

11. Sächsischer Radontag

Tagungsband

13. Tagung Radonsicheres Bauen
am 12. September 2017 in Dresden



INHALT

Prof. Dr.-Ing. Walter-Reinhold Uhlig Grußwort des Vorstands von KORA e.V.	5
Prof. Dr.-Ing. habil. Roland Stenzel Grußwort des Rektors der HTW Dresden	7
Herbert Wolff Grußwort des Staatssekretärs des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landwirtschaft	9
Dr. Benjamin Klein Die Ausweisung von Vorsorgegebieten und Stand der Umsetzung der Grundnorm in deutsches Recht	11
Tino Patzelt Radon – Kein Grund zur Panik!	20
Karin Leicht Radon aus Sachverständigensicht	26
Michael Schäfer Abdichtung erdberührter Bauteile	42
Prof. Dr.-Ing. Walter-Reinhold Uhlig Kosten für Radonschutzmaßnahmen im Neubau und bei Sanierungen	76
Bernd Leißring Warum bei Neubauten die Kontrolle der Radonkonzentration in Wohn- und Arbeitsräumen notwendig ist	106
Günther Just Einige Bemerkungen zur Vorbereitung und Durchführung von Sanierungen bestehender Gebäude mit komplexen Belastungen	114
Referentenverzeichnis	126

Grußwort Prof. Dr.-Ing. Walter-Reinhold Uhlig Vorsitzender KORA e.V.



Meine sehr geehrten Damen und Herren,

es wird Ernst mit dem baulichen Radonschutz! Das *neue deutsche Strahlenschutzgesetz*, welches erstmalig Aussagen zum baulichen Radonschutz enthält, ist in diesem Jahr durch Bundestag und Bundesrat beschlossen worden. Damit ist ein erster wichtiger Schritt bei der Überführung der europäischen Grundnorm Strahlenschutz in deutsches Recht getan, Verordnungen und weitere Ausarbeitungen werden in nächster Zeit folgen, die konkrete Festlegungen für die Umsetzung des baulichen Radonschutzes, die Ausweisung von Radonvorsorgegebieten und weitere Handlungsempfehlungen enthalten werden.

Höchste Zeit also, dass sich Bauschaffende, öffentliche und private Auftraggeber, aber auch die Wohnungswirtschaft und Immobilienbranche mit dem radonsicheren Bauen und Sanieren befassen!

Der sächsische Radontag 2017 hält interessante Beiträge bereit, in denen aus kompetentem Mund über den Stand der gesetzlichen Umsetzung sowie über die Stellung von Verbänden zur Umsetzung des Radonschutzes berichtet wird. Weitere Beiträge gehen auf die bauliche Umsetzung des Radonschutzes ein, die durch die Vorstellung von Beispielen ergänzt wird. Besonders spannend ist in diesem Kontext ganz sicher der Zusammenhang zwischen baulichem Radonschutz und der neuen Abdichtungsnorm DIN 18533 zu sehen.

Wenn der Radonschutz eine erhöhte Verbindlichkeit erhält, treten die Kosten für bauliche und Lüftungstechnische Zusatzmaßnahmen zunehmend in den Fokus des Interesses. Im Zusammenhang mit der zu erwartenden erhöhten öffentlichen Wahrnehmung der Gesundheitsgefährdung durch Radon und deren baulichen und Lüftungstechnischen Umsetzung steigt zudem die Bedeutung der Kommunikation zwischen Öffentlichkeit und den mit dem Radonschutz befassten Fachleuten an. Alle diese hier genannten Themen werden in der heutigen Tagung vorgestellt und diskutiert. Damit kann der Sächsische Radontag auch 2017 wiederum in Anspruch nehmen, einen spannenden und hochaktuellen Themenmix anzubieten.

Auch in diesem Jahr haben wieder viele Akteure zum Gelingen der heutigen Tagung beigetragen. Besonders seien hier der Fakultät Bauingenieurwesen / Architektur der HTW, dem Zentrum für Forschung und Entwicklung an der HTW (ZAFT e.V.) sowie vielen Kolleginnen und Kollegen im Sächsischen Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft gedankt.

Nun wünsche ich Ihnen einen interessanten Tag mit vielen neuen Erkenntnissen!

Mit freundlichen Grüßen
Prof. Dr.-Ing. Walter-Reinhold Uhlig
Vorsitzender KORA e.V.

Grußwort Prof. Dr.-Ing. habil. Roland Stenzel



In diesem Jahr begeht die Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden den 25. Jahrestag ihrer Gründung. In etwa der Hälfte dieser Zeit wurden regelmäßig Tagungen zur Thematik „Radonsicheres Bauen und Sanieren“ an unserer Hochschule durchgeführt. Ich freue mich, Sie nun wiederum als Teilnehmerinnen und Teilnehmer zur diesjährigen Tagung begrüßen zu dürfen, die in guter Tradition durch das Kompetenzzentrum für radonsicheres Bauen und Sanieren (KORA e.V.) gemeinsam mit dem Sächsischen Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (SMUL) und dem Zentrum für angewandte Forschung und Technologie (ZAFT e.V.) organisiert wird.

In diesem Jahr ist durch Bundestag und Bundesrat das neue deutsche Strahlenschutzgesetz beschlossen und veröffentlicht worden. Durch die Aufnahme des Radonschutzes in dieses Gesetzeswerk erhält der bauliche Radonschutz eine deutlich erhöhte Bedeutung, rückt er zunehmend von einem Randthema des Bauens in den Fokus aller am Bau Beteiligten. Ganz in diesem Sinne sind die Schwerpunkte der diesjährigen Tagung die Umsetzung des Strahlenschutzgesetzes sowie konkrete Beiträge zur baulichen Umsetzung des Radonschutzes im Neubau und der Gebäudesanierung.

Die Etablierung dieser Tagung sowie die enge Verbindung zwischen KORA e.V. und der HTW Dresden wurden durch Prof. Uhlig maßgebend geprägt. Er ist langjähriger Vorsitzender von KORA und hat an unserer Hochschule Lehrveranstaltung zum Thema des radonsicheren Bauens und Sanierens eingeführt, so dass unsere Absolventen mit dieser Thematik vertraut sind. Dafür möchte ich Ihnen herzlich danken. Mit Freude kann gesagt werden, dass dieses Thema auch nach seinem altersbedingten Ausscheiden an der Hochschule weiterhin seinen Platz hat. So wird die Lehrveranstaltung zum radonsicheren Bauen durch seinen Nachfolger, Prof. Naumann, weitergeführt, ebenso entsprechende Forschungsarbeiten zum Themenkomplex.

Mein Dank gilt dem Organisationsteam und den Referenten, die diese Tagung erfolgreich vorbereitet und mit gestaltet haben. Ich wünsche der Tagung einen interessanten Verlauf und allen Teilnehmern einen regen persönlichen Erfahrungsaustausch.

Prof. Dr.-Ing. habil. Roland Stenzel

Rektor der HTW Dresden

Grußwort des Staatssekretärs Herbert Wolff



Sehr geehrte Damen und Herren,

herzlich Willkommen zum 11. Sächsischen Radontag und zur 13. Tagung Radonsicheres Bauen.

Die Besonderheit des diesjährigen Radontages besteht darin, dass vor wenigen Monaten ein Gesetz veröffentlicht wurde, das erstmals verbindliche Regelungen zum Radonenschutz für alle enthält. Diese Regelungen werden zum größten Teil Ende des kommenden Jahres in Kraft treten.

Wie erwartet enthält dieses neue Strahlenschutzgesetz unter anderem einen Referenzwert von 300 Becquereln pro Kubikmeter (Bq/m^3) für Aufenthaltsräume und für Arbeitsplätze.

Insbesondere enthält es die Verpflichtung, Radonmessungen an Arbeitsplätzen im Keller und im Erdgeschoss von Gebäuden durchzuführen, die sich in Gebieten mit erhöhten Radonkonzentrationen befinden.

Sowohl für den Bund als auch für die Länder ist noch ein enormes Arbeitspensum zu bewältigen, um dieses Gesetz mit Leben zu erfüllen. Besonders wichtig sind dabei Multiplikatoren für die Informationen über Radon, seine Wirkungen und wie man sich vor Radon schützen kann. Zu den Multiplikatoren gehören auch die Teilnehmer des Sächsischen Radontages. Die Durchführung dieses Radontages stellt eine unserer bewährtesten Maßnahmen zur Information der Öffentlichkeit dar. Die Weiterbildung bestimmter Berufsgruppen und die Erfassung der Radonsituation im Freistaat Sachsen im Rahmen verschiedener Messprogramme sind ebenfalls Maßnahmen, die das Thema Radonenschutz ins Bewusstsein der Bürger bringen. Sie dienen außerdem einerseits der Schaffung einer personellen Basis zum praktischen Radonenschutz, andererseits der Schaffung einer Datenbasis zur besseren Einschätzung der Radonsituation im Freistaat Sachsen.

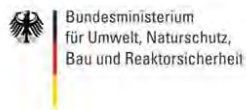
Daneben muss zukünftig – und das schreibt der Gesetzgeber auch vor – bei der Bevölkerung auf breiter Basis ein Bewusstsein für den Radonenschutz geschaffen werden. Die adressatengerechte Information der Öffentlichkeit ist nicht nur ein Thema des diesjährigen Radontages, sondern sie wird uns auch in den kommenden Jahren begleiten. Ebenso wie die Frage der Kosteneffizienz und der Kostensenkung bei der Sanierung von Gebäuden mit erhöhten Radonkonzentrationen. Der Grund, warum unsere umfangreichen Angebote zur kostenlosen Radonmessung nur zögerlich angenommen werden, ist, dass viele Gebäudeeigentümer die hohen Kosten scheuen, die mit einer Radonsanierung verbunden sein können.

Dies ist für uns eine Motivation, Sanierungsmaßnahmen bezüglich ihrer voraussichtlichen Kosten zu analysieren und die Betroffenen zu informieren, welche Maßnahmen kostengünstig und effektiv sind. Im vorliegenden Tagungsband wird über die Ergebnisse zweier Studien zu den Kosten der Radonsanierung berichtet.

Ich möchte an dieser Stelle allen Referenten, die sich bereit erklärt haben mit Ihrem Beitrag zum Gelingen des Radontages beizutragen und teilweise auch die Mühen langer Anreisen auf sich genommen haben, recht herzlich danken. Meinen besonderen Dank möchte ich den Kollegen der HTW und von KORA, und hier insbesondere Herrn Professor Uhlig, für ihr ungebrochenes Engagement aussprechen.


Herbert Wolff

Staatssekretär im Sächsischen Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft



Die Ausweisung von Vorsorgegebieten und Stand der Umsetzung der Europäischen Grundnormen in deutsches Recht

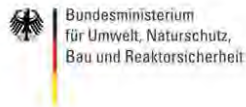
Dr. med. Axel Böttger, Dr. Benjamin Klein

11. Sächsischer Radontag, 12.09.2017 Dresden



Inhalt

- **Stand der Umsetzung der Europäischen Grundnormen des Strahlenschutzes (Richtlinie 2013/59/Euratom) in deutsches Recht**
- **Verfahren zur Ausweisung von Radonvorsorgegebieten**
- **Vorschriften zu baulichen Maßnahmen bei Neubauten**
- **Radonschutz an Arbeitsplätzen**



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz,
Bau und Reaktorsicherheit

Umsetzung der Richtlinie 2013/59/Euratom (1)

- **Bisher** in Deutschland **Strahlenschutzverordnung** vom 20. Juli 2001 (seitdem mehrfach geändert)
 - Regelungen zum Radonschutz für Arbeitnehmer an ausgewählten Arbeitsplätzen (z.B. Wasserwerke, Radon-Heilbäder, Schauhöhlen)
 - Derzeit keine Regelungen zum Schutz vor Radon in Aufenthaltsräumen
- **Richtlinie 2013/59/Euratom** vom 5. Dezember 2013
 - („... zur Festlegung grundlegender Sicherheitsnormen für den Schutz vor den Gefahren einer Exposition gegenüber ionisierender Strahlung [...]“)
 - Anforderungen an den **Schutz vor Radon in Aufenthaltsräumen und an Arbeitsplätzen**, die verbindlich durch die Mitgliedsstaaten umgesetzt werden müssen



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz,
Bau und Reaktorsicherheit

Umsetzung der Richtlinie 2013/59/Euratom (2)

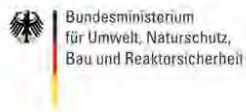
- Im Zuge der Umsetzung der Richtlinie **neues Strahlenschutzgesetz (StrlSchG)** erarbeitet
 - **Verkündet** am **3. Juli 2017**, **Inkrafttreten** zum **31. Dezember 2018** (Notfallschutzregelungen zum 1. Oktober 2017)
 - Ersetzt bisherige Strahlenschutzverordnung und Röntgenverordnung
 - Regelungen u.a. zu Radon in Aufenthaltsräumen und an Arbeitsplätzen, Erstellung eines Radonmaßnahmenplans, Ausweisung von Radonvorsorgegebieten, etc.
- **Detailregelungen auf Verordnungsebene**
 - Regelungen derzeit in Erarbeitung
 - Inkrafttreten ebenfalls zum 31. Dezember 2018
 - Regelungen u.a. zu Maßnahmen bei Neubauten, Verfahren der Ausweisung von Radonvorsorgegebieten

Regelungen zum Schutz vor Radon (1)

- In Deutschland: **Radon ist überall** zu finden (Radon-Aktivitätskonzentration $\gg 0 \text{ Bq/m}^3$)
 - Schutzziele gelten für alle Aufenthaltsräume und Arbeitsplätze
 - Idee: Radongebiete → Prioritätensetzung
- **Messpflicht** an (bestimmten) **Arbeitsplätzen** (später mehr)
- Vorschriften zu **baulichen Maßnahmen** für **Neubauten**
- **Maßnahmenplan**
 - z.B. Förderung von Sanierungsmaßnahmen, spezielle zielgruppenorientierte Informationskampagnen, Multiplikatoren (Baufachleute, Ärzte, Journalisten...)

