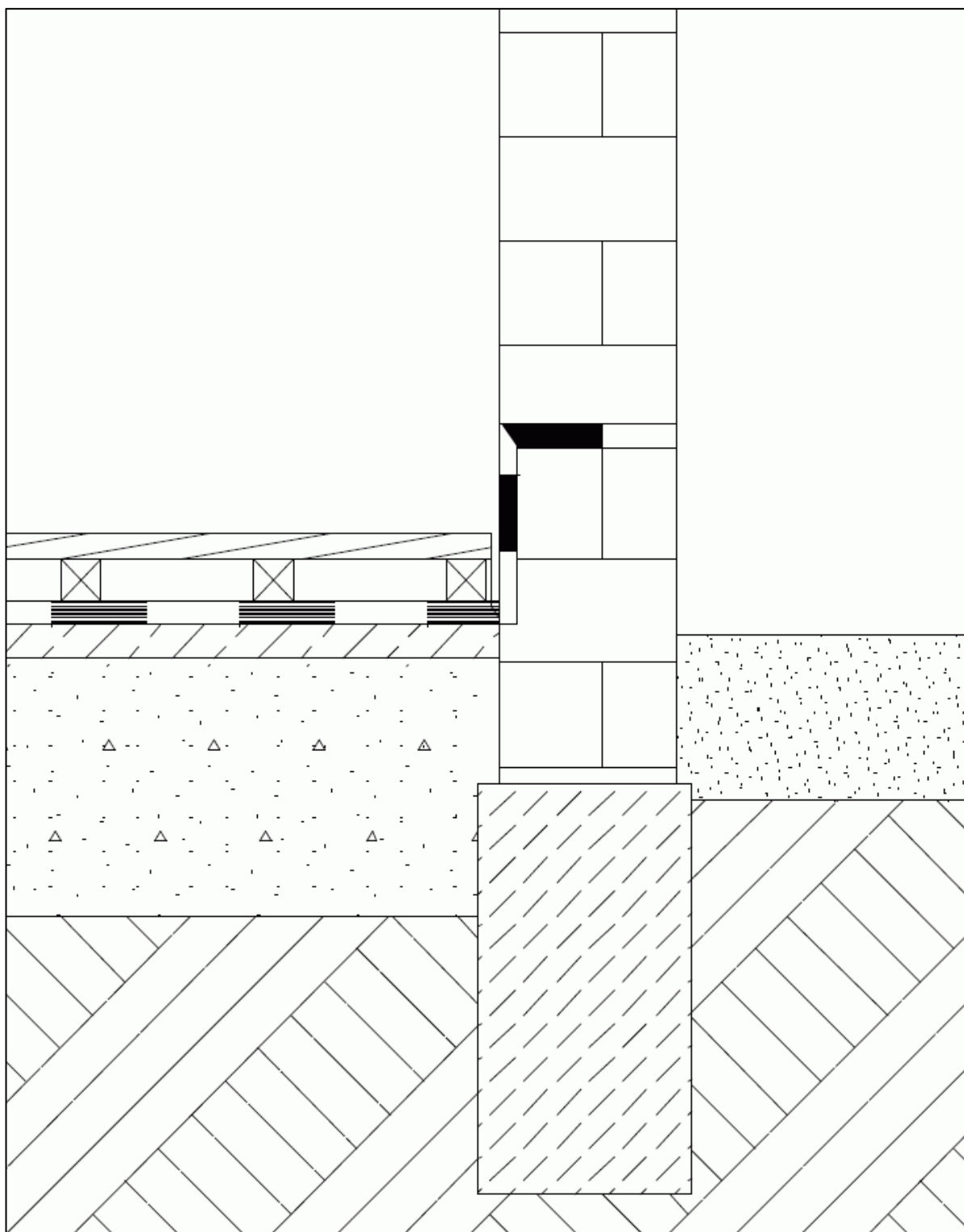


Abb. 93: Holzdielung auf Lagerholz, mit nachträglich eingefügtem Unterbeton und Abdichtung

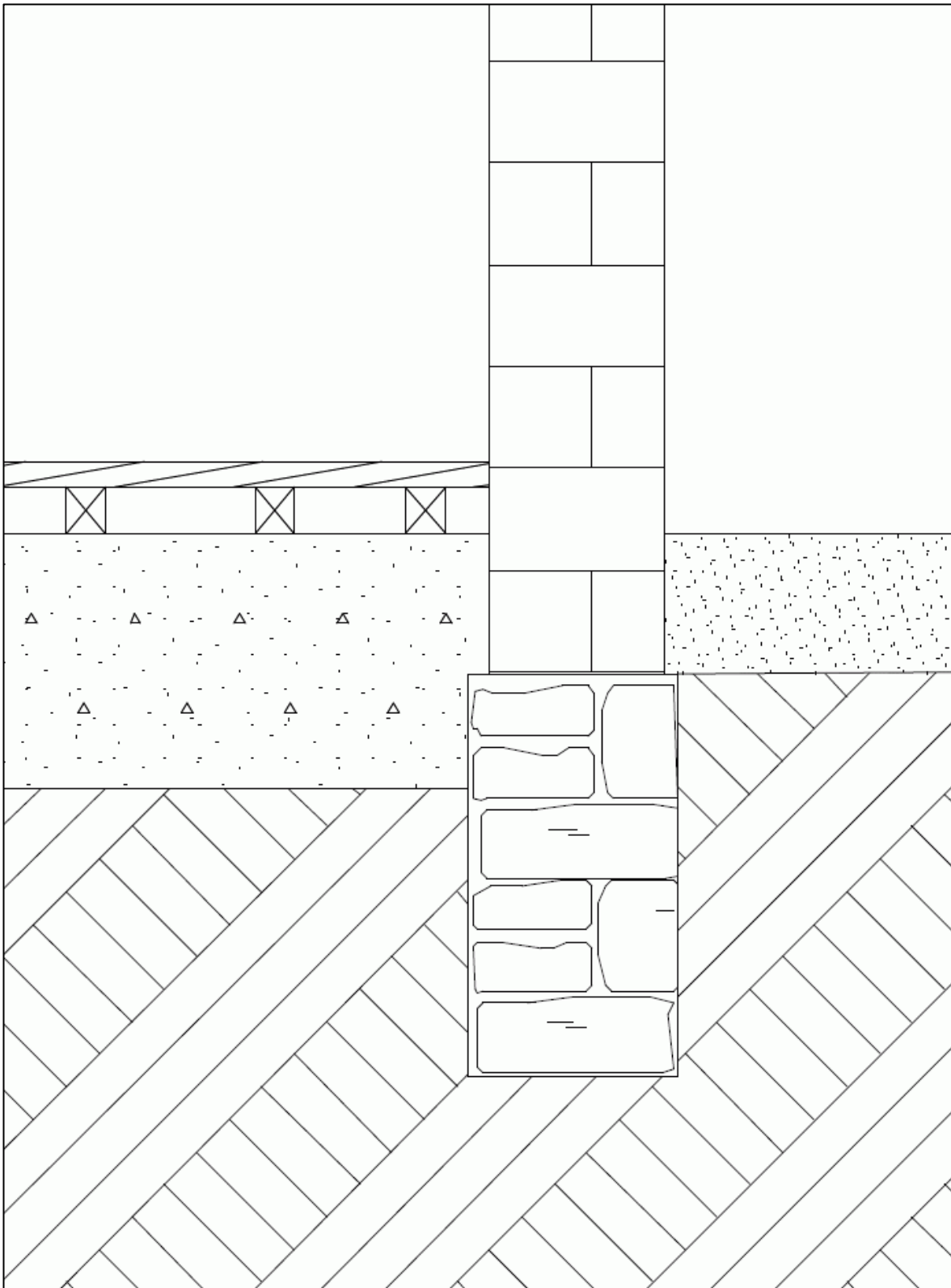


Abb. 94: Holzdielung auf Lagerholz, ohne Unterbeton und Abdichtung (Bestandslösung)

- Erfordert durchgehende Luftschicht unterhalb des Raumfußbodens
- Ausreichend luftdichter Abschluss zwischen Hohlraum und Gebäudeinnerem erforderlich
- Einhaltung bauphysikalischer Regeln (Feuchte- und Wärmeschutz)
- Zu- und Abluft des Hohlraumes muss sicher gewährleistet sein

6.6 Lüftungstechnische Maßnahmen



Eine grundlegende Voraussetzung für den gesunden Aufenthalt in Gebäuden ist die Versorgung mit frischer, sauerstoffreicher sowie schadstoffarmer Luft. Dabei wird die Innenraumluftqualität maßgeblich von der Luftwechselrate beeinflusst. Nach DIN 4108-2 sollte diese in Wohngebäuden nicht unter 0,5 h sinken. Neben üblichen Schadstoffen wie CO₂, Geruchsstoffen, flüchtigen Lösungsmitteln, Schimmelpilzsporen oder Bakterien, kann auch eine erhöhte Radonkonzentration in der Raumluft durch Lüftungsmaßnahmen verringert werden.

Passive und aktive Gebäudelüftung

Die Lüftung von Gebäuden lässt sich grundsätzlich in zwei Arten untergliedern:

Die passive Lüftung beschreibt alle Lüftungsvorgänge, die ohne menschliches Zutun oder zusätzliche Lüftungstechnik ablaufen. Dazu zählt insbesondere der konvektive Luftaustausch über Undichtigkeiten in der Gebäudehülle.

Die aktive Lüftung beschreibt alle manuellen (z. B. Fensterlüftung) sowie alle technischen (z. B. Gebäudelüftungsanlage) Lüftungsmaßnahmen. Mechanisch betriebene Lüftungssysteme erlauben verschiedene Funktionsweisen. So kann im Gebäude Unterdruck, Überdruck oder Gleichdruck (Atmosphärendruck) erzeugt werden.

Neben den o. g. Lüftungsmaßnahmen hat die Dichtheit der Gebäudehülle einen signifikanten Einfluss auf die Luftwechselrate. Mit Hilfe von Differenzdruckmessverfahren (Blower-Door-Test) wird ein Haus hinsichtlich seiner Dichtheit untersucht.

6.6.1 Freie Lüftung

Die Fensterlüftung ist neben dem unkontrollierten passiven Luftaustausch durch Undichtigkeiten, eine begrenzt effektive Schutzmaßnahme. Wie bereits unter Sofortmaßnahmen erwähnt, lässt sich durch eine freie Fensterlüftung die Radonkonzentration in den betroffenen Bereichen reduzieren. Besonders wirkungsvoll ist hier eine Stoßlüftung bei vollständig geöffneten Fenstern und Querlüftung. Kippstellungen von Fenstern sind dagegen weniger effektiv, verursachen zudem hohe Energieverluste. Nach [19] kann mit den folgenden Luftwechselraten gerechnet werden:

Fenster gekippt

ohne Querlüftung: $0,3 \text{ h}_{Fe}^{-1} < n < 1,5 \text{ h}^{-1}$

mit Querlüftung: $0,8 \text{ h}^{-1} < n < 2,5 \text{ h}^{-1}$

Fenster in Drehstellung geöffnet

ohne Querlüftung: $9 \text{ h}^{-1} < n_{Fe} < 15 \text{ h}^{-1}$

mit Querlüftung: $n_{Fe} > 20 \text{ h}^{-1}$

Aufgrund der großen Streubreite der Luftwechselraten ist es nicht möglich, eine allgemeingültige Aussage zur erforderlichen Lüftungsdauer zu treffen. Beschränkt sich der Radonschutz lediglich auf eine freie Fensterlüftung, empfiehlt sich die Untersuchung der Effektivität mittels gezielter Messungen. Daraus lassen sich Richtwerte zur notwendigen Lüftungsdauer ableiten. Insbesondere in der Heizperiode resultiert aus unnötig hohen Lüftungszeiten ein überhöhter Heizwärmebedarf.