Regelungen zum Schutz vor Radon (2)

- Festlegung eines **Referenzwertes** von **300 Bq/m³**
 - Wert in Übereinstimmung mit Richtlinie
 - sowohl für Aufenthaltsräume als auch an Arbeitsplätzen
 - „... ein festgelegter Wert, der als Maßstab für die Prüfung der Angemessenheit von Maßnahmen dient. Ein Referenzwert ist kein Grenzwert.“ (§5 Absatz 29 StrlSchG)
- **Aufgaben Bund/Länder:**
 - Informationspflicht zu Radonexposition, Gesundheitsrisiken, Messung und technische Sanierungsmaßnahmen
- **Aufgaben zuständige Landesbehörde:**
 - Anregung von Maßnahmen zur Ermittlung von Aufenthaltsräumen mit Überschreitung des Referenzwertes und Empfehlung zur Sanierung



Ausweisung von Radonvorsorgegebieten



Ausweisung von Radonvorsorgegebieten

- Festlegung von Radonvorsorgegebieten durch Länder (§121 StrlSchG):
 - Beträchtliche Anzahl von Gebäuden überschreitet Referenzwert für Aufenthaltsräume oder Arbeitsplätze
 - Festlegung des Verfahrens und der Kriterien zur Ausweisung von Radonvorsorgegebieten auf Verordnungsebene
 - Seit Herbst 2015 Arbeiten/Abstimmung von BMUB, Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) und Bundesländern
- Grundsatz: Erste Ausweisung nur für Flächen, die mit hoher Wahrscheinlichkeit Radonvorsorgegebiete sind, später erforderlichenfalls Ausweitung

Anforderungen an Gebietsausweisung

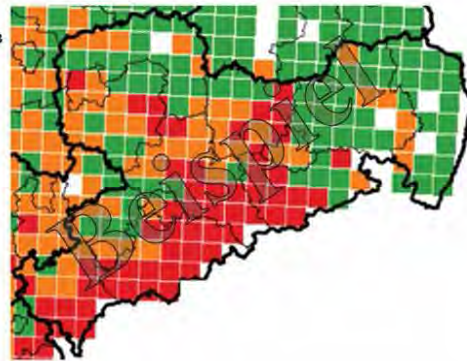
- **Schutzniveau**
 - Was zeichnet ein Radonvorsorgegebiet aus?
- **Unsicherheiten bei Gebietsausweisung**
 - **Fehler 1. Art:** Gebiet wird fälschlicherweise ausgewiesen
 - Unnötiger Aufwand
 - **Fehler 2. Art:** Gebiet wird fälschlicherweise nicht ausgewiesen
 - Unnötige Exposition
- **Praktikabilität**
 - Administrative oder geologische Grenzen? Aufwand? Kosten?

Kriterien für die Ausweisung von Radonvorsorgegebieten

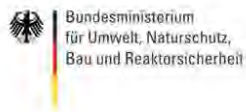
- **Kriterien:**
 - Messpunktdichte für Radon-Konzentration in der Bodenluft und Bodenpermeabilität,
 - Dichte von Radonmessungen in Gebäuden,
 - Anteil der prognostizierten Fläche an administrativer Einheit,
 - Für eine Bebauung nicht geeignete Gebiete (Gebirge, Gewässer),
 - Lokale Informationen.

Grundlage für Ausweisung Radonvorsorgegebiete

- Ergebnisse einer „Prognose“ aus „Radonpotential“ und Häufigkeit des Auftretens von Werten über 300 Bq/m^3 in Aufenthaltsräumen, Geologie etc.
- Fehler kleiner 10% für **Radonvorsorgegebiete** und **Nicht-Radonvorsorgegebiete**
- dazwischen **Gebiete, für die noch keine Aussagen gemacht werden können**
- Ausweisung von Radonvorsorgegebieten basierend auf Verwaltungseinheiten



Vorschriften zu baulichen Maßnahmen bei Neubauten



Bauliche Maßnahmen

- **Radonschutzmaßnahmen beim Neubau** von Gebäuden
 - Radonzutritt aus dem Baugrund verhindern oder erheblich erschweren
 - **Bundesweit:** Allgemein **anerkannte Regeln der Technik** zum **Feuchteschutz**
 - **Radonvorsorgegebiete:** Zusätzliche Maßnahmen, **Verordnungsermächtigung**
- **Bei Durchführung baulicher Maßnahmen bei Bestandsbauten**
 - Bei Besorgnis der Verminderung der Luftwechselrate bei z.B. energetischer Sanierung (mögliche Folge: Anstieg der Radonkonzentration im Raum)
 - Radonschutzmaßnahmen erwägen (Verhältnismäßigkeitsgrundsatz)



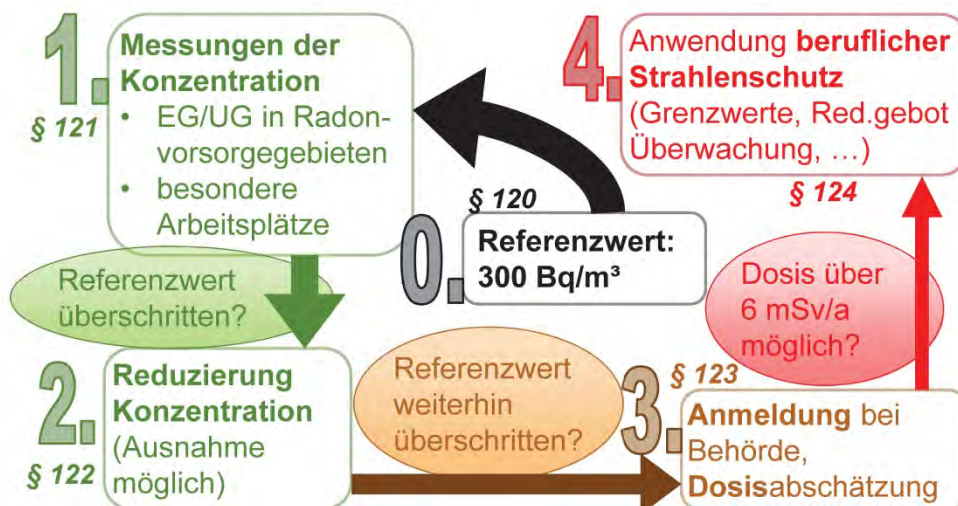
Radonschutz an Arbeitsplätzen

Regelungssituation (RL 2013/59/Euratom)

- *Bisher*: Regelungen nur für spezifische Arbeitsplätze (§§ 95f. i. V. m. Anlage XI Teil A StrlSchV)
- RL verlangt **umfassende Betrachtung aller** (auch „allgemeiner“) **Arbeitsplätze** – deutliche Erweiterung
- RL legt stringentes Regelungsgerüst fest, bietet aber Flexibilität in Details (relevant: Artikel 103, 54, 33)
- *Ziel*: Gewährleistung des **Schutzes**, aber **Begrenzung des Aufwands** bei Verpflichteten und Behörden
- „**Stufenkonzept**“ – auf jeder Stufe scheiden möglichst viele AP aus, die der höheren Stufen nicht bedürfen
- Entwicklung in enger Zusammenarbeit mit Ländern

15

Stufenkonzept (§§ 120 – 125 StrlSchG-E)



16

Regelungsinhalt (StrlSchG und VO)

- **Stufen 0 – 2** (§§ 120-122): Enge Anlehnung an die Vorgaben der Grundnormen
 - Ziel: Senkung Radonkonzentration auf breiter Basis
 - Einbeziehung Behörde regelmäßig nicht nötig (Konzentration der Ressourcen)
- **Stufen 3 – 4** (§§ 123-124): weitgehende Übernahme der Regelungen aus Teil 3 StrlSchV
 - mild als bestehende Exp.-situation ausgestaltet
 - Beibehaltung bisherige Grundsätze für „Arbeiten“
- **VO-Ermächtigung** (§ 125): weitere für den Vollzug notwendige Details (z. B. Schutzvorschriften Stufe 4)

17

Zusammenfassung / Zeitplan

- **Strahlenschutzgesetz verkündet**
- **Künftige Strahlenschutzverordnung in Vorbereitung**
 - Verfahren zur Ausweisung von Radonvorsorgegebieten
 - Maßnahmen zum Schutz vor Radon für zu errichtende Gebäude in Radonvorsorgegebieten
- **Radon Regelungen treten zum 31. Dezember 2018 in Kraft**
 - Ausweisung **Radonvorsorgegebiete** innerhalb von **2 Jahren nach Inkrafttreten der Strahlenschutzverordnung (neue Fassung)**
- Erstellung **Radonmaßnahmenplan**

**RADON – KEIN GRUND ZUR PANIK!
ABER AUCH: KEIN GRUND ZUR IGNORANZ!
(DER BALANCE-AKT DER KOMMUNIKATION)**

RADON – NO NEED TO PANIC!
BUT ALSO: NO REASON FOR IGNORANCE!
(THE BALANCE ACT OF COMMUNICATION)

Tino Patzelt

Chemmedia AG/ Chemnitz

Zusammenfassung

Das Thema Radon ist für viele Menschen noch neu. Der kommerzielle Markt ist nicht wirklich erschlossen. Marktteilnehmer sind nicht sortiert. Sie folgen keiner gemeinsamen Strategie und teilen keinen kommunikativen Konsens. Dies zu ändern ist der erste Schlüssel zum Erfolg.

Summary

Radon is still new to many people. The commercial market is not really developed. Market participants are not sorted. They do not follow a common strategy and do not share a communicative consensus. Changing this is the first key to success.

Der Gedanke, den man verstehen sollte.



chemmedia AG 13/09/17

Das "Thema Radon" entwickeln, ist wie ein Neues Produkt in einen Neuen Markt einführen und verkaufen!.



chemmedia AG 13/09/17

Das "Thema Radon" entwickeln, ist wie ein Neues Produkt in einen Neuen Markt einführen und verkaufen!.



chemmedia AG 13/09/17

Das "Thema Radon" entwickeln, ist wie ein Neues Produkt in einen Neuen Markt einführen und verkaufen!.



chemmedia AG 13/09/17

Ein kleiner Überblick -> über die relevantesten Marktteilnehmer bzw. Zielgruppen

>30
grobe
Zielgruppen
IN
16
Bundes-LÄNDERN



chemmedia AG 13/09/17

Kommunikations- und Business-Konflikte im Markt



chemmedia AG 13/09/17

Probleme bei zentralistischer Informationserzeugung und -verteilung

Kommunikation braucht Synergie mit wirtschaftlicher Relevanz

- » Radon-Thematik darf bestehende Businessmodelle nicht nur attackieren, sondern muss darauf aufbauen
- » Konstruktiver Wissenstransfer

„Hauptschritte der Kommunikation“ für Marktteilnehmer im Radon-Markt



chemmedia AG 13/09/17



2. Ordnen der Marktteilnehmer

- Bisherige Marktposition erkennen
- Neue Marktperspektiven sichtbar machen
- Neue Verbindungen und Abgrenzungen der Marktteilnehmer erkennen

chemmedia AG 13/09/17



3. übergeordnetes Rollenverständnis schaffen

- Neuen Marktteilnehmern nicht nur Rolle, sondern "gemeinsame Story" vermitteln (= Regie - Theaterstück)
- "Cooperative Ansatz": vermitteln und konditionieren (= Miteinander Erfolg haben/ gemeinsame Mission)

chemmedia AG 13/09/17



4. kommunikativen Konsens entwickeln und in Kernthesen fassen

- Wahrheiten bündeln und zu einer "gemeinsamen Story" machen
- "Story verdichten" (= jeder kennt das Drehbuch)
- Einheitliche Kernthesen (jeder kann schnell das Wesentliche vermitteln)

chemmedia AG 13/09/17



5. Stärkung der individuellen Marktidentitäten

Rolle verfestigen und im Detail verfeinern (auch gegenüber Konkurrenz)

Corporate Identity innerhalb der Branche sichtbar machen

chemmedia AG 13/09/17

6. Schaffung von dynamischen Leistungskonsortien

Strukturen der Leistungsabwicklung schaffen (Leistungsketten, Leistungsnetzwerke)

Regeln innerhalb der Netzwerke optimieren

chemmedia AG 13/09/17



7. Kommunikationsaufgaben ver-Teilen

Kompetenz der Informationserzeugung muss künftig auch bei Marktteilnehmern liegen (Fachdetails passend zur Rolle)

Viele qualifizierte Sender/Botschafter (Marktbeschleunigung, Marktentwicklung)

chemmedia AG 13/09/17



8. permanentes digitales Kommunikations- und Geschäftsfeldmanagement

Schneller Informationsfluss Innerhalb des Marktes

Hohe Ziellgruppenspezifikation der Kommunikation (Jeder bekommt die für ihn relevanten Informationen in der passenden Form)

→ **Viele Fach-Experten im Markt** (Jeder sendet von seiner gefestigten Marktrolle an seine Zielgruppen in hoher Qualität)

chemmedia AG 13/09/17

Das "Thema Radon" entwickeln, ist wie ein Neues Produkt in einen Neuen Markt einführen und verkaufen!



chemmedia AG 13/09/17

Das "Thema Radon" entwickeln, ist wie ein Neues Produkt in einen Neuen Markt einführen und verkaufen!



chemmedia AG 13/09/17

Radon verkauft!



chemmedia AG 13/09/17

RADON AUS SACHVERSTÄNDIGER SICHT

RADON FROM THE VIEW OF SURVEYORS

Karin Leicht ¹⁾

¹⁾ LEICHT Sachverständige, Zell a. Main

Zusammenfassung

Die Sachverständigen des Bundesverband öffentlich bestellter und vereidigter sowie qualifizierter Sachverständiger BVS e.V. erarbeiten Standpunkte zu Themen, die in bautechnischen Regelwerken unzureichend ausführlich oder schlüssig formuliert sind. Die Standpunkte haben den Anspruch, bei entsprechenden Beurteilungen als anerkannte Regel der Technik herangezogen zu werden. Der Standpunkt „Radon in Gebäuden“ folgt dieser Tradition. Ein Wert von $\leq 100 \text{ Bq/m}^3$ wird als Grenzwert für Neubauten und als Sanierungszielwert angegeben. Bei Bestandsgebäuden wird ein Wert von $>300 \text{ Bq/m}^3$ als Eingreifwert genannt. Der Radonschutz soll künftig den gleichen Stellenwert wie die bautechnisch einzuhaltenden Forderungen im Brandschutz und der Energieeinsparung erhalten. Pauschale Aussagen, dass normgerecht ausgeführte Maßnahmen zum Feuchteschutz zugleich auch als Radonschutzmaßnahmen ausreichen, sind nicht zielführend und häufig sogar unzutreffend.

Summary

Technical surveyors of German association BVS e. V. elaborate so called position papers on topics which are formulated in an insufficiently detailed, or of inconclusive manner regarding technical regulations. The positions claim to be used as an accepted rule of technology in the case of according issues. The position paper “Radon in Gebaeuden” (“Radon in buildings”) follows this tradition. A value of $\leq 100 \text{ Bq/m}^3$ is indicated as the limit value for new built edifices, and as a target value in case of renovation. For existing buildings, a value of $>300 \text{ Bq/m}^3$ is seen as an intervention value. In the future, radon protection is to be given the same priority as the technical requirements for fire protection and energy conservation requirements. Global statements that adequate measures for waterproofing of buildings were at the same time sufficient as radon protection are not purposeful and often even incorrect.

1. Der Sachverständige

„Der Sachverständige ist eine **parteionabhängige** integere Person, die auf einem oder mehreren bestimmten Gebieten über **besondere Sachkunde** sowie **Erfahrung** verfügt. Der Sachverständige trifft aufgrund eines Auftrages allgemeingültige Aussagen über einen ihm vorgelegten oder von ihm festgehaltenen Sachverhalt. Er besitzt ebenfalls die Fähigkeit, die Beurteilung dieses Sachverhaltes in Wort und Schrift **für Laien nachvollziehbar** darzustellen.“ (vgl. EuroExpert, European Organisation for Expert Association).

Sachverständige unterstützen die **Entscheidungsfindung** in (gerichtlichen) Streitfällen und leisten die **Analyse und Bewertung** diverser Sachverhalte.

Ergebnisse werden in Form von **Gutachten** festgehalten. Bei der Gutachtenerstattung ist auf verständliche, auch von interessierten Laien nachvollziehbare Sprache und schlüssige Darlegung komplexer Sachverhalte und der technischen Bewertung zu achten. Gutachten unterliegen dem Urheberrecht.

An Sachverständige werden besondere Erwartungen hinsichtlich fachlicher und persönlicher Kompetenz gestellt.

Die Berufsbezeichnung „Sachverständiger“ ist nicht geschützt. Jeder kann sich als „Sachverständiger“ bezeichnen. Wettbewerbsrechtlich geschützt sind z. B. die Begriffe „öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger“ unter Nennung des Bestellungsstempels und der Bestallungsinstitution sowie „zertifizierte Sachverständige“.

2. Der BVS e. V.

Der Bundesverband öffentlich bestellter und vereidigter sowie qualifizierter Sachverständiger e.V., kurz BVS, wurde 1961 gegründet. Er stellt heute die bundesweit mitgliedsstärkste Vereinigung öffentlich bestellter und vereidigter sowie qualifizierter Sachverständiger mit rund 4.000 Mitgliedern dar.

In der Öffentlichkeit und auf politischer Ebene vertritt er als Berufsverband den Berufsstand der Sachverständigen und tauscht sich mit Politik, Regierung, Justiz, Verwaltung und Kammern sowie anderen Verbänden und Interessengruppen aus.

Das Engagement liegt in der Festlegung von Standards für die Berufsausübung und der Mitwirkung an allgemeiner und fachlicher Gesetzgebung, sowie weiterhin in der Durchführung von Veranstaltungen für Mitglieder und die interessierte Öffentlichkeit.

Die Verbandszeitung „DER SACHVERSTÄNDIGE“ informiert die Mitglieder zehnmal im Jahr über branchenrelevante Entwicklungen und Gerichtsentscheidungen. Fachspezifische Veröffentlichungen und Publikationen wie z. B. **Standpunkte**, die von Mitgliedern ehrenamtlich erarbeitet werden, sind auf der Homepage des BVS e. V. kostenfrei abrufbar.

Kontakt:

BVS e. V.

Charlottenstr. 79/80

10117 Berlin

T +49 30 255 938 0

F +49 30 255 938 14

E-Mail info@bvs-ev.de

Logo des BVS e. V.



3. „Standpunkte“ des BVS e. V.

Bautechnische Regelwerke können Lücken und Widersprüche aufweisen und werden von den am Bau Beteiligten je nach Interessenlage unterschiedlich interpretiert. Manche Bereiche technischer und baupraktischer Belange sind nicht oder nur eingeschränkt geregelt oder Anforderungen nicht ausreichend klar definiert. Dies stellt Sachverständige bei der Beurteilung von Mangel- und Schadenssachverhalten vor Schwierigkeiten: „zwei Sachverständige, drei Meinungen“.

Vor diesem Hintergrund werden im BVS Standpunkte von öffentlich bestellten und vereidigten Sachverständigen, die unmittelbar mit vorstehend dargestellten Konflikten konfrontiert sind, in einem eigens zu diesem Zweck gebildeten Arbeitskreis als schriftliche Veröffentlichung mit Umfang von vier bis maximal acht Seiten erarbeitet.

Dieses dient dem Ziel, eine Empfehlung und Hilfe für Planer, Ausführende und Nutzer auszusprechen, wie in den Fällen, in denen keine hinreichenden Regelwerke vorhanden sind, verantwortungsbewusst gehandelt werden kann. Außerdem sollen besonders bedeutsame technische Regeln besonders hervorgehoben werden. Der Inhalt dieser Veröffentlichung soll als **Richtschnur bei Bewertungen und Beurteilungen** herangezogen werden. Mit Wissensfortschreibung werden Standpunkte und Richtlinien je nach Bedarf und in unregelmäßiger Zeitenfolge aktualisiert.

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

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

Über die Landesgrenzen hinaus bekannte und zitierte Beispiele für Standpunkte des BVS e. V. sind die Standpunkte zu Brüstungs- und Geländerhöhen, zu Stellplatzbreiten und zu Weißen Wannen im Wohnungsbau.

3.1 Exkurs: anerkannte Regeln der Technik

Gemäß einschlägiger Nomenklatur gelten Fachregeln als „anerkannte Regeln der Technik“, wenn sie:

- über eine langjährige Praxisbewährung verfügen, es gilt hier ein Zeitraum von mindestens 5 Jahren
- in den betroffenen Fachkreisen bekannt sind und angewendet werden
- theoretisch und wissenschaftlich richtig sind.

Dies können z. B. technische Merkblätter, Verarbeitungshinweise, Veröffentlichungen und Fachregeln von Verbänden und dgl. Sein.

Von DIN-Normen nimmt man an, dass sie anerkannte Regeln der Technik darstellen. Diese Vermutung ist jedoch im Einzelfall jederzeit widerlegbar.

Der Begriff „anerkannte Regeln der Technik“ ist ein sogenannter „unbestimmter Rechtsbegriff“, das heißt vom Gesetzgeber mit einem vagen, mehrdeutigen oder nicht abschließend aufgezählten Inhalt

versehener Begriff dessen objektiver Sinn sich deshalb nicht sofort erschließt (vgl. Definition Wikipedia).

3.2 Standpunkt Radon in Gebäuden

Um sich künftig bei baulichen Fragestellungen zum Thema Radon in Gebäuden zu positionieren, formierte sich im BVS e. V. im Frühjahr 2016 ein Arbeitskreis zur Erstellung eines „Standpunktes“ als Positionspapier der BVS-Sachverständigen. Der Arbeitskreis Standpunkt Radon in Gebäuden setzt sich zusammen aus Vertretern der Fachbereiche Innenraumhygiene und Bau des BVS e. V. und diskutierte in Arbeitssitzungen die Themenschwerpunkte des zu erarbeitenden Standpunktes [1].

Im Februar 2017 wurde die Entwurfsfassung zur Kommentierung an die Mitglieder und betroffene Fachkreise wie z. B. dem Normengremium der geplanten DIN SPEC 18117 „Bauliche und lüftungstechnische Maßnahmen zum Radonschutz“ sowie dem Verein KORA e. V. ausgegeben.

Der Standpunkt ist auf der Internetseite des BVS e. V. kostenfrei abrufbar.

Herausgeber:

b.v.s
Sachverständige

Standpunkt

Fachbereiche Innenraumhygiene und Bau

Radon in Gebäuden

02-2017

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

Fachbereiche Innenraumhygiene/Bau

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

Das Diskussionsergebnis wird in **Standpunkten** mit konkreten Empfehlungen veröffentlicht.

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

Mit Wissensfortschreibung werden Standpunkte und Richtlinien in unregelmäßiger Zeitenfolge aktualisiert.

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

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

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

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

Dieses dient dem Ziel, eine Empfehlung und Hilfe für Planer, Ausführende und Nutzer auszusprechen,

wie in den Fällen, in denen keine hinreichenden Regelwerke vorhanden sind, verantwortungsbewusst gehandelt werden kann. Außerdem sollen besonders bedeutsame technische Regeln besonders hervorgehoben werden.

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

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

Inhaltsverzeichnis

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

Impressum

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

1 Einleitung

Im Zuge der Neuerstellung der EU-Richtlinie 2013/59/Euratom des Rates [1] werden neue Anforderungen an den Radonschutz in Gebäuden formuliert. Radon in Gebäuden stellt nach dem Rauchen die zweithäufigste Ursache für Lungenkrebs dar. Das Risiko ist in Deutschland sehr ungleichmäßig verteilt. In der vom Bundesamt für Strahlenschutz veröffentlichten Radonkarte Deutschland [2] (Radonaktivitätskonzentration in der Bodenluft) werden Gebiete mit hoher natürlicher Bodenluftbelastung (Radongebiete) wie das Erzgebirge, der Bayerische Wald und der Voralpenraum ausgewiesen. Radonmessungen in Gebäuden zeigen, dass auch abseits dieser Gebiete toxikologisch relevante Radonkonzentrationen in Gebäuden auftreten können. Dabei ist die objektspezifische Höhe der Radonkonzentration in erster Linie abhängig von den Gebäudeeigenschaften (z.B. Abdichtungsstandard, konstruktive Eigenschaften, Gebäudealter und technische Ausstattung) [3;4].

2 Begriffsdefinitionen

Radon: radioaktives Edelgas aus der Uranzerfallsreihe

Risiko: Umstand, der etwas Gefährliches oder Schädliches zur Folge haben kann

Becquerel/m³ (Bq/m³): Aktivitätskonzentration, Anzahl der Zerfallsakte je Sekunde pro Kubikmeter

Halbwertszeit: Zeit, in der die Hälfte der radioaktiven Kerne eines Stoffes zerfällt

Alphastrahler: Substanz, die Alphateilchen (Heliumkerne aus 2 Protonen und 2 Neutronen) abgibt

Betastrahler: Substanz, die Betateilchen (geladene Elektronen) abgibt

Inhalationsbedingte Strahlenexposition: Exposition durch Einatmen radioaktiver Gase

Krebserzeugender Schadstoff: in der Umwelt vorkommender Stoff, von welchem eine krebserzeugende Wirkung auf Lebewesen ausgehen kann und denen der Mensch unfreiwillig ausgesetzt ist.

Musterbauordnung § 3: Abs. 1 „Anlagen sind so anzuordnen, zu errichten, zu ändern und instand zu halten, dass die öffentliche Sicherheit und Ordnung, insbesondere Leben, Gesundheit und die natürlichen Lebensgrundlagen, nicht gefährdet werden“.

HOAI: Honorarordnung für Architekten und Ingenieure

Radondrainage: flächige Absaugung unter der Bodenplatte zur Erzielung eines Unterdrucks gegenüber dem Gebäude (typ. Neubaulösung)

Radonbrunnen: punktförmige Absaugung unter der Bodenplatte (typ. Bestandsbausanierung)

Schwach gebundene Asbestfasern: kommen in Produkten mit einem sehr hohen Asbestanteil vor, wobei Asbestfasern sehr leicht an die Luft abgegeben werden

Konvektion: Stofftransport infolge eines (Luft-) Druckgefälles, schneller und gerichteter Vorgang

Diffusion: Stofftransport infolge eines Konzentrationsgefälles, langsamer und ungerichteter Vorgang

Zielwert/Eingriffswert: Wert, welcher langfristig erreicht werden muss, um schädliche Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit zu vermeiden

Radonkonzentration: Radonaktivitätskonzentration in Bq/m³

3 Grundlagen

Gesundheitliche Relevanz

Radon (Rn-222) ist ein natürliches radioaktives Edelgas mit einer Halbwertszeit von 3,8 Tagen. Es tritt aus der Bodenluft durch Spalten und Poren aus und kann sich gegenüber der Außenluft im Gebäude anreichern. Radon entsteht durch den Zerfall von Radium (Ra-226) aus der Uran-Radium-Reihe (U-238). In der weiteren Zerfallskette entstehen als Folgenuklide u.a. die kurzlebigen Alphastrahler Polonium (Po-218), Polonium (Po-214) und die Betastrahler Blei (Pb-214) und Bismut (Bi-214), die sich größtenteils an sehr feine Staubteilchen (Fraktion um 0,1 µm) binden und den größten Teil der inhalationsbedingten Strahlenexposition in der Lunge verursachen [5].

Die Belastung der Innenraumluft mit Radon weist regional und objektspezifisch eine erhebliche Schwankungsbreite auf. In Deutschland beträgt nach den bisherigen Erhebungen die durchschnittliche Radonaktivitätskonzentration in Wohnungen 49 Becquerel/m³ [6] wobei Messwerte über 1.000 Bq/m³ selten auftreten.

Radon wird von der WHO (Weltgesundheitsorganisation) und der IARC (Internationale Krebsforschungsbehörde) als für den Menschen krebserzeugender Schadstoff eingestuft. Ab 100 Bq/m³ ist ein erhöhtes Lungenkrebsrisiko epidemiologisch nachweisbar [1] (EU-Richtlinie 2013/59/Euratom des Rates, Abs. 22).

Krebsrisikoabschätzungen ergeben für Radon bei Gehalten üblicher Innenraumluft vergleichsweise hohe Krebsrisiken [7];

- der Median von 40 Bq/m³ in Wohnungen in Deutschland ist nach lebenslanger Exposition von Nichtrauchern mit einem Krebsrisiko von

1:5000 (das heißt von 5000 Menschen erkrankt statistisch 1 Person an Radon bedingtem Lungenkrebs im Laufe des Lebens) verknüpft

- 100 Bq/m³ (entspricht etwa dem 95. Perzentil) mit 1:1.700 und 300 Bq/m³ (entspricht etwa dem 99. Perzentil) mit 3*10 (1:300)
- In Einzelfällen wird ein sehr hohes Krebsrisiko von 1:100 überschritten (bei etwa 1.700 Bq Radon/m³) [8]

Zum Vergleich: Die TRGS 910 beschreibt für Asbest eine Akzeptanzkonzentration von 10.000 Fasern/m³, die einem zusätzlichen Krebsrisiko von 4:10.000 am Arbeitsplatz entspricht. Bei Umrechnung auf die Dauerbelastung der Allgemeinbevölkerung (Faktor 5,3) lässt sich daraus ein Risiko von 2:1.000 ableiten. Das Risiko der Erkrankungswahrscheinlichkeit für Lungenkrebs liegt bei 100 Bq Radon/m³ in gleicher Höhe wie bei einem Asbestfasergehalt von 10.000 Fasern/m³.

Das Risiko einer tödlichen Lungenkrebserkrankung durch erhöhte Radongehalte in der Innenraumluft (1.900 Fälle in D pro Jahr), davon treten mehr als 90% unterhalb von 200 Bq/m³ [9] auf, ist größer als das Todesfallrisiko durch Gebäudebrände (400 Fälle pro Jahr, [10]) und in ähnlicher Größenordnung wie die Verkehrstoten in Deutschland (3459 Fälle in D 2015).

Betrachtet man die Krankheitskosten durch erhöhte Radonexpositionen gesamtwirtschaftlich, kommt ein Forschungsvorhaben des BfS „Gesundheitsökonomische Betrachtung zu Radonsanierungsmaßnahmen“ (Forschungsvorhaben 3609S10007) zu dem Schluss, dass die höchste Kosteneffektivität bei obligatorischer Sanierung bestehender Wohngebäude ab einem verpflichtenden Grenzwert von 100 Bq/m³ Innenraumluft erreicht wird.

4 Anforderung aus Normen und Richtlinien

EU-Richtlinie 2013/59/Euratom des Rates

Bis zum 06.02.2018 ist die EU-Richtlinie 2013/59/Euratom des Rates [1] in nationales Recht umzusetzen, die einheitliche Grenzwerte für die Radonbelastung in Gebäuden festsetzt. Minimal gefordert ist ein Referenzwert (Jahresmittelwert) von 300 Bq/m³ wobei national niedrigere Referenzwerte festgesetzt werden können. Insbesondere vor dem Hintergrund, dass eine statistisch signifikante Zunahme der Lungenkrebshäufigkeit ab 100 Bq/m³ nachgewiesen ist, muss im Zuge des Minimierungsgebotes der technisch zu erreichende niedrige Wert von 100 Bq/m³ als Zielwert (Jahresmittelwert) angesetzt werden. Da diese Richtlinie mit Inkrafttreten

ab 2014 geltendes EU-Recht ist, muss der dort fixierte Referenzwert vom 300 Bq/m³ bereits beachtet werden und ist als Mindestanforderung für den §3 der MBO anzusetzen, der eine Gesundheitsgefährdung durch Radon in errichteten Gebäuden für die Nutzer aber noch nicht ausschließt. Für Gebäudeplaner kann deshalb auch bei Beachtung des Referenzwertes von 300 Bq/m³ noch ein Haftungsrisiko bestehen.