6.6.2 Auftriebslüftung

Die Auftriebslüftung infolge thermischer Konvektion, sei an dieser Stelle nur kurz erwähnt. Neben der passiven Lüftung infolge Undichtigkeiten kann der thermische Auftrieb bewusst für die Entlüftung, z. B. in Bad/WC, Radondrainagen oder Radonbrunnen, genutzt werden. Im Vergleich zu ventilatorgestützten Lüftungssystemen sind die benötigten Investitionskosten geringer und es entstehen keine laufenden Betriebskosten.

6.6.3 Ventilatorgestützte Lüftung

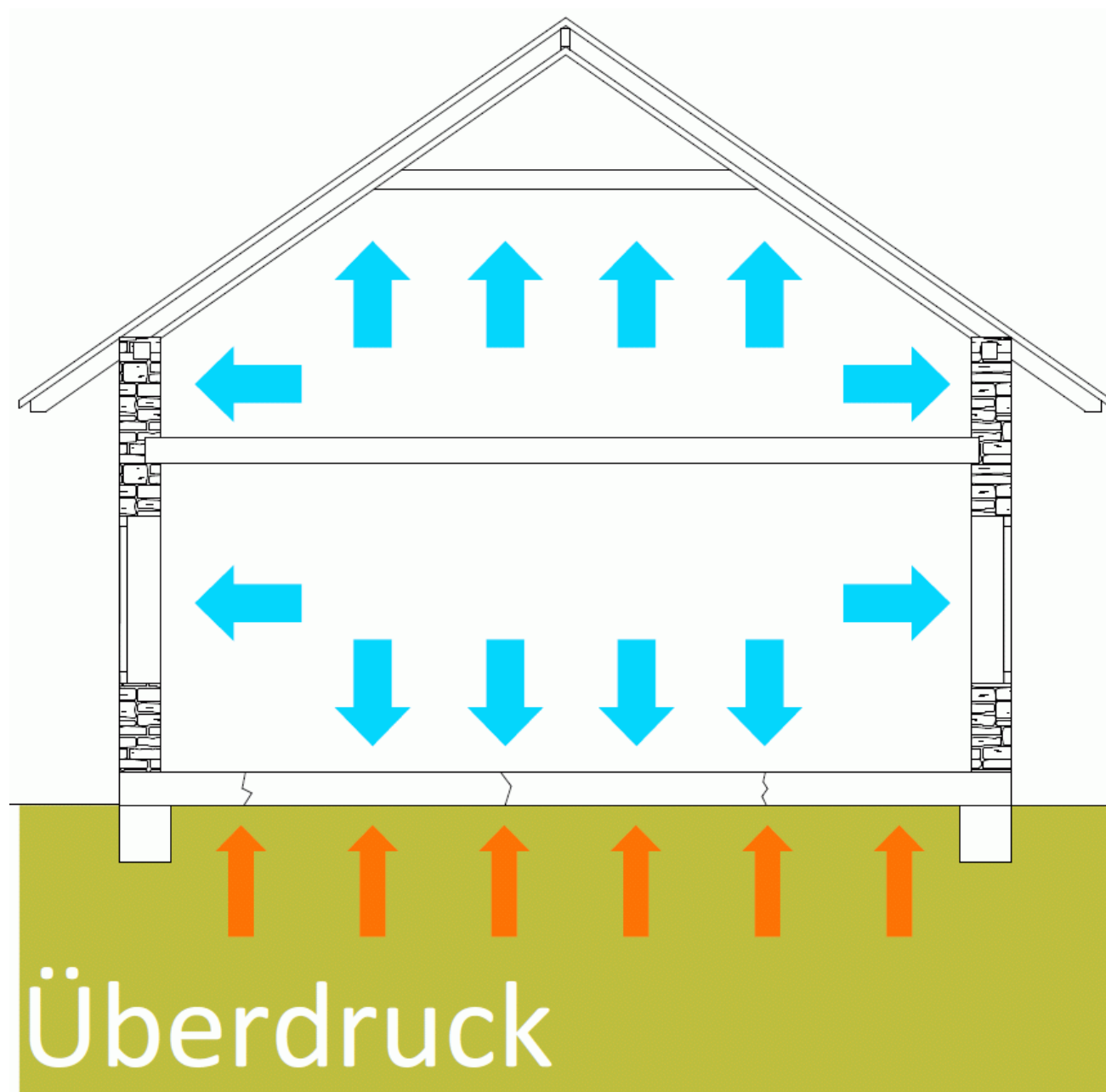


Abb. 95: Schematische Darstellung Überdrucksystem

Lüftungsanlagen sind aktive technische Einrichtungen zur Be- und Entlüftung von Wohn- und Nichtwohngebäuden und werden, abhängig von den gewünschten Druckzuständen im Gebäude, folgendermaßen klassifiziert:

Lüftungsart	Druckzustand
Abluftanlagen	Unterdruck
Zuluftanlagen	Überdruck
Zu- und Abluftanlagen	variabel

Verbindliche Normen

Im Folgenden wird eine Auswahl wichtiger Normen zur Auslegung, Ausführung und Instandhaltung von Lüftungsanlagen aufgelistet.

DIN 4719 [2009-07]

Lüftung von Wohnungen – Anforderungen, Leistungsprüfungen und Kennzeichnung von Lüftungsgeräten

DIN 1946 [2009-05]

Teil 4: Raumlufthtechnische Anlagen in Gebäuden und Räumen des Gesundheitswesens

Teil 6: Lüftung von Wohnungen – Allgemeine Anforderungen, Anforderungen zur Bemessung, Ausführung und Kennzeichnung, Übergabe/Abnahme und Instandhaltung

Beiblatt 05 – Kellerlüftung

DIN EN 13779 [2007-09]

Lüftung von Nichtwohngebäuden – Allgemeine Grundlagen und Anforderungen für Lüftungs- und Klimaanlageanlagen und Raumkühlsysteme

Abluftanlagen

Abluftanlagen erzeugen mittels Ventilatoren einen Unterdruck im einbezogenen Bereich.

Die Unterdrucklüftung von Aufenthaltsräumen ist im Sinne des Radonschutzes immer dann zu vermeiden, wenn das Nachströmen von radonhaltiger Luft nicht auszuschließen ist. Das ist immer dann der Fall, wenn Räume direkt an die erdberührte Gebäudehülle angrenzen oder zu solchen Bereichen nicht abgegrenzt sind. Bereiche, in denen eine Abluftanlage vorgeschrieben wird, (z. B. Bad/WC ohne Außenfenster) lassen sich durch die Anordnung von Stauklappen gem. DIN 18017 [2009-09] „Lüftung von Bädern und Toilettenräumen ohne Außenfenster Teil 3: Lüftung mit Ventilatoren“ optimieren. So wird die Erzeugung von Unterdruck zeitlich stark begrenzt.

Zuluftanlagen

Zuluftsysteme erzeugen mittels Ventilatoren einen geringen Überdruck im gesamten Gebäude oder einzelnen Bereichen und verhindern bzw. reduzieren dadurch den konvektiven Radoneintritt. Nach DIN 1946-6 ist der Überdruck in allen Bereichen auf höchstens 4 Pa zu begrenzen.

Beispiel Abluftanlage im Kriechkeller

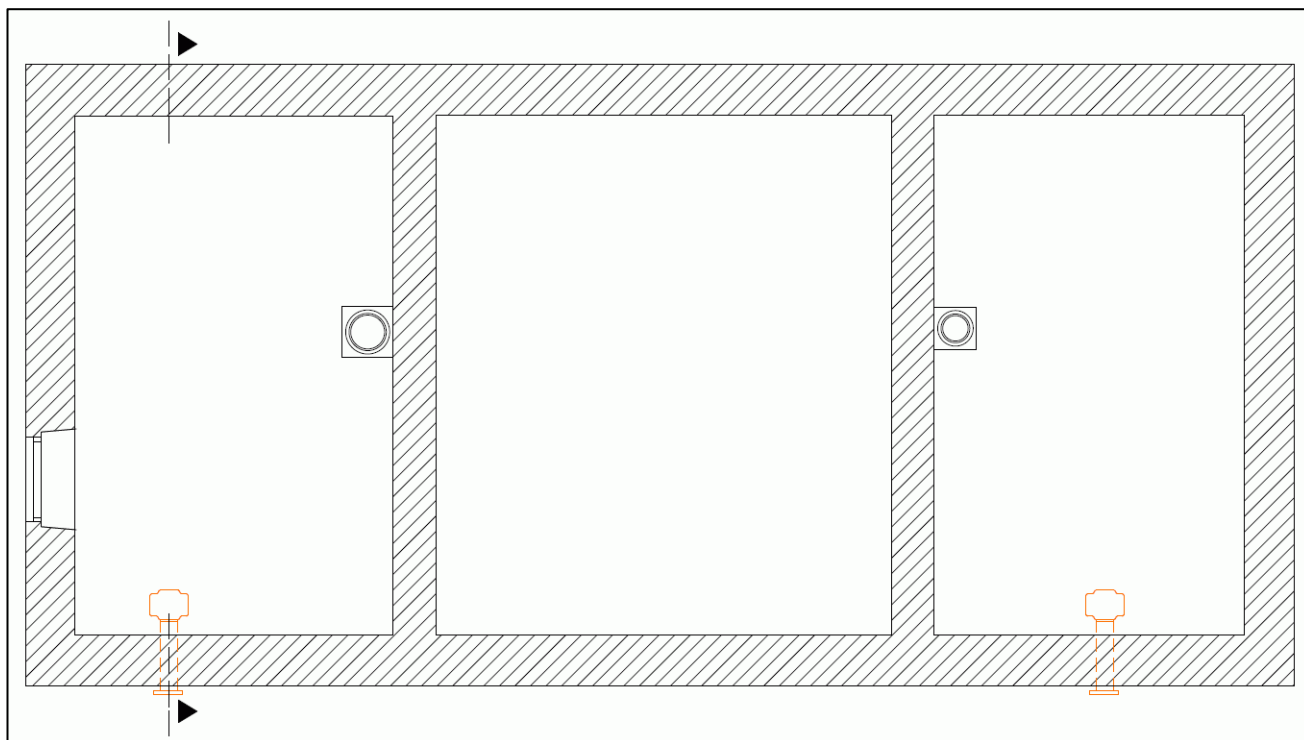


Abb. 96: Grundriss, Anordnung der dezentralen Abluftventilatoren

- Anwendung in Kriechkellern, Kellerräumen und sonstigen Hohlräumen unterhalb von Aufenthaltsräumen
- Aktive Abluftanlagen sorgen für Unterdruck und entlüften den gewünschten Bereich
- Verhältnismäßig geringer Kosten- und Arbeitsaufwand nötig
- Insbesondere für Bestandsbauten geeignet
- Reversibilität ermöglicht den Einsatz in Denkmalgeschützten Gebäuden

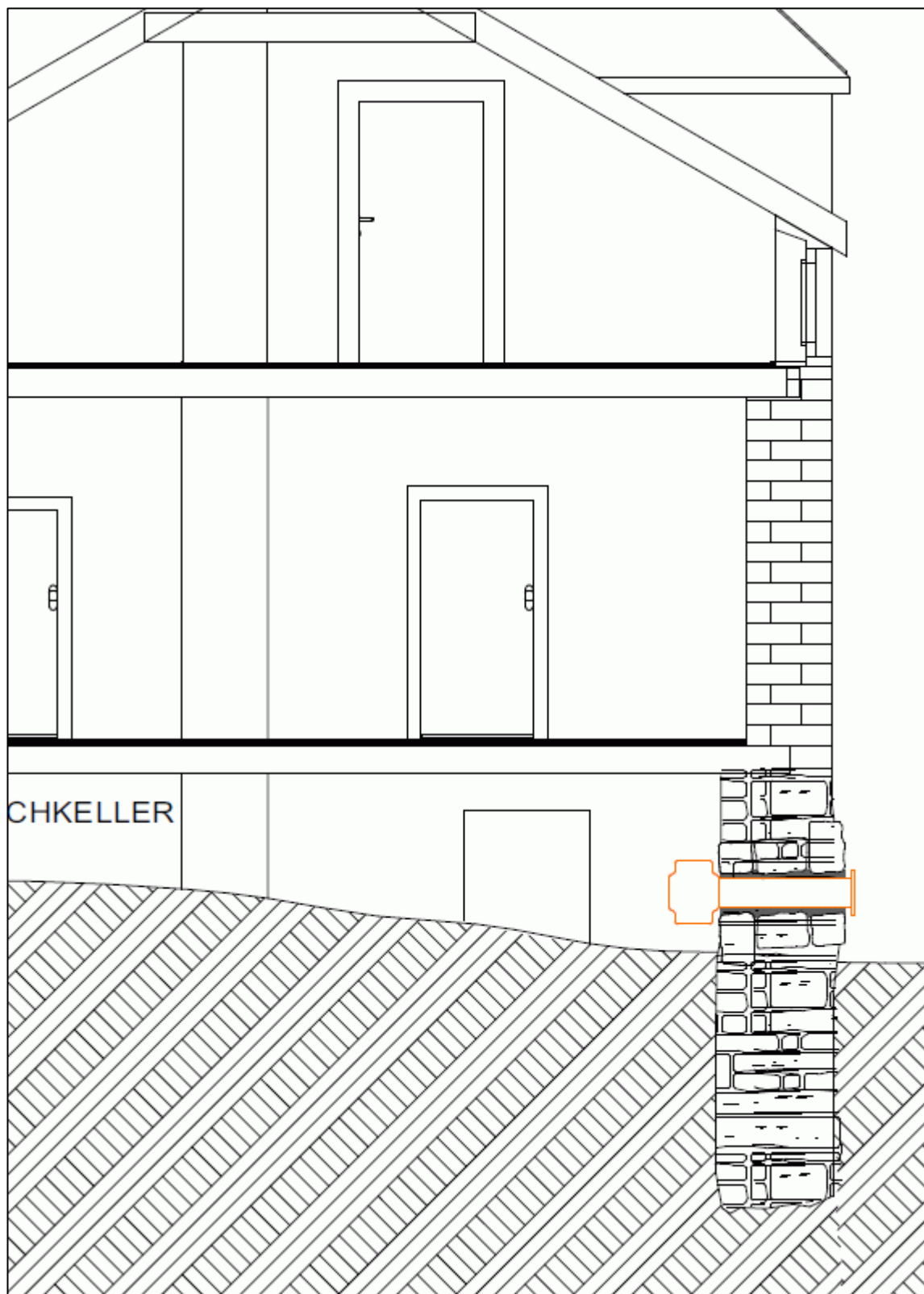


Abb. 97: Vertikalschnitt, Anordnung der dezentralen Abluftventilatoren

Beispiel Abluftanlage im Keller und Ablufführung über einen vorhandenen Schornstein

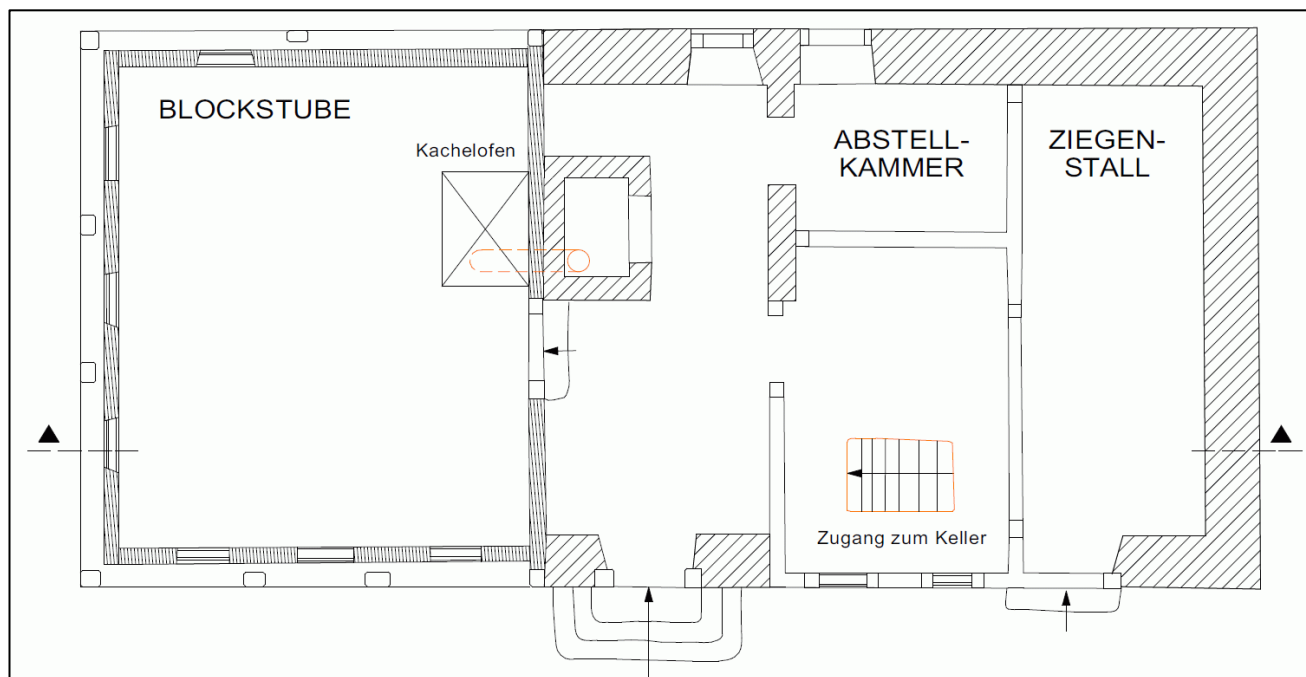


Abb. 98: Anordnung Abluftanlage, Grundriss



Abb. 99: Anordnung Abluftanlage, Vertikalschnitt

1_Schornstein 2_Entlüftungsrohr 3_Bauteildurchführung

Beispiel Abluftanlage im Keller, außen liegende Abluftführung

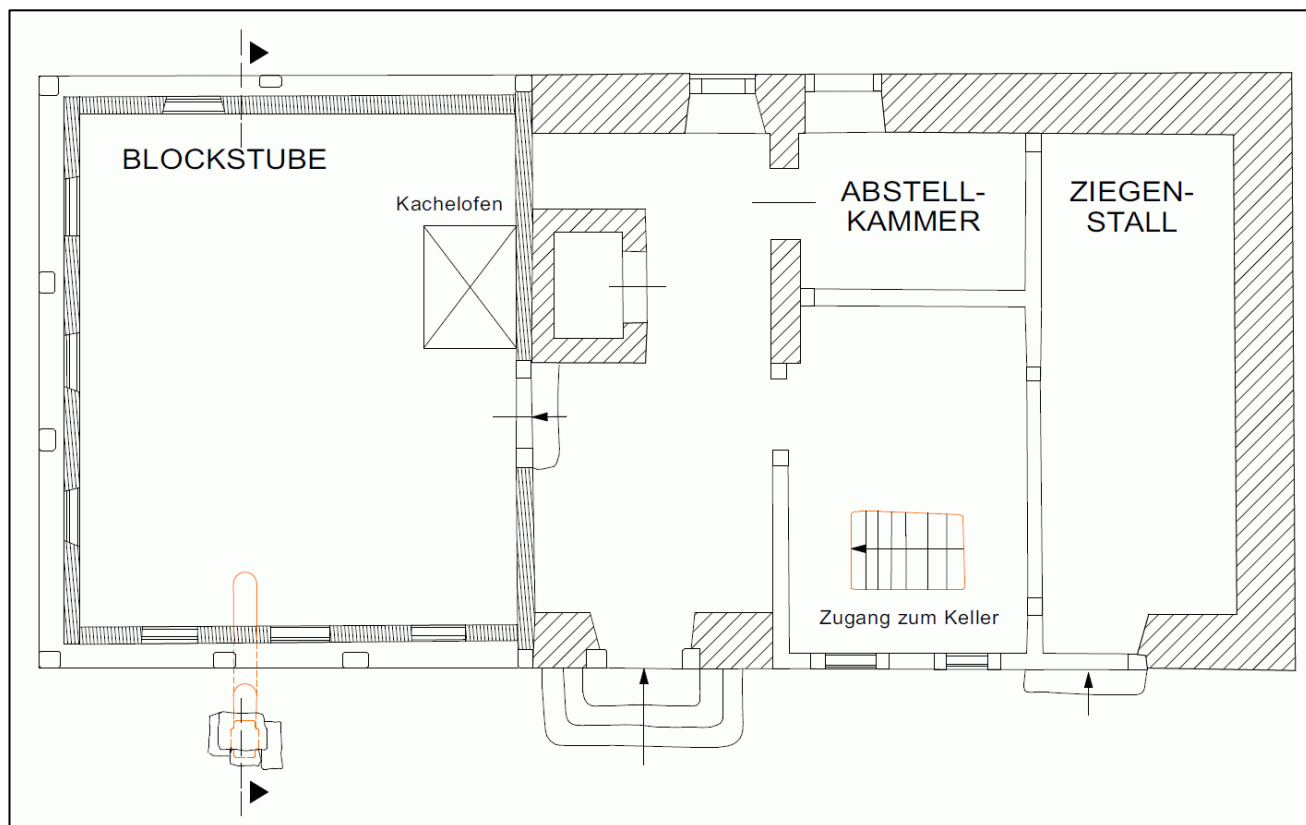


Abb. 100: Anordnung Abluftanlage durch Außenwand, Grundriss

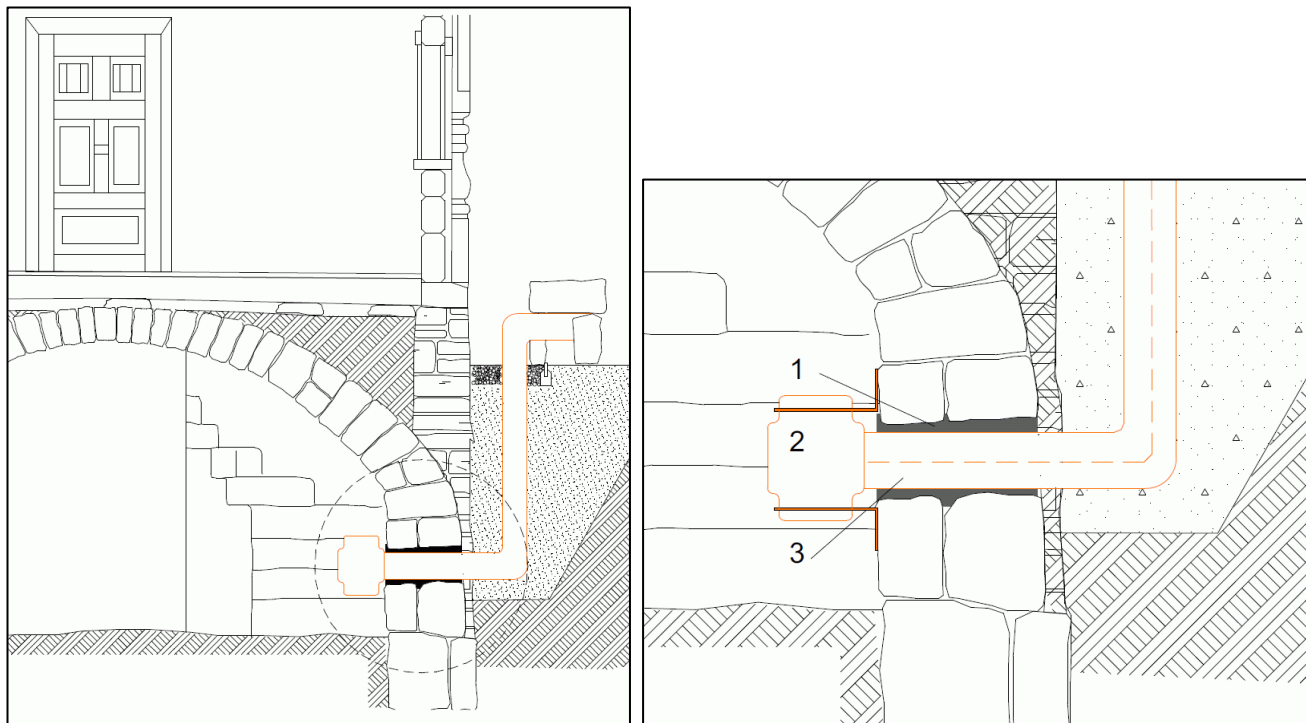


Abb. 101: Anordnung Abluftanlage durch Außenwand, Vertikalschnitt

1_Bauteildurchführung 2_Rohrventilator 3_Entlüftungsrohr

Zu- und Abluftsysteme

Lüftungsanlagen mit variablen Druckzuständen werden durch ein kombiniertes Zu- und Abluftsystem realisiert. Gestiegene Anforderungen an die Reduzierung des Primärenergiebedarfs eines Gebäudes erfordern zunehmend die Installation von komplexen Lüftungstechnischen Anlagen. Durch eine kontrollierte Gebäudelüftung lässt sich die Luftwechselrate, hinsichtlich hygienischer und bauphysikalischer Anforderungen, anpassen.