Messungen der Radonkonzentrationen werden bisher in Gebieten mit erhöhtem Radonrisiko, sowie in Häusern empfohlen, deren Wohnräume Erdkontakt haben, in Zukunft aber wird die Einhaltung des Referenzwertes in allen zu Wohn- und Arbeitszwecken genutzten Räumen notwendig werden. Der Radon-Jahresmittelwert eines Gebäudes ist insbesondere von der Belastung der Bodenluft mit Radon, der Bauweise und vom Nutzerverhalten abhängig. Hier sind die Fundamentausführung, Kellerausführung, Gebäudedichtheit und Lüftungsgewohnheiten wichtig. Aus diesem Grund weisen auch benachbarte Wohnhäuser oft erheblich unterschiedliche Radonkonzentration auf. Ein Normengremium des DIN erarbeitet derzeit dazu Vorgaben (DIN SPEC 18117).

5 Messverfahren für Radon

Zur Messung der Radioaktivität wird aus physikalischer Sicht gezählt, wie viele Zerfälle pro Zeiteinheit bei einer radioaktiven Substanz erfolgen. Die Einheit ist Becquerel. 1 Becquerel (Bq) bedeutet ein Zerfall pro Sekunde. 400 Bq/m³ bedeuten z.B., dass in einem Volumen von 1 m³ Luft pro Sekunde 400 Radonatomkerne unter Entstehung ionisierender Strahlung zerfallen. Unterschiedliche Messgeräte können sowohl den Radonverlauf als auch die Mittelwerte in Becquerel messen. Hierzu sind in den Normenreihen DIN EN 61577 [11] und DIN EN 11665 [12] die einzusetzenden Messgeräte bzw. anzuwendenden Messverfahren beschrieben.

Tageszeitlich und jahreszeitlich bestehen erhebliche Schwankungen, insb. in Abhängigkeit von der Witterung und dem Nutzerverhalten.

Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit empfiehlt eine mindestens dreimonatige Messung mit Dosimeter-Geräten während der Heizperiode oder besser eine Ganzjahresmessung [13]. Hierbei soll vorzugsweise ein Wohn- und ein Schlafräum im untersten Wohngeschoss und eventuell ein Kellerraum gemessen werden. Radon-Exposimeter können von anerkannten Messstellen bezogen werden.

Die anzuwendende Messstrategie orientiert sich an den Anforderungen und sollte sachverständigenseitig festgelegt werden.

- Messungen von Radon in der Bodenluft sind in Radonrisikogebieten bei Neubauten für die Festlegung der zu treffenden Radon Schutzmaßnahmen sinnvoll, als Alternative können in Radonrisikogebieten ergänzende bauliche Maßnahmen vorgesehen werden.
- Bewertungsmessungen zur Ermittlung eines repräsentativen Langzeitmittelwertes in Bestandsbauten erfolgen zur Festlegung der Sanierungsdringlichkeit in Aufenthaltsräumen, näherungsweise vorrangig in den unteren Etagen für mindestens 3 Monate, bei normaler Raumnutzung, wobei die Hälfte der Messperiode im Winter oder während der Heizperiode liegen muss. Zur Überprüfung des Jahresmittelwertes ist eine mindestens 12-monatige Messung notwendig.
- Orientierungsmessungen zur Abschätzung eines Radonrisikos stellen hohe Anforderungen an die Erstellung der Messstrategie und die Interpretation der Ergebnisse durch einen Sachverständigen und können im Zeitraum von 7-14 Tagen durchgeführt werden. Eine unmittelbare Ableitung eines Jahresmittelwertes ist nicht möglich.
- Kontrollmessungen nach Sanierung zur Erfolgskontrolle werden als Messung über mindestens 3 Monate bei normaler Raumnutzung, wie oben beschrieben, oder als Jahresmessung durchgeführt.
- Punkt- bzw. Kurzzeitmessungen im Stundenbereich mit direktanzeigenden Messgeräten sind zur Auffindung von Leckagen geeignet.

6 Risikofaktoren für erhöhte Radonkonzentrationen in Innenräumen

Maßgeblich für das Radonrisiko in Innenräumen sind im Wesentlichen folgende Faktoren:

- Radonkonzentration in der Bodenluft des Baugrundes
- Bauweise und baulicher Zustand des Gebäudes
- Ventilation und Druckdifferenzen im Gebäude
- Radonfreisetzung aus Baumaterialien

Die Radonkonzentration in der Bodenluft weist entsprechend den geologischen Verhältnissen des Untergrundes deutliche regionale Unterschiede auf. Für das Bundesgebiet wurde auf Basis von Messungen eine Karte veröffentlicht, die Radonkonzentrationen von < 20 bis > 100 kBq/m³ in der Bodenluft ausweist [2; 14]). Die geringe räumliche Auflösung erlaubt aber keine konkreten Aussagen zu einzelnen Baugebieten oder Grundstücken. Die kleinräumigen

geologischen Gegebenheiten, Risse und Verwerfungen im Untergrund, Aufschüttungen oder Abgrabungen können zu erheblichen Unterschieden bereits auf Grundstücksebene führen.

Die Bauweise und der Zustand des Gebäudes sind entscheidend für den Eintritt von radonbelasteter Bodenluft ins Haus. Bedeutende konvektive Eintrittspfade können Rohr- und Leitungsdurchführungen, Spalten und Risse oder andere bauliche Mängel sein [3]. Unzureichende Abdichtungen der Bodenplatte und erdberührten Wände können darüber hinaus zu einer flächigen Diffusion von Radon ins Gebäude führen. In der Folge treten die höchsten Radonkonzentrationen innerhalb eines Gebäudes in den Kellerräumen auf und nehmen in der Regel in den höheren Etagen ab.

Die Rate, mit der radonhaltige Bodenluft in das Gebäude eindringt, sich im Inneren verteilt und ggf. anreichert, hängt außerdem von Art und Maß der Lüftung ab. Eine hohe Luftwechselrate durch natürliche oder mechanische Lüftung kann die Anreicherung von Radon im Gebäude reduzieren. Allerdings können insbesondere mechanische Entlüftungssysteme einen Unterdruck im Gebäude erzeugen, der durch Konvektion das Nachströmen radonhaltiger Bodenluft in Kellerräume und evtl. auch oberirdische Räume fördert. Inwieweit auch höhere Etagen eines Gebäudes betroffen sind, ist von den Druckverhältnissen innerhalb des Gebäudes sowie den Möglichkeiten des Luftaustausches abhängig. Ein Luftverbund zwischen Etagen kann durch Treppenhäuser, Kamine und Schächte, aber auch z.B. durch gekappte Rohrleitungen, nachträglich hergestellte Leitungsdurchführungen, undichte Wand- und Deckenanschlüsse oder durchlässige Geschossdecken in Bestandsgebäuden erfolgen.

Auch Baumaterialien mit mineralischen Anteilen können durch direkte Freisetzung (Exhalation) von Radon die Konzentrationen im Innenraum erhöhen. Dazu zählen u.a. keramische Rohstoffe (Ton), Fliesen, Granit und andere magmatische Gesteine, Platten und Ziegel, Kalksandstein, Gipsprodukte, Zement und Mörtel sowie Beton. Messungen durch das Bundesamt für Strahlenschutz haben allerdings gezeigt, dass der Beitrag dieser Materialien zur Radonkonzentration im Innenraum in der Regel nur gering ist (meist kleiner als $1 - 4$ Bq/m³, fast ausnahmslos unter 20 Bq/m³). Damit tritt der Einfluss der Baumaterialien im Vergleich zu Radon aus der Bodenluft in den Hintergrund [15].

Um das Risiko durch Radon in Innenräumen zu senken, muss das Augenmerk also vor allem auf dem Eintrag von Radon aus der Bodenluft und dessen Anreicherung und Verteilung im Gebäude liegen.

7 Literatur

- [1] EU-Richtlinie 2013/59/Euratom des Rates vom 5. Dezember 2013, Abs. 22
- [2] Radonkarte Deutschland (www.bfs.de/radon)
- [3] „Radonschutzmaßnahmen - Planungshilfe für Neu- und Bestandsbauten“, Hrsg. Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, 72 S., 2016, (<https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/26126>)
- [4] Quelle: UM Baden-Württemberg 11/2011: Radon – Messung und Bewertung. (<https://um.baden-wuerttemberg.de/de/presse-service/publikation/did/radon-messung-und-bewertung>)
- [5] BfS/Bundesamt für Strahlenschutz: Natürliche Radioaktivität in Baumaterialien und die daraus resultierende Strahlenexposition, Salzgitter, November 2012
- [6] BfS, 2006, Bundesamt für Strahlenschutz
- [7] WHO 2010, World Health Organisation
- [8] Sagunski 2016 Krebsrisikoabschätzungen von Verunreinigungen der Innenraumluft in Umwelt Gebäude und Gesundheit AGÖF 2016
- [9] Drucksache 18/3543 des Deutschen Bundestages von 18.12.2014 als Antwort der Bundesregierung
- [10] GDV 2016, Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft
- [11] DIN IEC 61577-1:2007-06; VDE 0493-1-10-1:2007-06 Strahlenschutz-Messgeräte - Geräte für die Messung von Radon und Radon-Folgeprodukten - Teil 1: Allgemeine Anforderungen
- DIN EN ISO 61577-2:2015-03; VDE 0493-1-10-2:2015-03 Strahlenschutz-Messgeräte - Geräte für die Messung von Radon und Radon-Folgeprodukten - Teil 2: Besondere Anforderungen an Messgeräte für Rn-222 und Rn-220
- DIN EN ISO 61577-3:2015-03; VDE 0493-1-10-3:2015-03 Strahlenschutz-Messgeräte - Geräte für die Messung von Radon und Radon-Folgeprodukten - Teil 3: Besondere Anforderungen an Messgeräte für Radonfolgeprodukte
- DIN EN ISO 61577-4:2015-03; VDE 0493-1-10-4:2015-03 Strahlenschutz-Messgeräte - Geräte für die Messung von Radon und Radon-Folgeprodukten - Teil 4: Einrichtungen für die Herstellung von Referenzatmosphären mit Radonisotopen und ihren Folgeprodukten (STAR)
- DIN EN ISO 16641:2016-05; VDE 0493-1-6641:2016-05 Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt-Luft: Radon-220: Integrierende Messmethoden für die Bestimmung der mittleren Aktivitätskonzentration mit passiven Festkörperspurdetektoren
- DIN SPEC 18117; Bauliche und Lüftungstechnische Maßnahmen zum Radonschutz (Norm in Vorbereitung)
- [12] DIN EN ISO 11665-1:2015-11; VDE 0493-1-6651:2015-11 Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt-Luft: Radon-222 - Teil 1: Radon und seine kurzlebigen Folgeprodukte: Quellen und Messverfahren
- DIN EN ISO 11665-2:2015-11; VDE 0493-1-6652:2015-11 Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt-Luft: Radon-222 - Teil 2: Integrierendes Messverfahren für die Bestimmung des Durchschnittswertes der potenziellen Alpha-Energiekonzentration der kurzlebigen Radon-Folgeprodukte
- DIN EN ISO 11665-3:2015-11; VDE 0493-1-6653:2015-11 Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt-Luft: Radon-222 - Teil 3: Punktmessverfahren der potenziellen Alpha-Energiekonzentration der kurzlebigen Radon-Folgeprodukte
- DIN EN ISO 11665-4:2013-05; VDE 0493-1-6654:2013-05 Messung der Radioaktivität in der Umwelt-Luft: Radon-222 - Teil 4: Integrierendes Messverfahren zur Bestimmung des Durchschnittswertes der Aktivitätskonzentration mittels passiver Probenahme und zeitversetzter Auswertung
- DIN EN ISO 11665-5: 2015-11; VDE 0493-1-6655:2015-11 Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt-Luft: Radon-222- Teil 5: Kontinuierliches Messverfahren für die Aktivitätskonzentration
- DIN EN ISO 11665-6:2015-11; VDE 0493-1-6656:2015-11 Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt-Luft: Radon-222 - Teil 6: Punktmessverfahren für die Aktivitätskonzentration
- DIN EN ISO 11665-7:2015-11; VDE 0493-1-6657:2015-11 Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt-Luft: Radon-222 - Teil 7: Anreicherungsverfahren zur Abschätzung der Oberflächenexhalationsrate
- DIN EN ISO 11665-8:2013-08; VDE 0493-1-6658:2013-08 Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt-Luft: Radon-222 - Teil 8: Methodik zur Erstbewertung sowie für zusätzliche Untersuchungen in Gebäuden

- [13] Radon Merkblätter 2004 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit 2004
- [14] BMU/BfS: Radon-Handbuch Deutschland, September 2001, aktualisiert 2010
- [15] BfS: Natürliche Radioaktivität in Baumaterialien und die daraus resultierende Strahlenexposition; Salzgitter, November 2012
- [16] ÖNORM S 5280-2:2012-07-15:; Radon - Teil 2: Technische Vorsorgemaßnahmen bei Gebäuden
ÖNORM S 5280-3:2005-06-01:; Radon - Teil 3: Sanierungsmaßnahmen an Gebäuden
- [17] DIN 1946-6:2009-05 Raumluftechnik - Teil 6: Lüftung von Wohnungen - Allgemeine Anforderungen, Anforderungen zur Bemessung, Ausführung und Kennzeichnung, Übergabe/Übernahme (Abnahme) und Instandhaltung

8 Empfehlungen des BVS

8.1 Neubauten

- 1 Trotz zunehmender Diskussion über die Auswirkungen von Radon in Wohngebäuden gibt es derzeit noch keine Richtlinien und Normen für planerisch umzusetzende Radonschutzmaßnahmen. Wichtige Hinweise sind im Radon-Handbuch Deutschland [14]) und in der Broschüre „Radonschutzmaßnahmen - Planungshilfe für Neu- und Bestandsbauten“ [3]) enthalten.
In Österreich bieten die ÖNORM S 5280 mit den Teilen 2 und 3 bereits Hinweise zur Vorsorge und Sanierungsmaßnahmen an Gebäuden [16].
- 2 Ziel der Planungsleistungen bei der Gebäudeerrichtung muss es sein, eine Konzentration von 100 Bq/m^3 in der Innenraumluft zu unterschreiten.
So müssen bei Bauvorhaben auf Flächen mit hoher Radonkonzentration in der Bodenluft ggf. umfangreichere Maßnahmen zur Minimierung der Radonkonzentration nach sachverständiger Beratung geplant werden, als in Flächen mit niedrigerer Radonkonzentration.
- 3 Bei einer Planung nach HOAI ist in der Leistungsphase 1 (Grundlagenermittlung) in Gebieten mit erhöhter Radonbelastung in der Bodenluft die Radonkonzentration zu ermitteln.
In den Leistungsphasen 2-5 (Planungsleistungen) sind die darauf abgestimmten Maßnahmen zur Minimierung der Radonkonzentration in der Innenraumluft planerisch zu treffen. Werden keine Messungen vorgenommen, sind vorsorglich erhöhte bauliche Sicherungsmaßnahmen gegen Radoneintritt zu treffen. „Werden keine Messungen vorgenommen ist dies zu

begründen und es sollten vorsorglich erhöhte bauliche Sicherungsmaßnahmen gegen Radoneintritt getroffen werden.