Soll eine Lüftungsanlage darüber hinaus wirkungsvollen Radonschutz bieten, muss innerhalb der Gebäudehülle ein geringer Überdruck erzeugt werden. Dieser Überdruck verhindert, analog zur Zuluftanlage, das konvektive Eindringen von Radon über unvermeidbare Undichtigkeiten in der Gebäudehülle und ist für den Menschen nicht wahrnehmbar.

Hinweis

Aufgrund der Komplexität von Lüftungsanlagen verlangt die Auslegung und Ausführung in der Regel die Beauftragung einer Fachfirma.

Radonschutz mit Hilfe von Überdruck verlangt ein Mindestmaß hinsichtlich der Gebäudedichtheit, $n_{50} < 1,5$ (Blower-Door-Test) [19].

Bestandsbauten mit offensichtlichen Undichtigkeiten, z. B. im Bereich von Fenstern und Türen, sind ungeeignet.

Lüftungsanlagen sind aufgrund ihrer Komplexität bereits in der Entwurfsplanung zu berücksichtigen. In Neubauten kommen in den allermeisten Fällen zentrale Lüftungsanlagen zum Einsatz. Dezentrale Anlagen haben ihren Anwendungsbereich dagegen vorrangig im Altbau, da die nachträgliche Installation einer zentralen Lüftungsanlage mit einem unverhältnismäßig hohen Aufwand verbunden ist. Dezentrale Lüftungssysteme lassen sich in Bestandsgebäuden selektiv und ohne unverhältnismäßig hohe Umbaumaßnahmen integrieren.

Im Vergleich zu dezentralen Systemen, lassen sich für zentrale Lüftungsanlagen die Investitionskosten sowie Kosten für Betrieb und Wartung reduzieren.

Vorteile der ventilatorgestützten Lüftung

- Sehr effektiver Radonschutz
- Ermöglicht hohe Energieeinsparung durch definierten Luftwechsel mit Wärmerückgewinnung
- Schäden infolge falscher bzw. fehlender Lüftung werden ausgeschlossen
- Steigerung der Wohnqualität durch Schallschutz und Luftfilter (Staub, Pollen, etc.)

Nachteile der ventilatorgestützten Lüftung

- vergleichsweise hohe Investitionskosten mit teilweise langen Amortisationszeiten
- Betriebskosten durch Strom, Wartung und Instandsetzung
- Anlagengeräusche
- nur bedingt für Bestandsgebäude geeignet

Schallbelastung durch Lüftungsanlagen

Die DIN 4109/A1: 2001-01 sieht für Wohn- und Schlafräume einen maximalen Schalldruckpegel von 30 dB(A) und für Unterrichts- und Arbeitsräume von 35 dB(A) vor. Allerdings empfiehlt es sich, nach Beiblatt 2 zu DIN 4109: 1989-11, den Schalldruckpegel um weitere 5 dB(A) zu reduzieren. Dies wird als wirkungsvolle Minderung angesehen. Für die Planung und Ausführung von Lüftungsanlagen ist die akustische Entkopplung vom Bauwerk durch den Einbau von Körperschalldämmungen vorzusehen.

Zentrale Gebäudelüftungsanlagen

Abbildung 102 zeigt schematisch den Standardaufbau einer Gebäudelüftungsanlage.

- Zuluft im Wohnbereich (Überdruck) sowie Abluft in Küche/Bad (Unterdruck) verhindern das Verteilen von Gerüchen innerhalb der Gebäudehülle
- Effektiver Radonschutz durch Verdünnung der Lufradonkonzentration
- Erhöhtes Radoneintrittsrisiko in Räumen mit Unterdruck

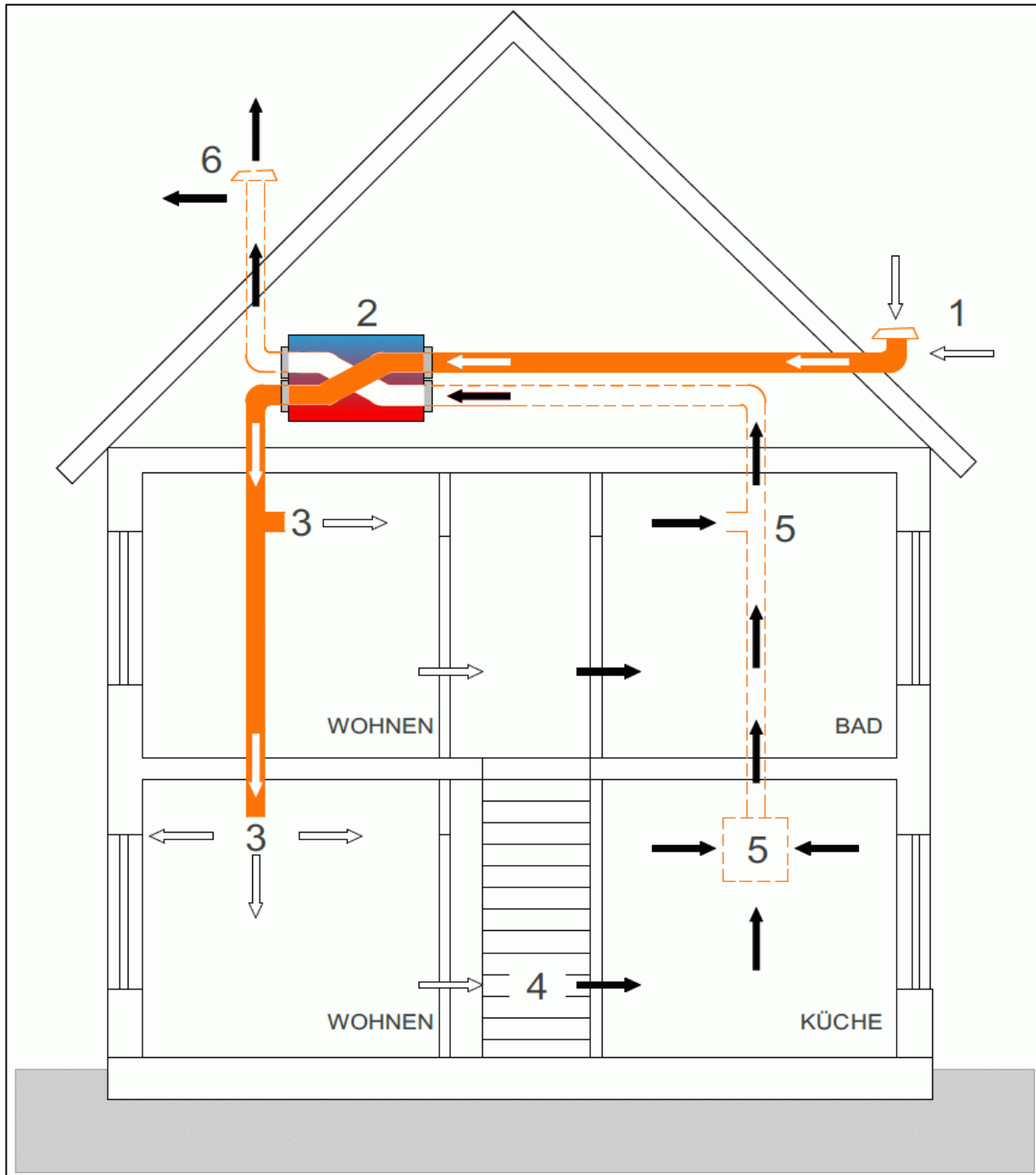


Abb. 102: Zentrale Gebäudelüftungsanlage, Standardaufbau

- 1_Zuluftöffnung 2_Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung 3_Zuluft (Aufenthaltsräume)
4_Luftströmung innerhalb Gebäudehülle 5_Abluft (Küche, Bad) 6_Abluftöffnung

Abbildung 103 zeigt schematisch einen optimierten Aufbau.

- Mit Hinblick auf den Radonschutzaspekt, ist es von Vorteil, wenn jeder Raum eine Zu- und Abluftöffnung erhält
- Individuell einstellbare Druckzustände ermöglichen einen noch effektiveren Radonschutz

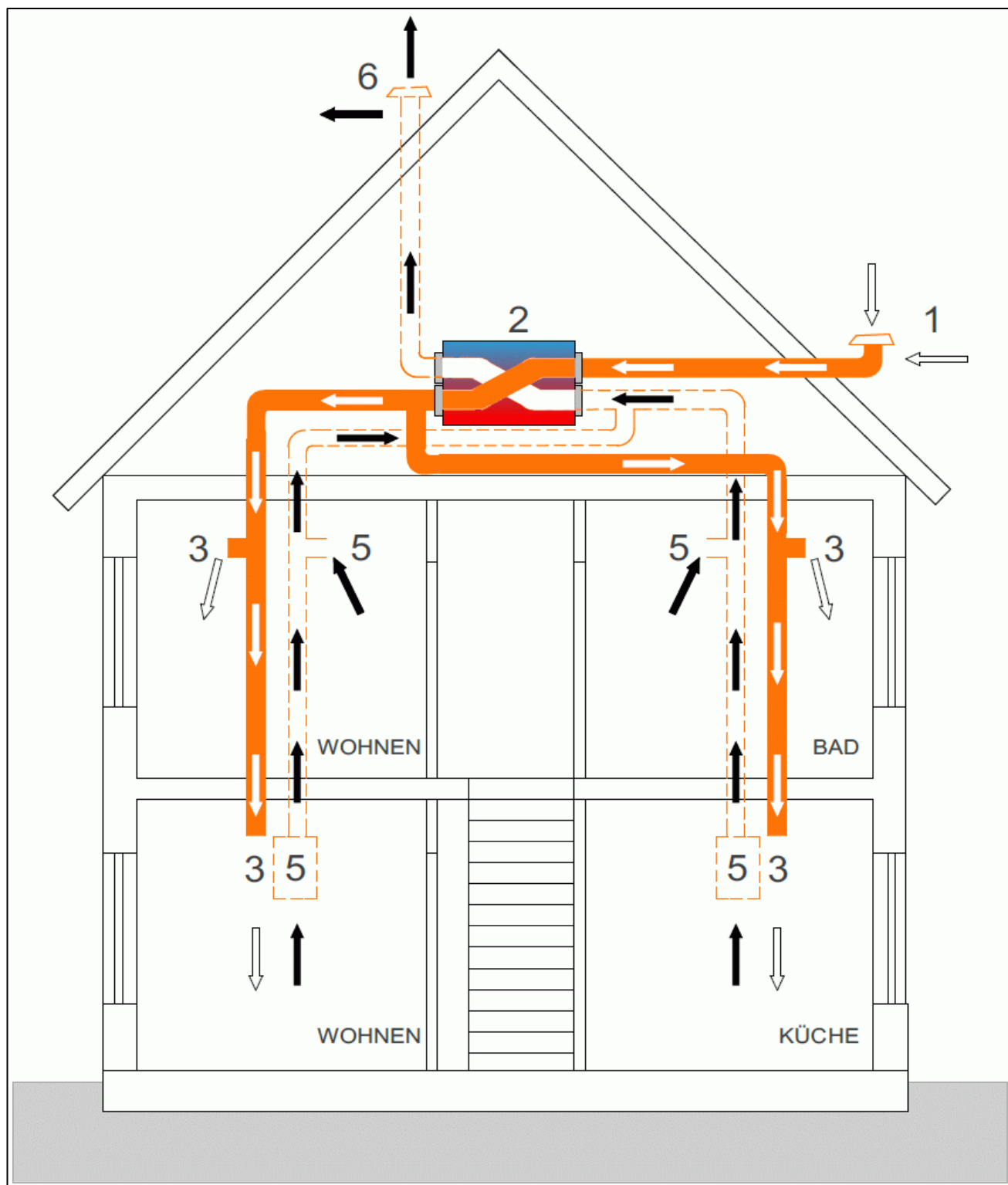


Abb. 103: Zentrale Gebäudelüftungsanlage, optimierter Aufbau

1_Zuluftöffnung 2_Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung 3_Zuluft 5_Abluft 6_Abluftöffnung