„Gleichwertig zu einem Brandschutznachweis ist das Planungsergebnis des Radonschutzes in einem „Radonschutz-Nachweis“ zu erstellen.“

In der Leistungsphase 8 (Bauüberwachung) ist die luftdichte Ausführung der Bauteile mit Erdkontakt zu überwachen.

- 4 Konkret gilt es bei der Planung, den konvektiven Eintritt von Bodenluft in die Baukonstruktion durch Spalten, Risse, Öffnungen und Leitungsdurchführungen zu vermeiden.

Dies gelingt durch eine bei der Bauausführung möglichst fehlerfreie Umsetzung der Planung zur Abdichtung der Bauteile mit Erdkontakt gegen eintretende Bodenluft. Kellerbauwerke mit Abdichtungen aus wasserundurchlässigen Betonkonstruktionen oder mit außenliegenden hautförmigen Abdichtungslagen nach den Abdichtungsnormen erfüllen diese Voraussetzungen in der Regel.

Wenn die erdberührten Außenbauteile von Bauwerken unterhalb Oberkante Erdreich mit Aufenthaltsräumen nicht radondicht ausgeführt sind, sind alle Installationsschächte luftdicht am Übergang von Keller zu Erdgeschoss abzuschotten. Alle Übergänge zwischen den Kellerräumen und Räumen, welche offen zum Erdgeschoss hin sind, sollten mit rauchdichten Türen versehen werden.

- 5 Zusätzlich notwendige Maßnahmen können die Umsetzung einer Radon-Flächendrainage unter der Bodenplatte, eines Radonbrunnens oder andere Maßnahmen für eine (spätere) Bodenluftabsaugung sein, um die Radonkonzentration in der Innenraumluft unter 100 Bq/m^3 zu halten. Damit kann z.B. durch Aufbau eines Unterdrucks gegenüber der Innenraumluft der Eintritt von Radon in das Gebäude minimiert werden.
- 6 Die Einhaltung dieses Grenzwertes von 100 Bq/m^3 sollte durch eine qualifizierte Messung nachgewiesen werden.
Es ist empfehlenswert im Bauvertrag aufzunehmen, welches Messverfahren angewendet wird, wer die Messung durchführt, wer die Kosten trägt und ob das Ergebnis abnahmerelevant ist.

8.2 Bestandsbauten

- 7 Für Bestandsgebäude wird eine Ermittlungspflicht zur Risikoabwägung der Radonkonzentration in den Innenräumen als notwendig erachtet.
Wird eine Sanierung geplant, sind vor einer Messung möglichst umfassende Daten zum Objekt

- einzuholen, so dass die Aufstellung des bzw. der Messgeräte sinnvoll gewählt werden kann. Hinweise hierfür wurden bereits unter 5. gegeben.
- 8 Ein Bestandsschutz wird aufgrund der mit Radon einhergehenden Gesundheitsgefährdung ähnlich wie beim Umgang mit schwach gebundenen Asbestfasern als nicht gerechtfertigt angesehen. Auch werden bei baulichen Veränderungen von Bestandsgebäuden hinsichtlich Einhaltung und Umsetzung aktueller Vorgaben zum Brandschutz und zur Energieeinsparverordnung behördliche Auflagen ohne Anspruch auf einen Bestandsschutz gefordert. In der gleichen Weise sollten hier ebenfalls auch die Einhaltung und Umsetzung der Vorgaben zum Strahlenschutz behandelt werden.
- Beim Radonschutz gilt der Wert von durchschnittlich $>300 \text{ Bq/m}^3$ als Eingriffswert für die Notwendigkeit von Sanierungsmaßnahmen.
- 9 Der konvektive Eintritt von Radongas ins Gebäude ist hierbei kritischer zu bewerten als der mögliche Eintritt durch Diffusion.
- 10 Aufgrund von möglichen Umnutzungen und Umbauten im Gebäude, Setzungen mit einhergehenden Undichtigkeiten und Alterung von Abdichtungs-/Baustoffen und dgl. können neue konvektive Eintrittspfade für Radongas entstehen. Daher wird eine regelmäßige kontrollierende Messung der Radonkonzentration im Abstand von 10 Jahren als sinnvoll erachtet.
- 11 Als Maßnahmen zur Senkung der Radonkonzentration kommen die unter [3], Kapitel 6 näher beschriebenen Methoden in Betracht:
- Konsequente freie Fensterlüftung als Akutmaßnahme zur schnellen Senkung der Radonkonzentration
 - Umnutzung von erdberührten Aufenthaltsräumen als Räume mit zeitlich geringer Nutzung oder Lagerräume
 - Beseitigen von Unterdruck von offenen oder undichten Kamin-/Schächten
 - Nachträgliches flächiges und/oder punktuelles Abdichten von Leckagen und Durchführungen erdberührter Boden- und Wandbereiche
- Abschotten von zum Keller hin offenen Treppenhäusern und Durchgängen zum Wohnraum
 - Absaugung von radonangereicherter Bodenluft unterhalb oder neben dem Gebäude durch Herstellen von Radondrängung, Radonbrunnen und/oder Hohlraumabsaugung
 - In diesem Zusammenhang sei auf die mögliche Setzungsgefahr von Gebäuden durch Absaugung der Bodenluft und damit Schrumpfung durch Verminderung des Feuchtegehaltes des Baugrundes hingewiesen. Je nach Fall sollte ein Sachverständiger hinzugezogen werden.
 - Kontrollierte Be- und Entlüftung mittels raumlufttechnischer Anlagen unter Berücksichtigung der Druckverhältnisse im Gebäude
- 12 Nach Durchführung der Sanierungsmaßnahmen zur Senkung der Radonkonzentration sollte eine kontrollierende Erfolgsmessung durchgeführt werden.
- 13 Der durch die Sanierungsmaßnahmen anzustrebende Zielwert sollte $\leq 100 \text{ Bq/m}^3$ im Jahresmittel betragen. Dieser Wert sollte bei der anschließenden Kontrollmessung in dauerhaft genutzten Wohn- und Aufenthaltsräumen im Durchschnitt nicht mehr überschritten werden. Im Einzelfall kann ein Erreichen des Zielwertes wirtschaftlich nicht möglich sein. Bei einer Sanierung sollte dann eine möglichst große Reduktion der Radonbelastung erreicht werden, sodass das Erreichen eines Richtwertes von durchschnittlich $\leq 300 \text{ Bq/m}^3$ akzeptiert werden kann.
- 14 Die Anforderungen des Wärmeschutzes (luftdichtes Bauen bei Neubauten, energetische Sanierung im Bestand, ggf. Einbau technischer Lüftungsanlagen) können sich mit einer dichten Gebäudehülle ungünstig auf die Radonkonzentrationen auswirken. Einem möglichen Anstieg ist mit einem geeigneten Lüftungskonzept entgegenzuwirken, wie es nach DIN 1946-6 gefordert wird [17].

Leiter des Arbeitskreises
„Radon in Gebäuden“

Dr. Martin Pitschke
öbuv Sachverständiger für Schadstoffe in Innenräumen und an Gebäuden
40597 Düsseldorf, Telefon: 0211 / 41 60 430 - E-Mail: martin.pitschke@domolytik.de

Mitwirkende des Arbeitskreises

Dr.-Ing. Mario Blei
öbuv Sachverständiger für Messen und Beurteilen von mikrobiologischen Belastungen in Innenräumen, 07749 Jena, Telefon: 03641 / 50 48 48 - E-Mail: m.blei@blei-institut.de

Dipl.-Ing (BA) Karin Leicht
Anwärterin als öbuv Sachverständige für Schäden an Gebäuden, 97299 Zell am Main, Tel 0931 / 30 44 59 85 - E-Mail: leicht@leicht-sv.de

Dipl.-Chemiker (Univ.) Jörg Thumulla
öbuv Sachverständiger für Schadstoffe und Gerüche in Innenräumen, 90762 Fürth, Telefon: 0911 / 74 37 172 - E-Mail: jt@anbus-analytik.de

Dipl.-Ing. Lutz Hüttemann
Sachverständigenbüro Richardson, 58452 Witten, Telefon: 02302 / 58 09 80 - E-Mail: huettemann@sv-richardson.de

3.3 Kernaussagen des Standpunkt Radon in Gebäuden

Folgende Aspekte sind entsprechend der Veröffentlichung besonders hervor zu heben:

Bei **Neubauvorhaben** sollte ein Grenzwert von $\leq 100 \text{ Bq/m}^3$ angezielt werden. Bei **Bestandsgebäuden** wird ein Wert von $> 300 \text{ Bq/m}^3$ als Eingreifwert angesehen. Ähnlich wie es auch bei der Asbest-, Brandschutz- und EnEV-Thematik im Bauwesen **keinen Bestandsschutz** gibt, wird auch hinsichtlich des Radonschutzes bei Gebäuden kein Bestandsschutz als sinnvoll erachtet.

Bei der Durchführung von Sanierungen sollte ein Zielwert von $\leq 100 \text{ Bq/m}^3$ angestrebt werden.

Die Mehrheit der radon-induzierten Lungenkrebsfälle wird durch geringe oder mittlere und nur wenige durch sehr hohe Radonkonzentrationen verursacht. Ziel ist deshalb, nicht nur hohe Radonkonzentrationen zu vermeiden, sondern den Durchschnitt der Radonkonzentration allgemein zu senken.

Die Zahl 100 Bq/m^3 wird als Wert gesehen, der sich privatrechtlich einstellen und von der Bevölkerung gefordert werden wird, da aus der Präventionsforschung und Epidemiologie kein Schwellenwert ableitbar ist, unterhalb dessen Radon keine Erhöhung des statistischen Lungenkrebsrisikos darstellt.

Ähnlich wie es bautechnisch bereits stringente, verpflichtend einzuhaltende Forderungen im Brandschutz und der Energieeinsparung gibt, soll sich auch der Aspekt des Radonschutzes durchsetzen. Statistisch lohnt hier der Vergleich mit den jährlichen Todesfällen durch Brandereignisse und Verkehrsunfälle und der jeweilige Aufwand, der in diesem Zusammenhang angestrengt wird.

Zum Radonschutz wurden im Wesentlichen die Maßnahmen der Broschüre „Radonschutzmaßnahmen – Planungshilfe für Neu- und Bestandsbauten“ [2] übernommen und empfohlen, die mittlerweile aktualisiert wurde.

Kritische Worte sind an die Aussage „Den Anforderungen an die Abdichtungsnormen zu genügen, heißt automatisch, dem Radonschutz zu entsprechen“ zu richten. Beispielsweise an einen nicht unterkellerten Bungalow werden normativ keine hohen Abdichtungsanforderungen unter der Bodenplatte gestellt, da außer Bodenfeuchte nicht mit Wasserbeanspruchungen zu rechnen ist.

Radongas kann demnach allerdings z. B. über den Grundleitungsanschluss oder Medieneinführungen ins Gebäude migrieren. Pauschalen Aussagen zur **Gebäudeabdichtung** und dem **Feuchteschutz** im Zusammenhang mit dem Radonschutz sind nicht möglich und sind **kritisch** zu hinterfragen.

Unverständlicherweise wurde entgegen vorgetragenen Einsprüchen auch im 2017 verabschiedeten Strahlenschutzgesetz [3] eine derartige Aussage getroffen. Im § 123 Maßnahmen an Gebäuden heißt es

„(1) Wer ein Gebäude mit Aufenthaltsräumen oder Arbeitsplätzen errichtet, hat geeignete Maßnahmen zu treffen, um den Zutritt von Radon aus dem Baugrund zu verhindern oder erheblich zu erschweren. Diese Pflicht gilt als erfüllt, wenn 1. Die nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik erforderlichen Maßnahmen zum Feuchteschutz eingehalten werden [...].“

Nach bisheriger Erfahrung der Sachverständigen im Arbeitskreis ist die Thematik des Radonschutzes noch nicht flächendeckend in der Bauwelt und in der Bevölkerung angekommen.

3.4 Rechtliche Grundlagen

Anwendbare Rechtsgrundlagen sind jedoch bereits hinlänglich z. B. in der Musterbauordnung (MBO) [4][5] und den jeweiligen Bauordnungen der Länder sowie in der Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen (VOB) [6][7] und gar im Strafgesetzbuch (StGB) [8] verankert:

- **§ 3 MBO - Allgemeine Anforderungen** (vgl. §3 SächsBO): (1) Anlagen sind so anzuordnen, zu errichten, zu ändern und in Stand zu halten, dass die öffentliche Sicherheit und Ordnung, insbesondere Leben, Gesundheit und die natürlichen Lebensgrundlagen, nicht gefährdet werden.
 - **§ 13 MBO - Schutz gegen schädliche Einflüsse** (vgl. §13 SächsBO): ¹Bauliche Anlagen müssen so angeordnet, beschaffen und gebrauchstauglich sein, dass durch Wasser, Feuchtigkeit, pflanzliche und tierische Schädlinge sowie andere chemische, physikalische oder biologische Einflüsse, Gefahren oder unzumutbare Belästigungen nicht entstehen. ²Baugrundstücke müssen für bauliche Anlagen geeignet sein.
 - **§ 4 VOB/B - Ausführung:** (2)1. ¹Der Auftragnehmer hat die Leistung unter eigener Verantwortung nach dem Vertrag auszuführen. ²Dabei hat er die anerkannten Regeln der Technik und die gesetzlichen und behördlichen Bestimmungen zu beachten.
 - **§ 13 VOB/B - Mängelansprüche:** (1) ¹Der Auftragnehmer hat dem Auftraggeber seine Leistung zum Zeitpunkt der Abnahme frei von Sachmängeln zu verschaffen. ²Die Leistung ist zur Zeit der Abnahme frei von Sachmängeln, wenn sie die vereinbarte Beschaffenheit hat und den anerkannten Regeln der Technik entspricht.
 - **§ 319 StGB - Bauegefährdung:** (1) Wer bei der Planung, Leitung oder Ausführung eines Baues oder des Abbruchs eines Bauwerks gegen die allgemein anerkannten Regeln der Technik verstößt und dadurch Leib oder Leben eines anderen Menschen gefährdet, wird mit Freiheitsstrafe bis zu fünf Jahren oder mit Geldstrafe bestraft. [...]
- (3) Wer die Gefahr fahrlässig verursacht, wird mit Freiheitsstrafe bis zu drei Jahren oder mit Geldstrafe bestraft.
- (4) Wer in den Fällen der Absätze 1 und 2 fahrlässig handelt und die Gefahr fahrlässig verursacht, wird mit Freiheitsstrafe bis zu zwei Jahren oder mit Geldstrafe bestraft.

1. Mögliche radon-relevante Bauschadens-Szenarien aus der Sachverständigenpraxis

Im Plenum werden einige **Fallbeispiele** aus der Sachverständigenpraxis des Verfassers vorgestellt. Zur Wahrung der Persönlichkeitsrechte der betroffenen Eigentümer und aus Datenschutzgründen werden die Schadensfälle hier nur kurz und unvollständig umrissen.

Mögliche hier genannte Schadensbeurteilungen und Instandsetzungsverfahren beziehen sich auf den konkreten Einzelfall und sind ohne weitere Prüfung nicht auf ähnlich gelagerte Fälle übertragbar.

1.1 Beispiel #1: Schrumpfschaden

In einem Reihenmittelhaus werden nach über 20-jähriger Standzeit vom Eigentümer neue, deutliche Risse in einer im Keller gelegenen Außenwand bemerkt.

Ursächlich konnte eine Abnahme des Wassergehaltes des Baugrundes durch monatelange trockene Witterung und insbesondere überlagert durch das Wurzelwachstum eines nah an der Außenfassade stehenden Baumbewuchs identifiziert werden.

Der im Baugrund befindliche bindige, mittelschwere Boden (Lehm u. Sand) neigt bei Wasserentzug zu Schrumpfung, es kommt zu einer Baugrundkonsolidierung, Bodenmaterial sackt v. a. durch Eigenlast des Gebäudes ab. Das Gebäude setzt sich je nach Lastreserven des Bestandsgebäudes und dessen Toleranz, Bewegungen schadlos aufzunehmen, partiell ab. Ein typisches, auf einen Setzungsschaden hinweisendes Rissbild manifestiert sich in den betroffenen Gebäudeteilen, s. Abb. 1.

Man spricht von einem sog. „Schrumpfsetzungsschaden“.



Abb. 1: typisches, setzungsbedingtes Rissbild

Hinsichtlich Radon können sich infolge der zahlreichen, neu an den erdberührten Außenwänden aufgetretenen Risse neue Radoneintrittspfade ergeben. Es kann so auch nach jahrelanger unauffälliger Standzeit des Gebäudes zu einem Ansteigen der Radonbelastung im Gebäude kommen.

Um den Setzungsprozess zu beenden war hier eine Tiefeninjektion mit expansiven Polyurethanharzen angeraten, um die entstandenen Hohlräume und Mikrokluft im Baugrund zu füllen. Anschließend, nach etwa sechs Monaten, wenn die Setzungsbewegungen und Lastumlagerungen im Gebäude abgeschlossen sind, kann die Instandsetzung der schadhafte Bereiche angegangen werden.

1.2 Beispiel #2: Risse durch Unterfangungsarbeiten

Bei einem freistehenden Einfamilienhaus wird ein grenzständiges Streifenfundament wegen einer benachbarten Neubaumaßnahme (ebenfalls Grenzbebauung) unterfangen, neue Risse entstehen in der Treppenhaus-Außenwand, s. Abb. 2.

Die Risse sind hier unmittelbar auf die vorgenommenen Unterfangungsarbeiten zurück zu führen. Bei derartigen Eingriffen in eine Bausubstanz werden Setzungen im Bereich weniger Millimeter bis zum gewissen Grad auch bei fachgerechter Planung und Durchführung als verfahrensimmanent bewertet.



Abb. 2: Setzungsrisse infolge Unterfangungsarbeiten

Hinsichtlich Radon können sich infolge der zahlreichen, neu an den erdberührten Außenwänden aufgetretenen Risse neue Radoneintrittspfade ergeben. Es kann so auch nach jahrelanger unauffälliger Standzeit des Gebäudes zu einem Ansteigen der Radonbelastung im Gebäude kommen.

Eine monetäre Entschädigung des Gebäudeeigentümers erfolgt hier anteilig, da an der betroffenen Wand bereits eine Vorschädigung vorhanden war. Dies wurde durch ein vom Verfasser vor Baubeginn durchgeführtes Beweissicherungsverfahren dokumentiert.

1.3 Beispiel #3: wasserführender Riss in WU-Konstruktion

In einem freistehenden, neu errichteten Gewerbeobjekt tritt in einer Tiefgaragen-Außenwand aus einer wasserundurchlässigen Betonkonstruktion ein wasserführender Riss auf, s. Abb. 3.

Es erfolgten nachträgliche Abdichtungsarbeiten, so dass die Wasserzutritte gestoppt werden konnten.

Belange einer möglichen Radonbelastung durch die gestörte Wandkonstruktion sind in diesem Fall gänzlich irrelevant, da Tiefgarage belüftet ist und Zugang zur Außenluft hat. Zudem sind keine Aufenthaltsräume oder sonstige hochwertigen Nutzräume in der Tiefgarage angegliedert.



Abb. 3: wasserführender Riss in WU-Konstruktion

1.4 Beispiel #4: osmotische Blasenbildung an Keller-Außenwand, innenseitig

Bei einem Mehrfamilienhaus treten an einer Kelleraußenwand Blasenbildungen und Farbablösungen auf, s. Abb. 4.

Eine unzureichende Abdichtung der Außenwand bewirkt hier eine temporäre Durchfeuchtung des Bauteils. Durch die relativ dampfdiffusionsdichte Beschichtung ist die Rücktrocknung durch Verdunstung erschwert. Salzkristallbildung tritt in der Grenzschicht Mauerwerk – Beschichtung auf und bewirkt durch Volumenvergrößerung bei der Kristallisation einen „Sprengdruck“, der auf das Bauteil einwirkt und das schwächere Glied Beschichtung und ablöst.



Abb. 4: osmotische Blasenbildung

In Bezug auf eine denkbar erhöhte Radonbelastung ergeben sich nach dem vorliegenden Schadensbild Verdachtsmomente, da der Durchtritt von Feuchte ebenfalls ein Indiz für mögliche Radoneintrittswege sein kann.

1.5 Beispiel #5: Feuchteschaden bei Grundwasseranstieg

In einem Mehrfamilienhaus treten zeitversetzt nach einem Starkregenereignis am Bodenbelag des Kellers Feuchtflecken auf, s. Abb. 5.

Eine unzureichende Abdichtung der Bodenplatte bewirkt hier eine temporäre Durchfeuchtung des Bauteils.

In Bezug auf eine denkbar erhöhte Radonbelastung ergeben sich nach dem vorliegenden Schadensbild Verdachtsmomente, da der Durchtritt von Feuchte ebenfalls ein Indiz für mögliche Radoneintrittspfade sein kann.



Abb. 5: Feuchtflecken auf einem Kellerbodenbelag

2. Literaturverzeichnis

Standpunkt Radon in Gebäuden, Herausgeber: Bundesverband öffentlich bestellter und vereidigter sowie qualifizierter Sachverständiger BVS e. V., Berlin, Februar 2017

„Radonschutzmaßnahmen - Planungshilfe für Neu- und Bestandsbauten“, Hrsg. Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, 72 S., 2016

§ 123 StrlSchG - Maßnahmen an Gebäuden

§ 3 MBO - Allgemeine Anforderungen

§ 13 MBO - Schutz gegen schädliche Einflüsse

§ 4 VOB/B - Ausführung

§ 13 VOB/B - Mängelansprüche

§ 319 StGB - Baugeschädigung

ABDICHTUNG ERDBERÜHRTER BAUTEILE

SEALING OF PARTS OF BUILDINGS WITH GROUND CONTACT

Michael Schäfer, VEDAG GmbH, Bamberg

Zusammenfassung

Die Hauptursachen für den Radoneintrag in das Gebäude sind Leckstellen in der Gebäudehülle, durch die Radon konvektiv eindringen kann. Die Abdichtung erdberührter Bauteile wirkt Leckstellen entgegen und kann zum Radonschutz genutzt werden.

DIN 18533: 20017-07 regelt die Abdichtung erdberührter Bauteile neu. Die Abdichtung schützt das Gebäude vor Wasser, das in Art und Intensität unterschiedlich sein kann. Sie muß Einwirkungen aus dem Untergrund (Risse) schadensfrei aufnehmen können und der Anforderung, die sich aus der Nutzung (Trockenheit der Raumluft) ergeben, gerecht werden. Daraus ergeben sich unterschiedliche Abdichtungsbauweisen mit verschiedenen Abdichtungsstoffen.

Die fachgerechte Abdichtung im Lastfall W1-E (Bodenfeuchtigkeit und nicht drückendes Wasser) verhindert einen Wassereintritt in das Gebäude, aber nicht in jedem Fall einen möglichen Radoneintritt durch Konvektionen; mit geringen Zusatzmaßnahmen könnte das jedoch gelöst werden.

Im Lastfall W2-E (drückendes Wasser) ist eine funktionierende Abdichtung immer auch zugleich konvektionsdicht.

Ausführungsfehler führen fast immer zu Leckstellen, die auch einen Radoneintritt ermöglichen. Das können Fehler in der Stoffauswahl, der Anordnung der Schichten, Ausführungs- und Planungsfehler sein. Besondere Sorgsamkeit ist der Ausführung der Details zu widmen. Kleine Fehler haben hier eine große Auswirkung.

Summary

The main causes for the intrusion of radon in buildings are leakages in the building envelope where radon can enter by convection. The sealing of parts of buildings with ground contact is counteracting leakages and can be used for radon protection.

DIN 18533: 20017-07 is an updated regulation for such cases. Sealing that is protecting a building from water can vary in type and intensity. It must absorb impacts from the underground (fissures) damage-free and meet the requirement resulting from use (dryness of ambient air). The outcome of this is different types of sealings with different sealing agents.

The expert sealing for Lastfall W1-E (soil humidity and not pressing water) prevents water intrusion in a building, but not in every case a possible radon intrusion by convection; minor additional measures could help to prevent radon intrusion.

In case of Lastfall W2-E (pressing water) a functioning sealing always is also preventing convection.

Bad workmanship nearly always causes leakages allowing radon intrusion. This could be the case due to improper material, arrangement of layers, faulty execution or design.




Abdichtung von Bauwerken

11. Sächsischer Radontag am 12. September 2017
Michael Schäfer

Seit 1846

www.vedag.de

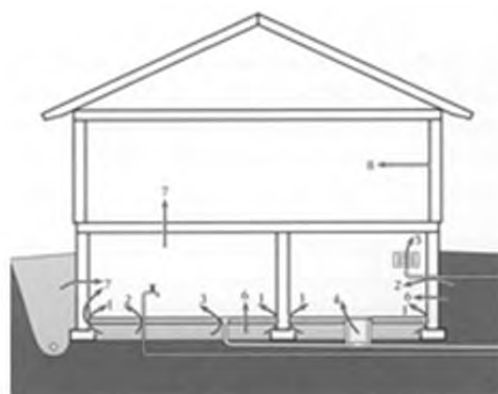
Eingangsfrage: Wie kommt Radon in das Gebäude?



Radon kann auf zwei Arten in das Gebäude gelangen:

- als Bestandteil von Bodenluft, die **konvektiv** durch Leckstellen oder Öffnungen in den erdberührenden Bauteilen eindringt,
- indem es durch Boden und Wände **diffundiert**.

Für den praktischen Radonenschutz in bestehenden Gebäuden und die Radonprävention in Neubauten ist vor allem der Radontransport durch Leckagen von Bedeutung.



Quelle: Radon-Handbuch Deutschland

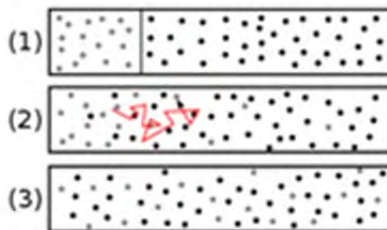
Quelle: Karl Geritz, Radon in Gebäuden



Konvektion und Diffusion

Diffusion

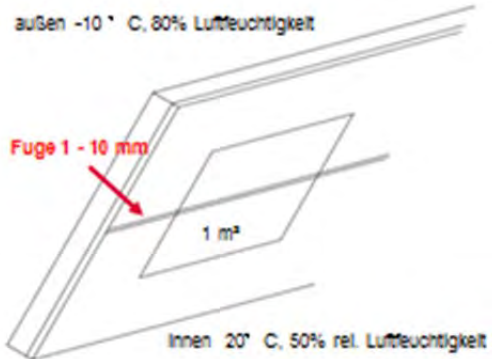
Motor: unterschiedliche Gaskonzentration



Quelle: Wikpedia

Konvektion

Motor: unterschiedlicher Gasdruck



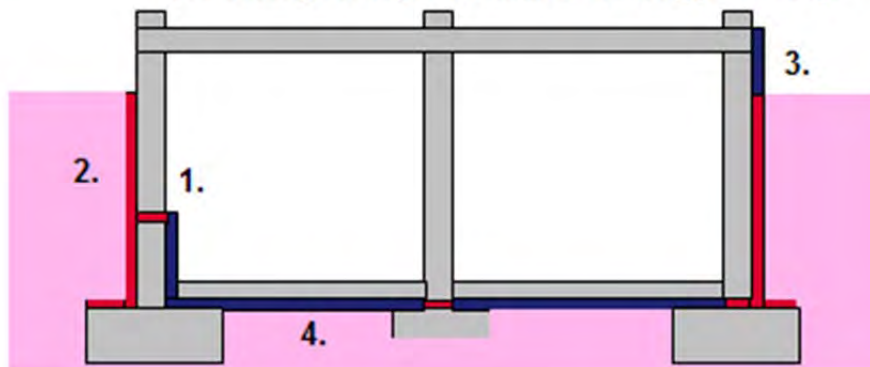
Diffusionswert	$s_d = 100 \text{ m}$	$s_d = 20 \text{ m}$	$s_d = 2 \text{ m}$
tägl. Diffusionsstrom [g/m²]	0,15	0,7	7
Fugenbreite	1 mm	3 mm	10 mm
tägl. Konvektionsstrom [g/m Fuge]	200	300	600
Bei 5 Pascal Druckdifferenz			

Quelle: Fraunhofer-Institut für Bauphysik



Abdichtung erdberührter Bauteile

1. **zwingend** mind. eine **Querschnittsabdichtung** (Mauersperre)
2. **zwingend** Abdichtung aller vom Boden berührten Außenflächen erdberührter **Wände**
3. **fakultativ** **Wandsockel** nicht bei wasserabweisenden Bauteilen
4. **fakultativ** **Bodenplatte** nicht bei Bodenfeuchtigkeit, geringen Anforderungen an die Raumnutzung, und kapillarbrechender Schüttung ($k > 10^{-4} \text{ m/s}$)



Thesen

- Die ordnungsgemäße Abdichtung erdberührter Bauteile schützt vor konvektivem Eindringen von Radon aus der Bodenluft.
- Das Verständnis der Abdichtungsgrundsätze erdberührter Bauteile ist dem Radonschutz förderlich.
- **Bauen ist Kampf gegen Wasser**
(Bernd Hillemeier)