Dezentrale, kontrollierte Lüftungsanlagen

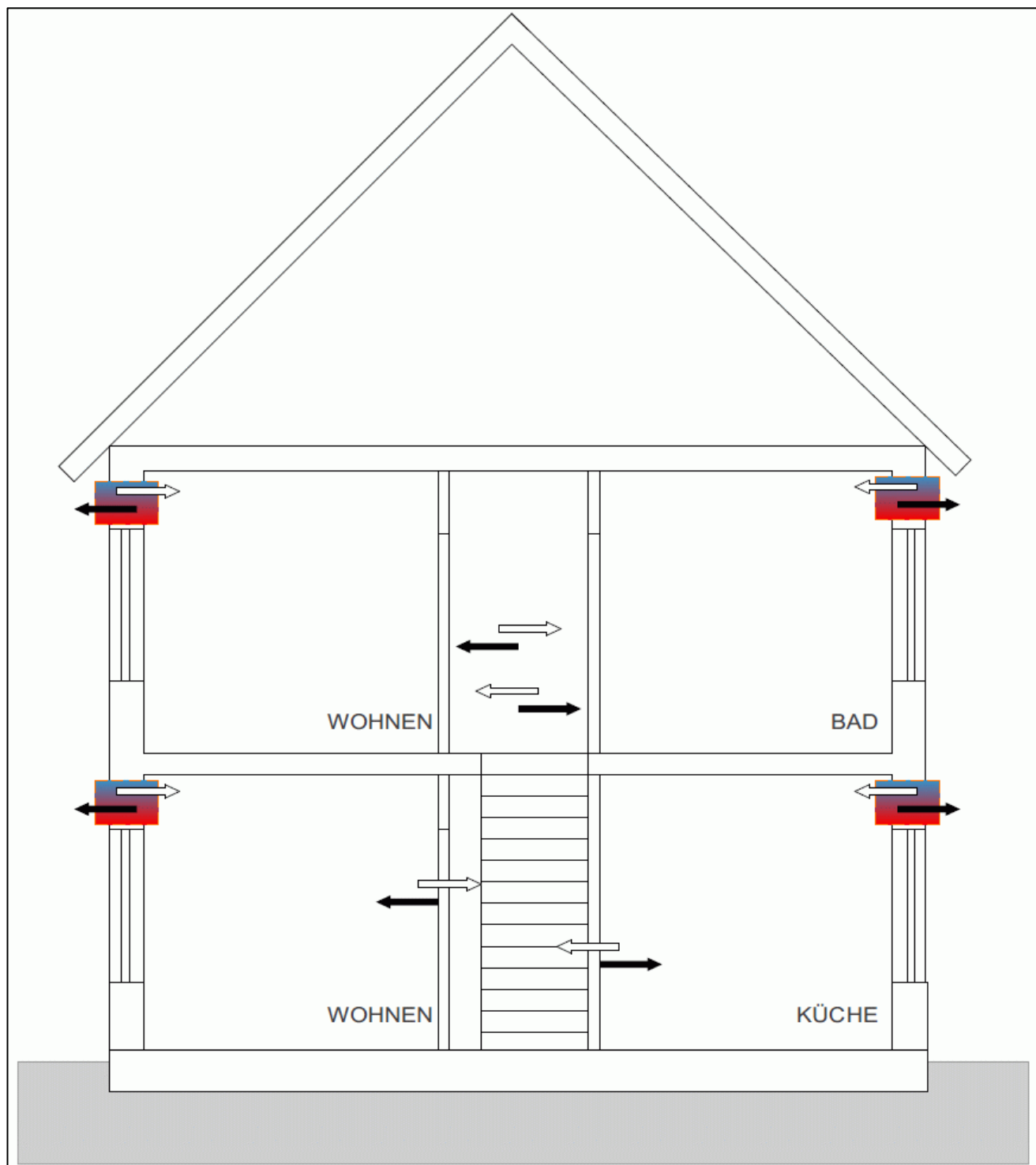


Abb. 104: Anordnung dezentrale Lüftungsanlage, Grundriss

- Dezentrale Lüftungsanlagen ermöglichen eine individuelle und raumspezifische Montage
- Sehr gut geeignet für Bestandsgebäude
- Sehr effizient durch Wärmerückgewinnung
- Steuerbare Regelung ermöglicht das Einstellen von Überdruck
- Herstellerangaben zum Geräuschpegel beachten, in jedem Fall < 30 dB(A), besser < 25 dB(A)

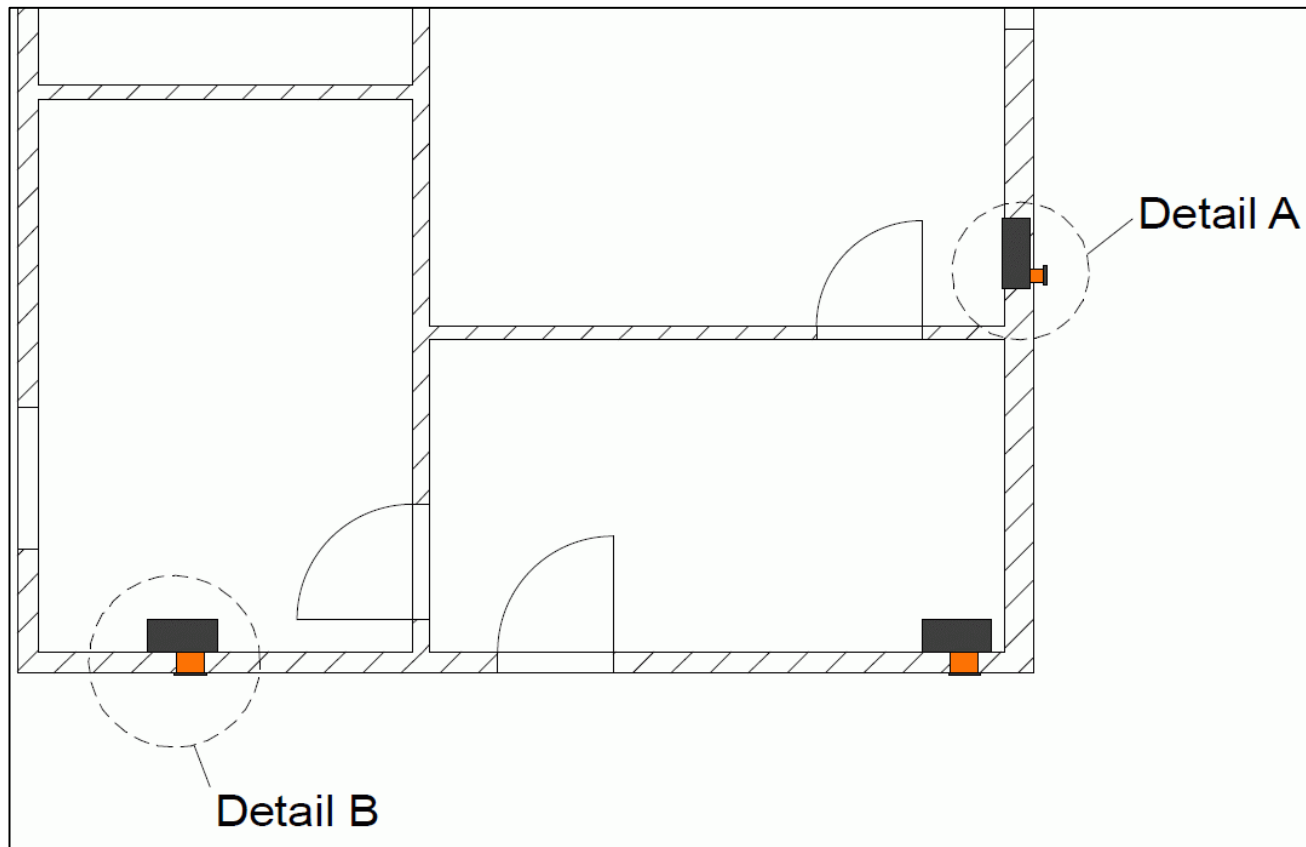


Abb. 105: Schematische Darstellung dezentrale Lüftungsanlage

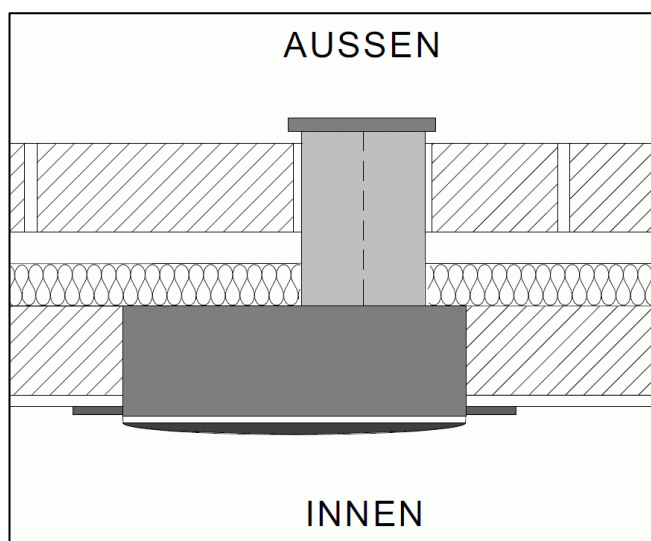


Abb. 106: Detail A, Lüftungsanlage mit Unterputzmontage

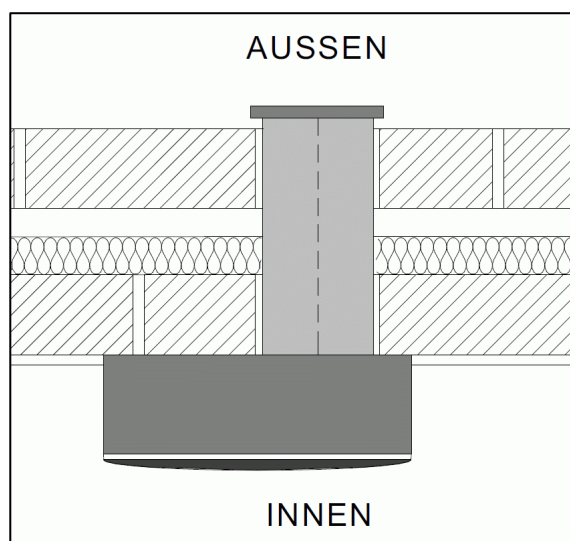


Abb. 107: Detail B, Lüftungsanlage mit Aufputzmontage

7 Energetische Sanierung

Energetische Sanierungsmaßnahmen können zur Verminderung der Luftwechselrate und somit zum Anstieg der Radonkonzentration in der Raumluft führen.