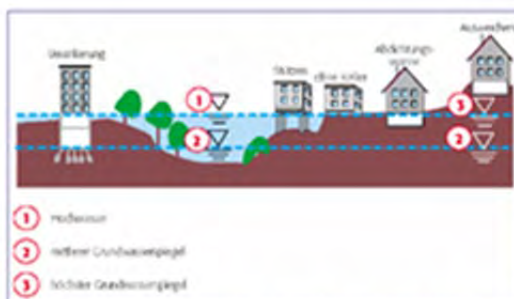




Hochwasser und Grundwasser



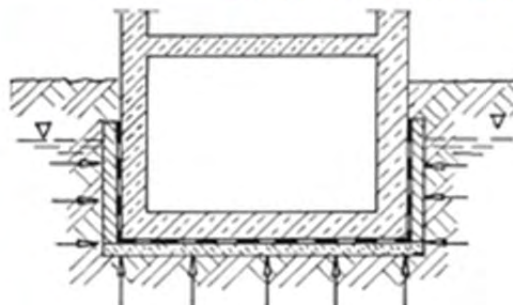
Quelle: Städtewasserversorgung Köln AöR



Quelle: ZVEI Hochwasserschutzleitf., 2002



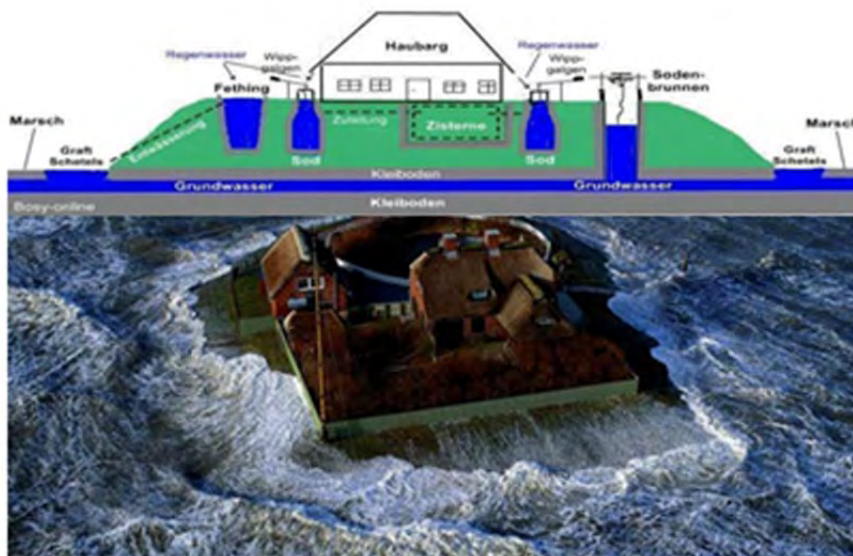
Quelle: T2SP0



Quelle: ZWA-Richtlinie für die Bauwerksabdichtung



Hochwasser und Grundwasser



Wichtige Regelwerke

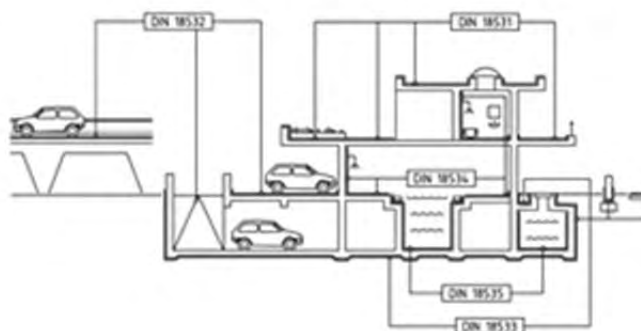
DIN 18195 Bauwerksabdichtungen (2009 – 2015)

DIN 18533 Abdichtung erdberührter Bauteile (2017)

DAfStb WU-Richtlinie (2003 - Berichtigung 2006)(nicht Gegenstand dieses Vortrags!)

WTA-Merkblatt 4-6 Nachträgliches Abdichten erdberührter Bauteile (2014) (nicht Gegenstand dieses Vortrags!)

DIN 18533: 2017-07



Anforderungen

Planungsgrundsätze

Ausführungsgrundsätze

DIN 18533: 2017-07

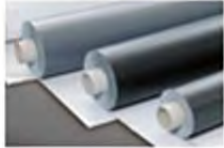


Abdichtung mit bahnenförmigen Abdichtungsmitteln

Bitumen- und Polymerbitumenbahnen



Kunststoff- und Elastomerbahnen



DIN 18533: 2017-07



Abdichtung mit flüssigen Abdichtungsmitteln

PMB-C (früher KMB)



FLK



MDS



Gussasphalt





DIN 18533: 2017-07



neu!

Tabelle 2 – Risikoklassen typischer Abdichtungsuntergründe

No.	1		2		3	
	Risikoklasse	Risikobildung/Risikobewertung	Risikoklasse	Risikobildung/Risikobewertung	Risikoklasse	Risikobildung/Risikobewertung
1	K1-E	≤ 0,2 mm	K2-E	≤ 0,5 mm	K3-E	≤ 1,0 mm - Risikofaktor ≤ 0,5 mm
2	K2-E	≤ 0,5 mm	K3-E	≤ 1,0 mm - Risikofaktor ≤ 0,5 mm	K4-E	≤ 5,0 mm - Risikofaktor ≤ 2,0 mm
3	K3-E	≤ 1,0 mm - Risikofaktor ≤ 0,5 mm	K4-E	≤ 5,0 mm - Risikofaktor ≤ 2,0 mm	-	-
4	K4-E	≤ 5,0 mm - Risikofaktor ≤ 2,0 mm	-	-	-	-

* Eine weitere Kategorie für Bauteile. Eine andere Zuordnung ist durch einen weiteren Nachweis möglich.



DIN 18533: 2017-07

Abdichtung von erdberührten Bauteilen, Teil 1, Anforderungen, Planungen, Ausführungsgrundsätze

Risse

Risse sind in Bauteilen, die den Abdichtungsuntergrund bilden, i. d. R. nicht völlig vermeidbar und müssen bei der Wahl der Abdichtungsbauart berücksichtigt werden. Für die Einwirkung auf die Abdichtungsschicht sind nur die Rissbreitenänderungen vorhandener Risse und Rissbildungen nach Aufbringen der Abdichtungsschicht von Bedeutung.

Rissbreitenänderungen oder Rissbildungen werden in der Regel bei erdberührten Bauteilen durch einmalig ablaufende (abklingende) lastabhängige (Kriechen, Setzen) und/oder lastunabhängige (Schwinden, thermische Längenänderungen) bzw. Form-/Volumenänderungen verursacht.

Die Abdichtungsschicht muss die zu erwartenden Rissbreitenänderungen oder Rissbildungen des Untergrundes überbrücken können. Das abzudichtende Bauteil bzw. die Abdichtungsrücklage müssen so konzipiert und dimensioniert sein, dass keine für die Abdichtungsschicht unzutraglichen Risse auftreten.

Rissklassen



Nr.	Klasse	Rissbildung / Rissbreitenänderung	Typischer Abdichtungsuntergrund*
1	R1-E	≤ 0,2 mm	Stahlbeton ohne rissverursachende Zwang- und Biegeeinwirkung; Mauerwerk im Sockelbereich; Untergründe für Querschnittsabdichtungen
2	R2-E	≤ 0,5 mm	Geschlossene Fugen von flächigen Bauteilen (z.B. bei Fertigteilen); unbewehrter Beton; Stahlbeton mit rissversuchender Zwang-, Zug- oder Biegeeinwirkung; erddruckbelastetes Mauerwerk; Fugen an Materialübergängen
3	R3-E	≤ 1,0 mm – Rissversetz ≤ 0,5 mm	Fugen von Abdichtungsrücklagen; Aufstandsfugen von erddruckbelasteten Wänden
4	R4E	≤ 5,0 mm – Rissversetz ≤ 2,0 mm	-
5	* Ohne statischen Nachweis der Rissbreite. Eine andere Zurodnung ist durch einen solchen Nachweis möglich.		

Quelle: DIN 18533-1:2017



Rissklassen

„Wasser hat einen spitzen Kopf!“

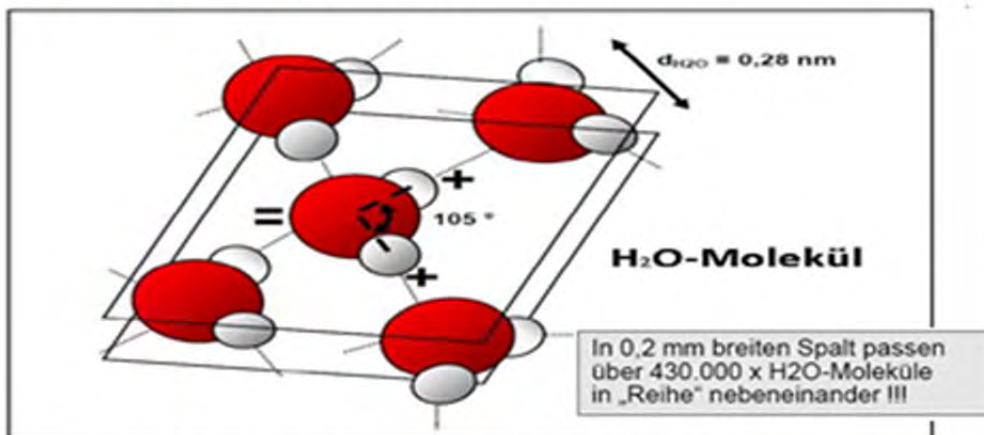


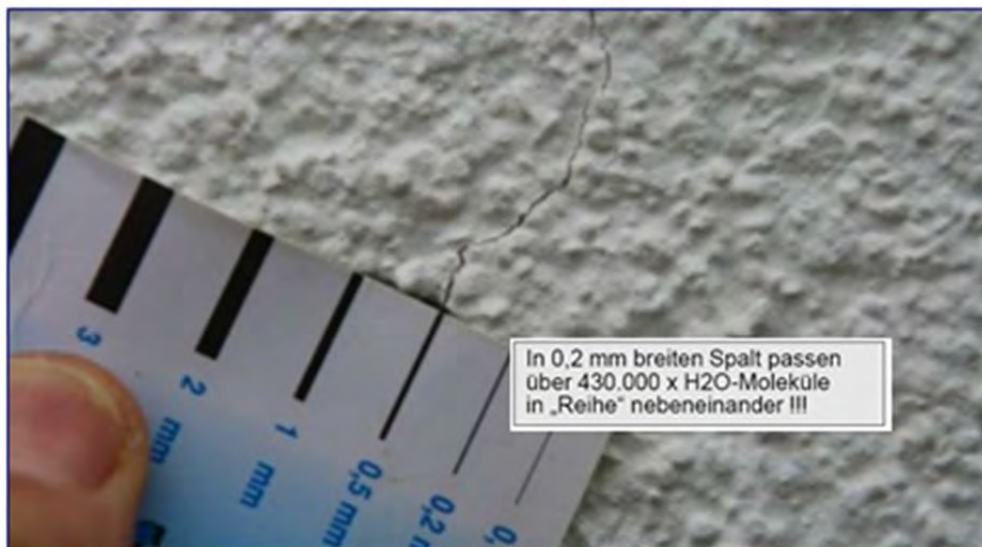
Bild :Molekularer Aufbau von Wasser Quelle: Prof. Dr. Ing. N. Eisenhauer, Hochschule Karlsruhe

Größenvergleich: In einen 0,1 mm breiten Spalt passen mehr als 215.000 Wassermoleküle nebeneinander (Molekülgröße 0,28 nm + Molekülabstand ca. 0,18 nm = ca. 0,46 nm) [10 Angström = 1 nm = 10⁻⁹ mm (1 Nanometer = 1 Millionstel Millimeter)]

Quelle: 91. BDB-Baufachsem. Gießen



Rissklassen





DIN 18533: 2017-07: neu

Abdichtung von erdberührten Bauteilen, Teil 1, Anforderungen, Planungen, Ausführungsgrundsätze

5.5 Raumnutzungsklassen

5.5.1 Allgemeines

Die Raumnutzungsklassen (RN1-E bis RN3-E) definieren unterschiedlich hohe Anforderungen an die Trockenheit der Raumluft von erdseitig abgedichteten Räumen und die Zuverlässigkeit der Abdichtungsbauart. Es werden folgende Raumnutzungsklassen unterschieden.

5.5.2 RN1-E (geringe Anforderung)

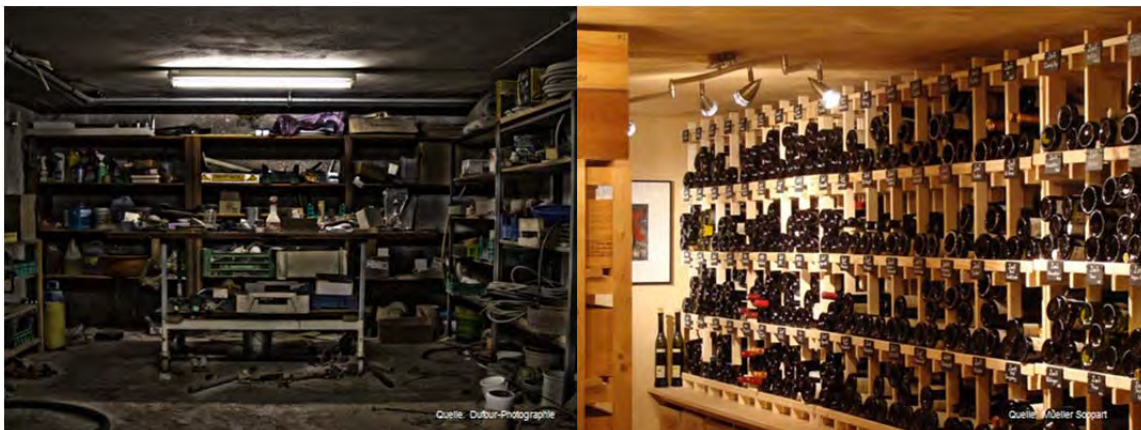
Raumnutzung mit geringer Anforderung an die Trockenheit der Raumluft (z. B. offene Werk- oder Lagerhalle, Tiefgarage).

5.5.3 RN2-E (übliche Anforderung)

Raumnutzung mit üblicher Anforderung an die Trockenheit der Raumluft und Zuverlässigkeit der Abdichtungsbauart (z. B. Aufenthaltsräume; Räume zur Lagerung von feuchteempfindlichen Gütern wie Keller- und Lagernutzungen in üblichen Wohn- und Bürogebäuden).

5.5.4 RN3-E (hohe Anforderung)

Raumnutzung mit hoher Anforderung an die Trockenheit der Raumluft und hoher Anforderung an die Zuverlässigkeit der Abdichtungsbauart (z. B. Magazin zur Lagerung unersetzlicher Kulturgüter; Raum für den Zentralrechner).