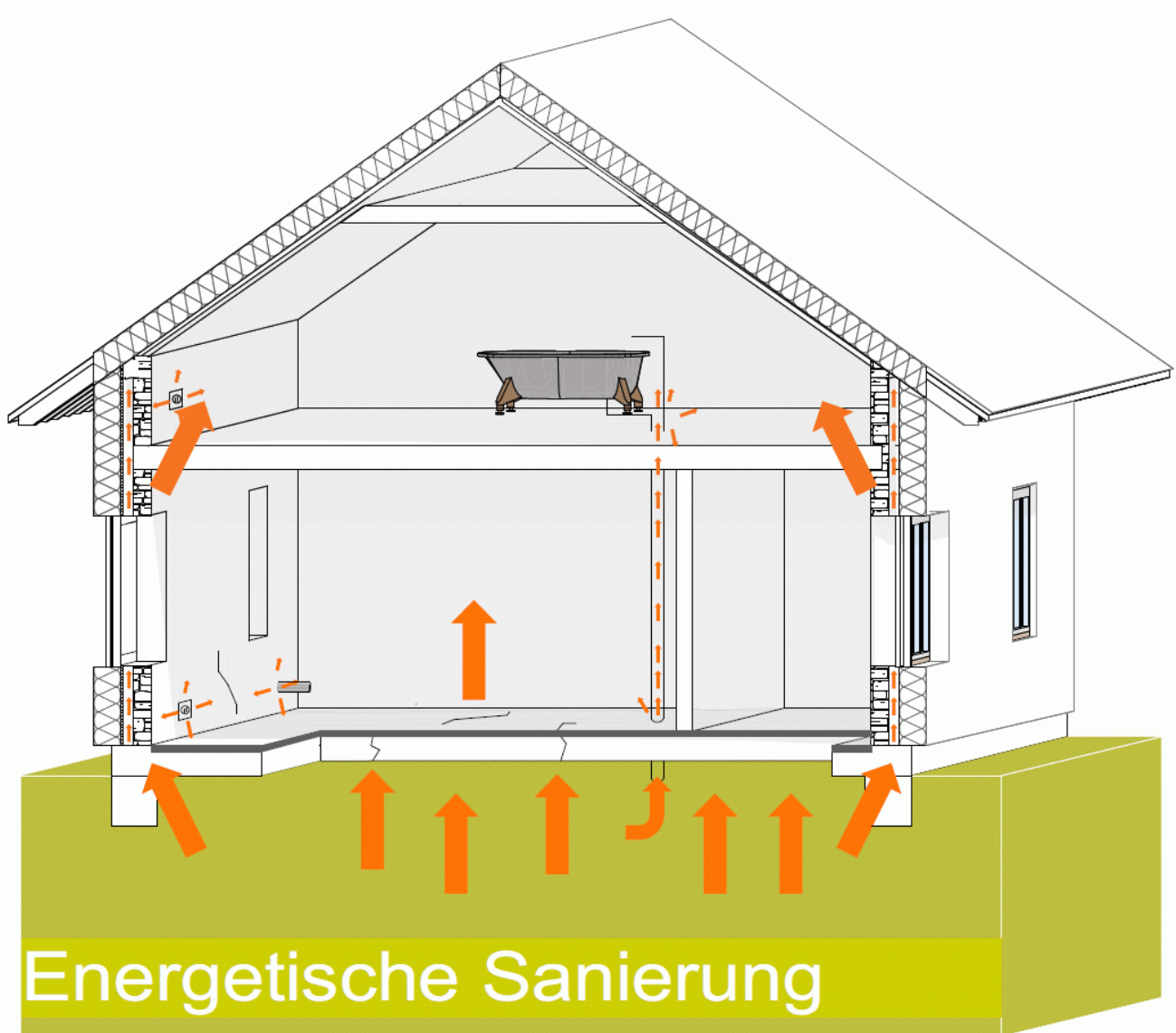


Abb. 108: Schematische Darstellung energetische Sanierung

Radonschutz und energetische Sanierung

Es ist wichtig, bei der Planung energetischer Sanierungsmaßnahmen den baulichen und anlagentechnischen Radonschutz von Anfang an einzubeziehen. In verschiedenen Untersuchungen konnte nachgewiesen werden, dass nach einer energetischen Sanierung in vielen Fällen die Radonkonzentration in der Raumluft anstieg. Aktuelle Schätzungen gehen auf Grundlage internationaler Veröffentlichungen davon aus, dass 50 % aller energetischen Sanierungen eine erhöhte Radonkonzentration zur Folge haben. Im Wesentlichen ist dies darauf zurückzuführen, dass durch die Erhöhung der Dichtheit der Gebäudehülle die Luftwechselrate reduziert, in vielen Fällen aber die bestehenden Radoneintrittspfade nicht gleichzeitig abgedichtet werden. Soll durch eine energetische Sanierung das Radonproblem nicht verschärft werden, ist demnach eine ganzheitlich Betrachtung, die sich auch auf nicht beheizte Bereiche der Gebäudehülle (z. B. Keller) bezieht, erforderlich.

Hinweis

Dieses Problem beschränkt sich im Wesentlichen auf die energetische Modernisierung von Bestandsgebäuden. Die meisten Neubauten weisen schon aufgrund ihrer in der Regel sehr guten Abdichtungen der erdberührten Bauteile kaum erhöhte Radonkonzentrationen in der Raumluft auf. Die Forderungen der EnEV in Bezug auf die Luftwechselrate unterstützen diesen Trend und damit den Radonschutz.

Aus diesem Grund sollte der Radonschutz bereits in der Planungsphase von energetischen Sanierungsmaßnahmen berücksichtigt werden.

Für eine aussagekräftige Einschätzung der Radonbelastung nach einer energetischen Sanierung, sind über einen längeren Zeitraum Kontrollmessungen durchzuführen. Für den Fall, dass tatsächlich eine erhöhte Radonbelastung vorliegt, sollten die durchgeführten Sanierungsmaßnahmen im Hinblick auf den Radonschutz geprüft und ggf. optimiert werden.

8 Kosten von Radonschutzmaßnahmen

8.1 Allgemeines

Bei der Einschätzung möglicher Mehrkosten für den baulichen Radonschutz muss klar zwischen Kosten, die ohnehin entstehen – z. B. für Abdichtungsschichten gegen Wassereintritt (gem. DIN 18533) – und solchen, die tatsächlich zusätzlich erforderlich werden, getrennt werden. Während für Neubauten in erster Linie die Abdichtungen gegen Erdfeuchte bzw. drückendes Wasser betrachtet werden, sind für die Sanierung die verschiedenen Lösungen der Hohlraumabsaugung berücksichtigt.

Keine Aussagen können im Rahmen dieser Broschüre zu Kosten für Lüftungsanlagen in Gebäuden getroffen werden, da diese Anlagen sehr vielfältig in ihrer Wirkungsweise sind und es entsprechend unterschiedliche Lösungen zu betrachten gilt. Zudem kann davon ausgegangen werden, dass diese Anlagen nicht primär für den Radonschutz eingebaut werden und deshalb auch keine radonbedingten Mehrkosten entstehen.

Die folgenden Ausführungen basieren zum großen Teil auf einem Beitrag zum 11. Sächsischen Radontag 2017 – entsprechend (s. 76 ff): <https://www.strahlenschutz.sachsen.de/download/Radon2017final111.pdf> –, in dem auf die Systematik der Kostenermittlung ausführlich eingegangen wurde sowie weitere Beispiele erläutert worden sind.

8.2 Neubau

Im Neubau sind die Mehrkosten für den Radonschutz i. A. sehr gering, da die ohnehin erforderliche Abdichtung gegen Wasser bzw. Erdfeuchte bereits einen hohen Schutz gegen das Eindringen radonhaltiger Bodenluft ermöglicht. In Abhängigkeit von den Lastfällen nach DIN 18533 ergibt sich die folgende differenzierte Betrachtung:

Lastfall WE 1 (Erdfeuchte):

Da für diesen Lastfall nicht zwingend eine Luftdichtheit der Abdichtung gefordert wird, können hier Mehrkosten für den Radonschutz entstehen. Diese sind in erster Linie für eine luftdichte Ausführung der Mediendurchführungen erforderlich (Beispiellösungen s. Abschnitt 6.3.3). Alle weiteren Teile der Gebäudeabdichtung, wie z. B. die horizontalen und vertikalen Abdichtungsschichten, können in aller Regel als ausreichend radondicht eingeschätzt werden.

Lastfall WE 2 (drückendes Wasser):

Eine Abdichtung nach diesem Lastfall gilt – auch in den Details der Medieneinbindungen – als radondicht. Mehrkosten für den Radonschutz entstehen hier nicht.

Kosten für die horizontale und vertikale Abdichtung:

Hierfür kommen – unabhängig vom Lastfall nach DIN 18533 – verschiedene Lösungen zur Anwendung. Die am häufigsten anzutreffenden Lösungen können in die folgenden Gruppen untergliedert werden:

- bahnenförmige Abdichtungen sowie
- Dickbeschichtungen

Für beide Gruppen werden Lösungen mit zertifizierter Radondichtheit und solchen ohne dieses Zertifikat, angeboten. Weitere Hinweise zu den möglichen Lösungen können Abschnitt 6.4 entnommen werden.

Eine Analyse mehrerer Lösungen aus diesen Gruppen, die anhand eines Beispielgebäudes (Einfamilienhaus, 100 m² Grundfläche) durchgeführt wurde (s. Abb. 109), ergab folgende Ergebnisse:

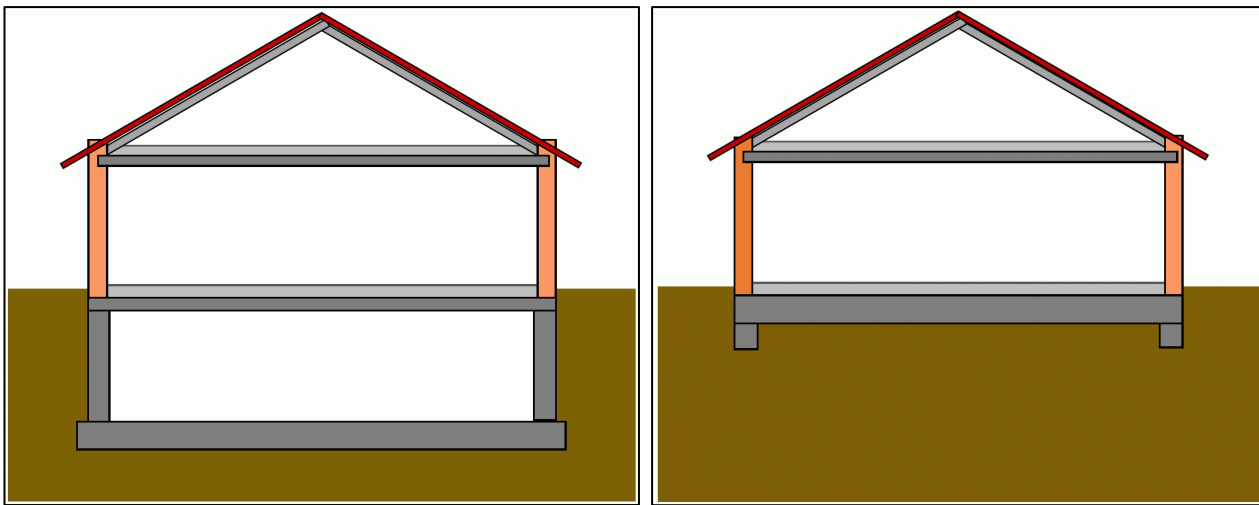


Abb. 109: Beispielhaus für Kostenuntersuchungen (mit und ohne Unterkellerung)

In der Gruppe der **bahnenförmigen Abdichtungen** konnte kein signifikanter Kostenunterschied zwischen den betrachteten Lösungen festgestellt werden, unabhängig davon, ob diese ein Radonzertifikat aufweisen oder nicht. Mehrkosten für den Radonschutz lassen sich somit nicht feststellen.

Für die Gruppe der **Bitumendickbeschichtungen** wurden Lösungen mit Trockendicken von 3 und 4 mm betrachtet. Eine Bitumendickbeschichtung ab 4 mm Trockendicke gilt als radondicht. Die Kostenbetrachtung ergab folgende Ergebnisse:

- Eine Abdichtung mit 3 mm Trockendicke hat gegenüber bahnenförmigen Abdichtungen der ersten Gruppe um **ca. 35 bis 40 % höhere Herstellungskosten**.
- Mit der Abdichtung von 4 mm Trockendicke steigen die Herstellungskosten nochmals um **ca. 15 bis 20 %**.

Der Vergleich unterschiedlicher Abdichtungslösungen zeigt, dass Kostenunterschiede primär durch die angewendeten Systeme entstehen, die Frage, ob diese als radondicht gelten oder nicht spielt dagegen keine oder nur eine geringe Rolle.

Zusätzliche Drainage unter der Bodenplatte:

Für die Kostenbetrachtung sind Lösungen nach Abb. 59 und 60 zugrunde gelegt worden. Die Mehrkosten betreffen hier folgende Maßnahmengruppen:

1. Einbau der Flächendrainage unterhalb der Bodenplatte.
2. Ggf. Einbau einer zusätzlichen kapillarbrechenden Kiesschicht.
3. Im Falle der Inbetriebnahme: Kosten für vertikales Steigrohr, Lüfter einschließlich aller zum Einbau erforderlichen Bauteile.

Für alle Varianten wurden die erforderlichen Erdarbeiten berücksichtigt.

Maßgebend für die Bewertung der Mehrkosten ist hier die Frage, ob die für den Einbau der Drainageschicht erforderliche kapillarbrechende Kiesschicht bereits vorhanden bzw. geplant ist oder zusätzlich vorgesehen werden muss.

Für das Beispielhaus (Abb. 109) ergeben sich für die unterkellerte Lösung folgende Mehrkosten für die Flächen-drainage:

- Ist die kapillARBrechende Kiesschicht ohnehin vorgesehen, umfassen die Mehrkosten lediglich den Einbau der Drainage: **ca. 550 Euro Mehrkosten**
- Ist die kapillARBrechende Kiesschicht nicht vorgesehen und muss sie für die Radondrainage ergänzt werden, ergeben sich folgende Mehrkosten (einschließlich des größerer Baugrubenaushub): **ca. 5.000 bis 5.500 € Mehrkosten.**
- Kosten für spätere Ergänzung zur Inbetriebnahme: **ca. 800 bis 850 € Mehrkosten.**

Der hier vorgenommene Vergleich der Mehrkosten anhand eines Beispielgebäudes veranschaulicht eindrucksvoll, welchen Einfluss die genaue Analyse und Berücksichtigung der Ausgangsparameter auf das Ergebnis hat.

8.3 Sanierung

Im Folgenden werden beispielhaft verschiedene Absauglösung hinsichtlich ihrer Bau- und Betriebskosten betrachtet. Wie in Abschnitt 6.5 beschrieben, sind die am häufigsten angewendeten Lösungen:

- Punktförmige Absaugung (Radonbrunnen)
- Radondrainage
- Hohlraumabsaugung

8.3.1 Vergleich aktive und passive Absaugung

Anhand einer Beispiellösung (Abb. 111) sind für die aktive und passive Absaugung Kosten ermittelt worden.

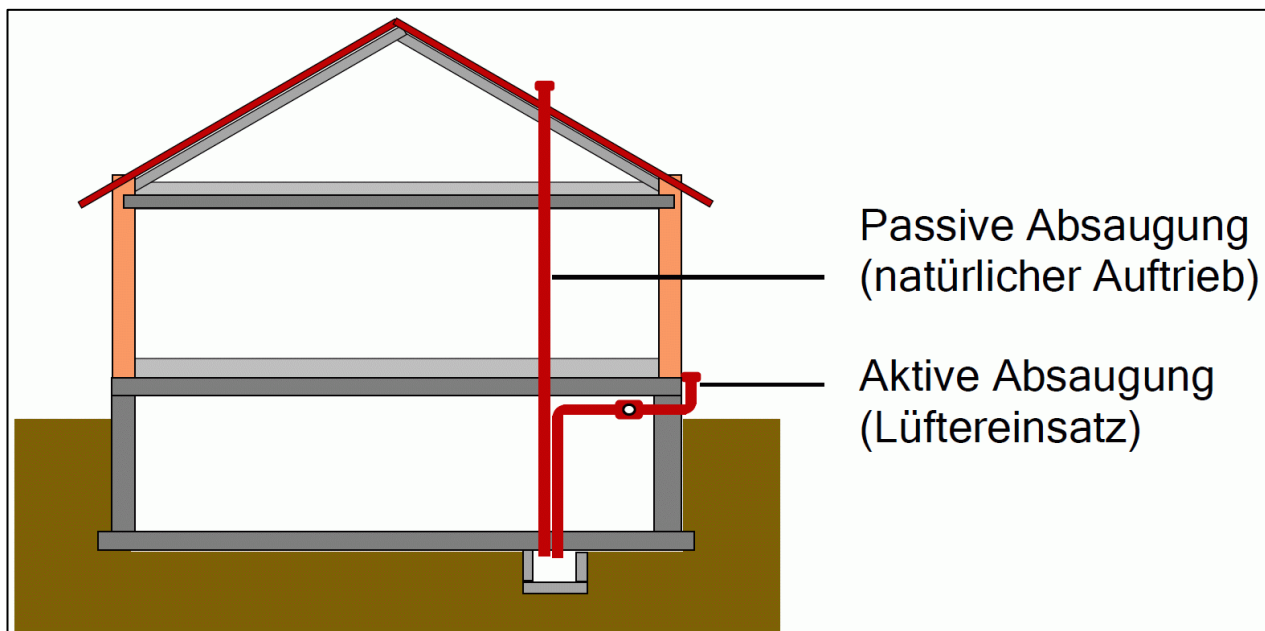


Abb. 110: Prinzipdarstellung Vergleich aktive und passive Absaugung

	Passive Absaugung	aktive Absaugung
• Einmalige Baukosten:	ca. 350 bis 400 €	ca. 300 bis 359 €
• Laufende Betriebskosten:	-	ca. 125 €/Jahr

Die Beispielberechnung zeigt, dass die Anwendung der beiden prinzipiellen Wirkprinzipien zu vergleichbaren Baukosten führt. Nachteilig für die Variante der aktiven Absaugung sind die ständig anfallenden Kosten für Betrieb und Wartung des Lüfters.

8.3.2 Radonbrunnen

Die Kosten für die Errichtung eines Radonbrunnens sind maßgeblich durch die Aufwendungen für die Errichtung des Schachtes beeinflusst. Anhand der folgenden Beispielrechnung wird diese Aussage verdeutlicht:

- Var. 1A und 1B: Radonbrunnen unterhalb der Bodenplatte (Abb. 111a); Schachtabmessungen (gemauerter Schacht): 1,0 * 1,0 m, Tiefe 0,5 m (Var. 1A) bzw. 0,5 * 0,5 m, Tiefe 0,5 m (Var. 1B)
- Var. 2: Radonbrunnen neben dem Gebäude, unterkellerte Gebäudevariante (Abb.111b); Schachtabmessungen 1,0 * 1,0 m, Tiefe 2,0 m; Schachtüberschüttung 1,0 m.
- Var. 3A und 3B: Radonbrunnen neben dem Gebäude, nicht unterkellerte Gebäudevariante (Abb.111C): Schachtabmessungen (gemauerter Schacht) 1,0 * 1,0 m, Tiefe 1,2 m (Var. 3A) bzw. 0,5 * 0,5 m, Tiefe 1,2 m (Var. 3B)

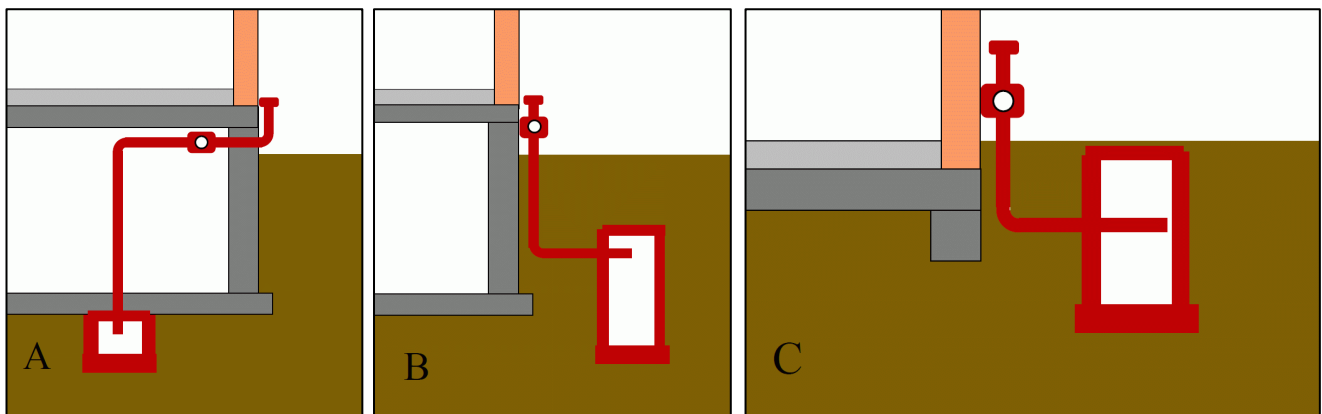


Abb. 111: Prinzipdarstellung für die Varianten der Radonbrunnen

Für diese drei Lösungen sind unter Berücksichtigung des Beispielgebäudes die folgenden Kosten für den Bau des Radonbrunnens ermittelt worden:

- Var. 1: **ca. 1.300 €**
- Var. 1B: **ca. 1.100 €**
- Var. 2: **ca. 1.550 €**
- Var. 3A: **ca. 1.120 €**
- Var. 3B: **ca. 820 €**

Weiteres Reduzierungspotential für die Errichtung von Radonbrunnen besteht in der nochmaligen Reduzierung der Kosten für das Schachtbauwerk, z. B. indem statt des gemauerten Schachtes eine Fertigteillösung oder ähnliches eingesetzt wird. Kann z. B. der Schacht vollständig weggelassen werden und stattdessen eine Direktabsaugung erfolgen (s. z. B. Abb. 78), können die Errichtungskosten bis auf ca. 500 bis 600 Euro reduziert werden.

8.3.3 Radondrainage

In Abschnitt 8.2 wurde bereits verdeutlicht, welchen Einfluss die für diese Maßnahme erforderlichen zusätzlichen Baukosten haben. Im Falle der Sanierung ist der Einbau von Radondrainagen immer dann sinnvoll, wenn ohnehin geplant ist, eine neue Bodenplatte mit Feuchteabdichtung vorzusehen (Beispiel s. Abb. 61), da hier die hohen Aufwendungen für die Schaffung der baulichen Voraussetzung ohnehin erforderlich sind. Das soll anhand einer Beispielrechnung für das Beispielhaus nach Abb. 109 verdeutlicht werden.

- Gesamtkosten für eine Komplettsanierung des Fußbodenbereichs einschließlich Rückbau des Bestandsfußbodens, Neueinbau einer Bodenplatte und Abdichtung: ca. 38.000 Euro
- davon Mehrkosten für den Einbau einer Flächendrainage einschließlich Absaugung:
 - ca. 2.900 Euro (kapillarbrechende Kiesschicht zusätzlich, nur für die Radondrainage eingebaut)
 - ca. 900 Euro (kapillarbrechende Kiesschicht ist unabhängig von der Radondrainage vorgesehen)

Die Beispielrechnung verdeutlicht im Zusammenhang mit der Beispielrechnung aus Abschnitt 8.2:

- Die Mehrkosten für Radondrainagen hängen sehr stark davon ab, welche zusätzlichen baulichen Maßnahmen erforderlich werden.
- Radondrainagen sind gegenüber Radonbrunnen tendenziell deutlich aufwändiger und damit teurer.

8.3.4 Hohlraumabsaugung

Die Vielzahl möglicher baulicher Lösungen in dieser Gruppe lässt eine pauschale Betrachtung der Mehrkosten nicht zu. Sind die zu belüftenden Hohlräume bereits vorhanden, können sehr kostengünstige Lösungen gefunden werden. Mehrkosten entstehen ggf. durch zusätzliche Abdichtungsmaßnahmen zwischen den Hohlräumen und den genutzten Gebäudebereichen.

9 Kontrollmessung

Nach Fertigstellung eines Neubaus bzw. von Sanierungsmaßnahmen sind zeitnah Messungen der Radonkonzentration in der Raumluft erforderlich.

Durch Kontrollmessungen mittels Passivdosimeter, lassen sich alle durchgeführten Schutzmaßnahmen hinsichtlich ihrer Effektivität überprüfen. Gleichzeitig wird die qualitativ gute Durchführung von Baumaßnahmen belegt. Die Messdauer sollte möglichst mindestens drei Monate betragen. Ist dies nicht realisierbar können über Kurzzeitmessungen (z. B. ein bis zwei Wochen) grundsätzliche Aussagen hinsichtlich des Erfolges erlangt werden. Ergeben diese kein schlüssiges Ergebnis werden Langzeitmessungen unvermeidbar.

Für den Fall, dass der Zielwert überschritten wird, sind alle durchgeführten Schutzmaßnahmen zu prüfen. In manchen Fällen sind weitere Schutzmaßnahmen erforderlich. Dieses schrittweise Vorgehen lässt sich in der Regel nicht vermeiden und stellt trotz allem die ökonomischste Problemlösung dar.

10 Schlussbemerkung

Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass diese Fachinformation lediglich eine Auswahl der gebräuchlichsten Schutzmaßnahmen umfasst. Der Aufbau und die Durchführung der jeweiligen Radonschutzmaßnahmen werden anhand ausgewählter Beispiele erläutert.

Dennoch verlangt die außerordentlich große Vielfalt an Konstruktionen, Gebäudetypen und sonstigen Umständen meist eine komplexe individuelle Betrachtung und Auslegung, um den gewünschten Radonschutz (Zielwert) zu erreichen. Auf die wesentlichen Einflussfaktoren soll an dieser Stelle noch einmal verwiesen werden:

- Geogenes Radonpotential
- Radonkonzentration der Innenraumluft
- Art, Bauweise und Struktur des Gebäudes
- Bisherige und vorgesehene Nutzung
- Kosten/Nutzen-Analyse
- Wartungsfreundlichkeit

Bei einer komplexen Gebäudestruktur und Radondynamik kann die Beauftragung von Radonfachpersonen und entsprechenden Fachfirmen zu einer Aufwand- und Kostenersparnis beitragen.

Listen mit Radonfachpersonen können im Internet recherchiert werden.

11 Register und Anhänge

Quellenverzeichnis

- [1] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (Hrsg.): Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung, Jahresbericht 2017; Bonn 2018,
- [2] Gesetz zur Neuordnung des Rechts zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung“ (StrlSchG) vom 27. Juni 2017
- [3] Verordnung zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung“ (StrlSchV) vom 29. November 2018
- [4] Richtlinie 2013/59/EURATOM, vom 5. Dezember 2013 <http://www.bmub.bund.de/themen/atomenergie-strahlenschutz/strahlenschutz/rechtsvorschriften-technische-regeln/regelungen-der-eu/>
- [5] Menzler S, Schaffrath-Rosario A, Wichmann HE, Kreienbrock L. Abschätzung des attributablen Lungenkrebsrisikos in Deutschland durch Radon in Wohnungen. Reihe „Fortschritte in der Umweltmedizin“, Eco-med Verlag Landsberg, S.1-101; 2006.
- [6] Menzler S, Piller G, Gruson M, Rosario AS, Wichmann HE, Kreienbrock L; Population attributable fraction for lung cancer due to residential radon in Switzerland and Germany. Health Phys 2008; 95:179-89.
- [7] Darby S, Hill D, Auvinen A, Barros-Dios JM, Baysson H, Bochicchio F, et al.; Radon in homes and risk of lung cancer: collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies. BMJ 2005; 330:223-28.
- [8] Darby S, Hill D, Deo H, Auvinen A, Barros-Dios JM, Baysson H, et al.; Residential radon and lung cancer – detailed results of a collaborative analysis of individual data on 7148 persons with lung cancer and 14208 persons without lung cancer from 13 epidemiologic studies in Europe. Scand J Work Environ Health 2006; 32 Suppl 1:1-84.
- [9] Robert-Koch-Institut (Hrsg) und die Gesellschaft der epidemiologischen Krebsregister in Deutschland e.V. (Hrsg). Krebs in Deutschland für 2015/2016. Berlin, 2019; 12.
- [10] Kreuzer M, Sobotzki C, Schnelzer M, Fenske N. Factors modifying the radon-related lung cancer risk at low exposures and exposure rates among German uranium miners. Radiat Res. 2018; 189: 165-176.
- [11] BEIR VI 1999. National Research Council, Committee on Health Risks of Exposure to Radon. Board on Radiation Effects Research. Health effects of exposure to radon. BEIR VI Report. Washington, DC; National Academy Press; 1999.
- [12] UNSCEAR 2006. Epidemiological studies of radiation and cancer, Volume I, Scientific Annex A, United Nations, New York 2008.
- [13] Staatliche Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft (BFUL), Sachsen
- [14] Ansichten des Umgebendehauses „Reiterhaus“ in Neusalza-Spremberg: Stadtverwaltung Neusalza-Spremberg, Kirchstraße 17, 02742 Neusalza-Spremberg Dez. 2013
- [15] Energetische Sanierung von Baudenkmälern Handlungsanleitung für Behörden, Denkmaleigentümer, Architekten und Ingenieure; Herausgeber: Sächsisches Staatsministerium des Innern, Abteilung 5 – Stadtentwicklung, Bau- und Wohnungswesen, Referat 51 – Denkmalpflege und Denkmalschutz; Wilhelm-Buck-Straße 4, 01097 Dresden; 1. Auflage Februar 2011
- [16] partielle Abdichtung: Bauberatung Zement, Füllen von Rissen – Zement Merkblatt Betontechnik B 26, 06.2003, Seite 1 Allgemeines
- [17] Experimentelle und theoretische Untersuchungen über die Emanation und Migration von Radon in Baustoffen und Bauwerksabdichtungen; Dissertation; Bernd Hoffmann; S. 100, Tabelle 9.5; Saarbrücken 2004;
- [18] Rohrführung außerhalb der Gebäudehülle: BRE radonsolutions, Sheet 7, Building Research Establishment Ltd 2003
- [19] Ehrenfried Heinz, Wohnungslüftung frei und ventilatorgestützt, Anforderungen, Grundlagen, Maßnahmen, Normenanwendungen, Seite 135, 2. Auflage, 2011, ISBN: 978-3-410-21301-7

12 Adressen und Ansprechpartner

Auf einen Blick

Radonberatung in Sachsen:

Vom Freistaat Sachsen wird eine Beratung zu Radon in Gebäuden durch eine speziell hierfür eingerichtete Radonberatungsstelle kostenlos angeboten. Auch kostenlose Radonmessungen im Rahmen von Messprogrammen des Freistaates werden durch die Radonberatungsstelle durchgeführt (Teilnahmebedingungen auf Anfrage).

Staatliche Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft
2. Landesmessstelle für Umweltradioaktivität
Radonberatungsstelle

Postadresse:

Altwahnsdorf 12
01445 Radebeul

Besucheradresse:

Dresdner Straße 183
09131 Chemnitz

Öffnungszeiten:

werktags per Telefon und E-Mail

Es besteht die Möglichkeit der Vereinbarung individueller persönlicher Beratungstermine.

Telefon: 0371 46124-221

Telefax: 0371 46124-299

E-Mail: radonberatung@smul.sachsen.de

www.smul.sachsen.de/bful

www.radon.sachsen.de

Zuständige sächsische Landesbehörden:

Sächsisches Staatsministerium für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft
Referat 54 (Strahlenschutz, Gentechnik, Chemikalien)

Bürgertelefon: +49 351 564-20500

Telefax: +49 351 56425440

E-Mail: info@smul.sachsen.de

www.smul.sachsen.de

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
Abteilung 5

Söbrigener Straße 3a

01326 Dresden, Pillnitz

Telefon: +49 351 2612-5304

Telefax: +49 351 2612-5399

E-Mail: abt5.lfulg@smul.sachsen.de

<http://lfulg.sachsen.de>

Förderprogramme zum Radonschutz:

Weitere Informationen über aktuelle Förderangebote findet man unter www.strahlenschutz.sachsen.de

Ansprechpartner bei Bundesbehörden:

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit

Referat S II 2

Postfach 12 06 29

53048 Bonn

E-Mail: SI22@bmu.bund.de

www.bmu.de

Bundesamt für Strahlenschutz

Abteilung UR

Köpenicker Allee 120–130

10318 Berlin

Telefon: +49 30 183334210

Telefax: +49 30 18333-1885

E-Mail: info@bfs.de

www.bfs.de

Radonmessungen:

Radonmessungen werden von verschiedenen Firmen und Einrichtungen angeboten. Anbieter, die an der externen Qualitätssicherung des Bundesamtes für Strahlenschutz teilgenommen haben, sind unter: www.bfs.de zu finden.

Herausgeber:

Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (SMUL)
Postfach 10 05 10, 01075 Dresden
Bürgertelefon: +49 351 564-20500
E-Mail: info@smul.sachsen.de
www.smul.sachsen.de

Diese Veröffentlichung wird mitfinanziert durch Steuermittel auf Grundlage des vom Sächsischen Landtag beschlossenen Haushaltes.

Autoren: Michael Reiter, Hannes Wilke, Walter-Reinhold Uhlig

Redaktion: SMUL, Referat Strahlenschutz, Gentechnik, Chemikalien

Redaktionsschluss: 2. September 2020 (aktualisiert November 2025)

Gestaltung, Satz und Abbildungen: Michael Reiter, Hannes Wilke

Bezug:

Diese Veröffentlichung steht nicht als Printmedium zur Verfügung, kann aber als PDF-Datei unter www.publikationen.sachsen.de heruntergeladen werden.

Verteilerhinweis

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Information der Öffentlichkeit herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern im Zeitraum von sechs Monaten vor einer Wahl zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen.

Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist auch die Weitergabe an Dritte zur Verwendung bei der Wahlwerbung.

Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die vorliegende Druckschrift nicht so verwendet werden, dass dies als Parteinahme des Herausgebers zu Gunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.

Diese Beschränkungen gelten unabhängig vom Vertriebsweg, also unabhängig davon, auf welchem Wege und in welcher Anzahl diese Informationsschrift dem Empfänger zugegangen ist. Erlaubt ist jedoch den Parteien, diese Informationsschrift zur Unterrichtung ihrer Mitglieder zu verwenden.

www.radon.sachsen.de