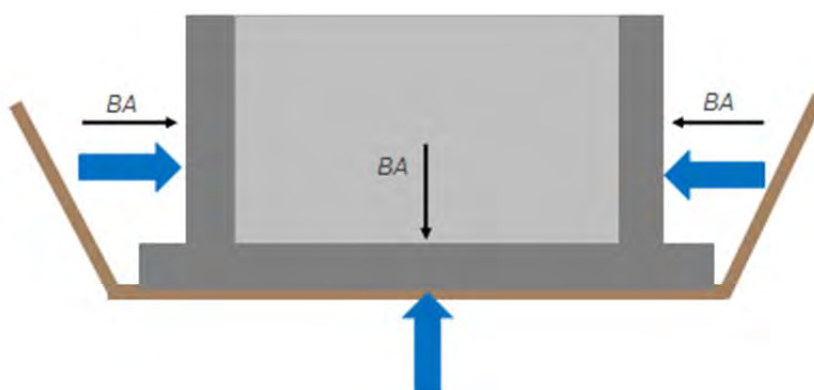


DIN 18533: 2017-07: **nicht neu aber anders!**

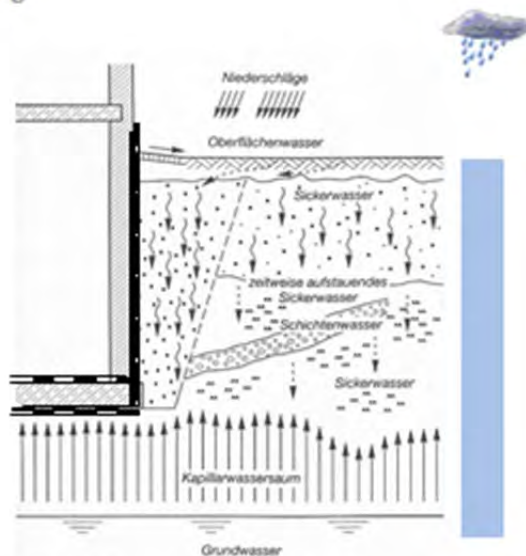
Tabelle 1 – Wassereinwirkungsklassen

Nr.	1	2	3	4
	Klasse	Art der Einwirkung	Beschreibung	Abdichtung nach
1	W1-E	Bodenfeuchte und nichtdrückendes Wasser	5.1.2.1	8.5
2	W1.1-E	Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser bei Bodenplatten und erdberührten Wänden	5.1.2.2	8.5.1
3	W1.2-E	Bodenfeuchte und nichtdrückendes Wasser bei Bodenplatten und erdberührten Wänden mit Dränung	5.1.2.3	8.5.1
4	W2-E	Drückendes Wasser	5.1.3.1	8.6
5	W2.1-E	Mäßige Einwirkung von drückendem Wasser ≤ 3 m Eintauchtiefe	5.1.3.2	8.6.1
6	W2.2-E	Hohe Einwirkung von drückendem Wasser > 3 m Eintauchtiefe	5.1.3.3	8.6.2
7	W3-E	Nicht drückendes Wasser auf erdüberschütteten Decken	5.1.4	8.7
8	W4-E	Spritzwasser und Bodenfeuchte am Wandsockel sowie Kapillarwasser in und unter Wänden	5.1.5	8.8

Bautechnische Maßnahme: Abdichten



Wassereinwirkung

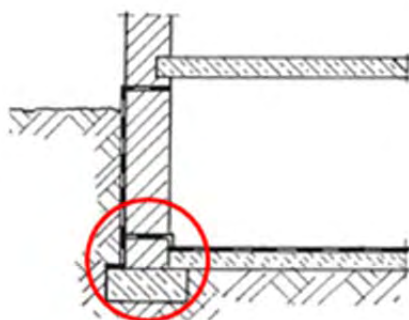


Quelle: Betonkalender 2001, Braun, Abdichten von Bauwerken, Bild 2 Wasserarten

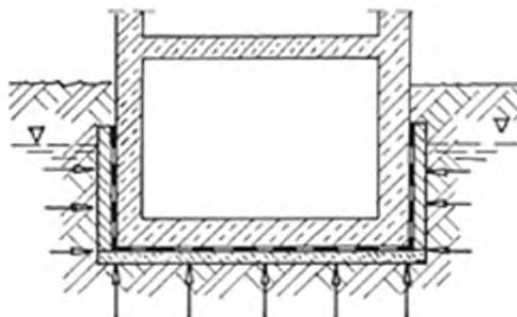


Bautechnische Maßnahme: Abdichtung

Abdichtung gegen Bodenfeuchtigkeit oder nicht drückendes Wasser



Abdichtung gegen Drückendes Wasser



Quelle: DWA-Richtlinie für die Bauwerksabdichtung



Wassereinwirkungsklassen

Nr.	Klasse	Art der Einwirkung
1	W1-E	Bodenfeuchte und nichtdrückendes Wasser
2	W1.1-E	Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser bei Bodenplatten und erdberührten Wänden
3	W1.2-E	Bodenfeuchte und nichtdrückendes Wasser bei Bodenplatten und erdberührten Wänden mit Dränung
4	W2-E	Drückendes Wasser
5	W2.1-E	Mäßige Einwirkung von drückendem Wasser ≤ 3 m Eintauchtiefe
6	W2.2-E	Hohe Einwirkung von drückendem Wasser > 3 m Eintauchtiefe
7	W3-E	Nicht drückendes Wasser auf erdüberschütteten Decken
8	W4-E	Spritzwasser und Bodenfeuchte am Wandsockel sowie Kapillarwasser in und unter Wänden

Quelle: DIN 18533-1:2017

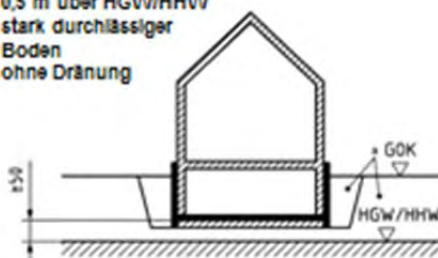


Wassereinwirkungsklassen

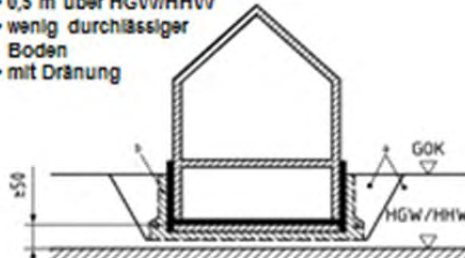
W1.1-E Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser ohne Dränung

W1.2-E Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser mit Dränung

- auf oder unter GOK
- 0,5 m über HGW/HHV
- stark durchlässiger Boden
- ohne Dränung



- unter GOK
- 0,5 m über HGW/HHV
- wenig durchlässiger Boden
- mit Dränung



Quelle: DIN 18533-1:2017



Wassereinwirkungsklassen

Vor dem Regen



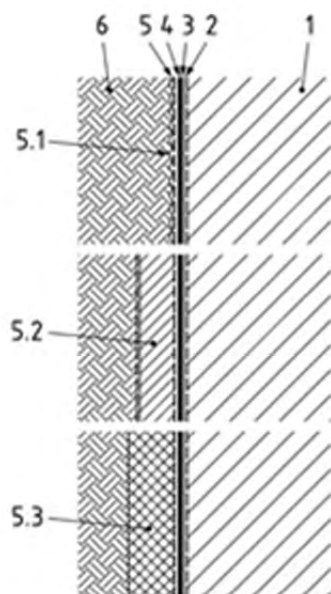
Nach dem Regen



Quelle: Dipl.-Ing. Gerhard Kilingelhöfer BDB



W1-E erdberührte Wand



Legende

- 1 Wand
- 2 ggf. Untergrundvorbereitung
- 3 ggf. Ausgleichschicht
- 4 Abdichtungsschicht
- 5 weitere Funktionsschicht
- 5.1 Schutzlage mit Gleitschicht
- 5.2 Drain- und Filterschicht mit Gleitschicht
- 5.3 Perimeterdämmung ggf. mit Gleitschicht
- 6 Füllmaterial

Quelle: DIN 18533-1:2017

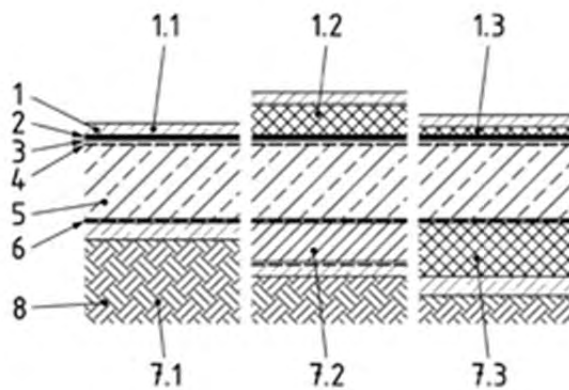




**Abriss der Abdichtungsbahn, Ursache:
- fehlende Gleitschicht**



W1-E erdberührte Bodenplatte



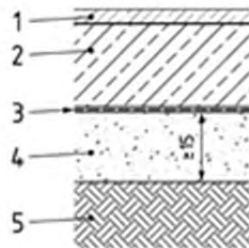
Legende

- 1 Schutzschicht und sonstige Nutz/ Funktionschichten oberhalb der Abdichtungsschicht
- 1.1 Nutzschiicht auf Trennlage (Asphalteschicht etc)
- 1.2 Wärmedämmschicht und Nutzschiicht
- 1.3 Schwimmender Estrich
- 2 Abdichtungsschicht
- 3 ggf. Ausgleichsschicht
- 4 ggf. Untergründbehandlung
- 5 Bodenplatte
- 6 ggf. Trennlage
- 7.1 Sauberkeitsschicht
- 7.2 Dränschicht mit Filtervlies auf Ausgleichsschicht
- 7.3 Perimeterdämmung auf Sauberkeitsschicht
- 8 Baugrund/ Bodenaustausch

Quelle: DIN 18533-1:2017



W1-E erdberührte Bodenplatte mit kapillarbrechender Schüttung



Legende

- 1 Nutzschicht
- 2 Bodenplatte
- 3 Trennlage
- 4 kapillarbrechende Schüttung $k > 10^{-4} \text{ m/s}$
- 5 Baugrund/Bodenaustausch

Quelle: DIN 18533-1:2017

Keine Abdichtung der Bodenplatte erforderlich bei:

- Bodenfeuchtigkeit (W1-E)
- geringer Anforderung an die Raumnutzung (RN1-E)
- kapillarbrechende Schüttung $d = 15 \text{ cm}$
- Bemessungswasserstand $> 50 \text{ cm}$ unter der Bodenplatte





Nahtfübung bei W1-E

Achtung:

Abdichtung der Bodenplatte mit Bitumen- und Polymerbitumenbahnen bei W1-E:

Die Bahnen ... sind lose zu verlegen oder teilflächig oder vollflächig mit dem Untergrund zu verkleben. Die **Überlappungen** der Bahnen untereinander müssen vollflächig **verklebt** bzw. bei einer Schweißbahn verschweißt werden.

Abdichtung der Bodenplatte mit Kunststoff- und Elastomerbahnen bei W1-E:

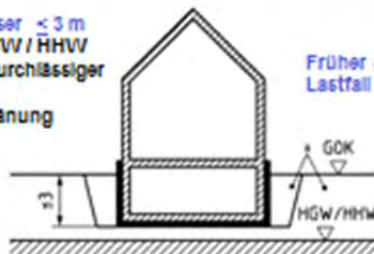
Kunststoff- oder Elastomerbahnen dürfen auch lose eingebaut werden. Bei loser Verlegung **ohne Nahtfübung** bei W1.1-E muss die Überlappung der Bahnen mindestens 20 cm betragen.



Wassereinwirkungsklassen

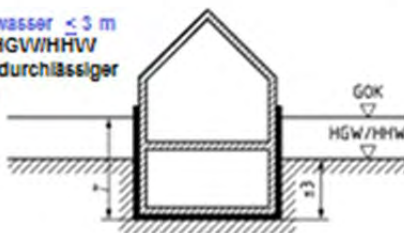
W2.1-E Drückendes Wasser - mäßige Einwirkung ≤ 3 m Eintauchtiefe

- Stauwasser < 3 m
- über HGW/HHW
- wenig durchlässiger Boden
- ohne Dränung

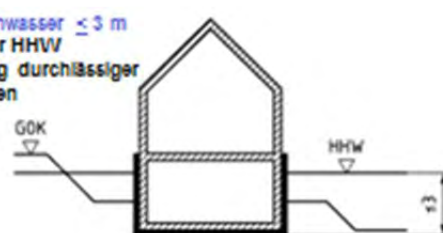


Früher (18195):
Lastfall zeitweise aufstauendes Sickerwasser

- Grundwasser < 3 m
- unter HGW/HHW
- wenig durchlässiger Boden



- Hochwasser < 3 m
- unter HHW
- wenig durchlässiger Boden



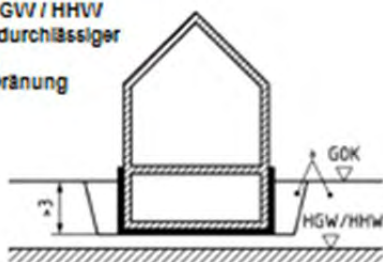
Quelle: DIN 18533-1:2017



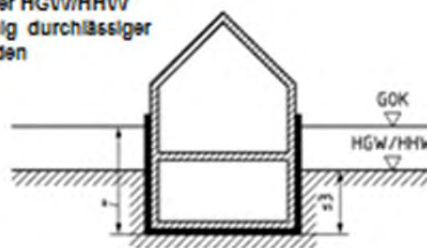
Wassereinwirkungsklassen

W2.2-E Drückendes Wasser - hohe Einwirkung > 3 m Eintauchtiefe

- Stauwasser > 3 m
- über HGW/HHW
- wenig durchlässiger Boden
- ohne Dränung

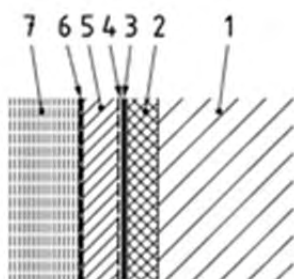


- Grundwasser > 3 m
- unter HGW/HHW
- wenig durchlässiger Boden



Quelle: DIN 18533-1:2017

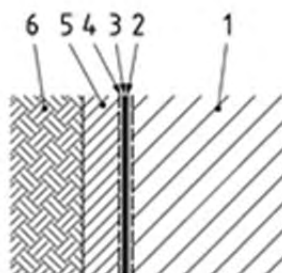
W2-E erdberührte Wand



Bauweise auf Rücklage

Legende

- 1 Wandbauteil
- 2 ggf. Schutzschicht
- 3 Abdichtungsschicht
- 4 ggf. Untergrundbehandlung/Ausgleichsschicht
- 5 Rücklage-Bauteil
- 6 ggf. Gleitschicht
- 7 Baugrubenverbaubaugrund



Bauweise auf Bauwerksuntergrund
in offener Baugrube

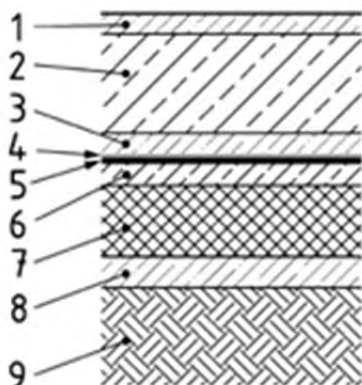
Legende

- 1 Wandbauteil
- 2 ggf. Untergrundbehandlung/Ausgleichsschicht
- 3 Abdichtungsschicht
- 4 ggf. Gleitschicht
- 5 Schutzschicht
- 6 Verfüllboden

Quelle: DIN 18533-1:2017



W2-E erdberührte Bodenplatte



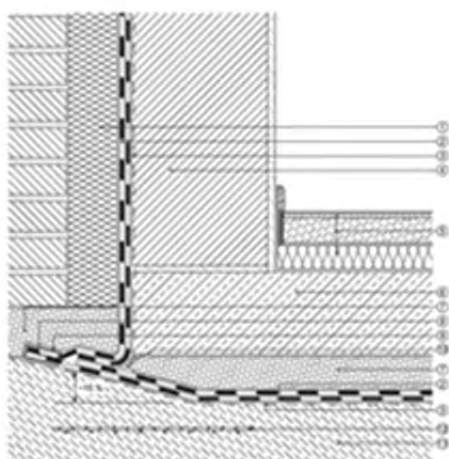
Legende

- 1 Nutzschrift
- 2 Bodenplatte mit Druckwassereinwirkung
- 3 Schutzschicht (z. B. Estrich)
- 4 Trennlage
- 5 Abdichtungsschicht
- 6 Abdichtungsuntergrund (z. B. Beton)
- 7 Wärmedämmschicht
- 8 Sauberkeitsschicht
- 9 Baugrund/Bodenaustausch

Quelle: DIN 18533-1:2017

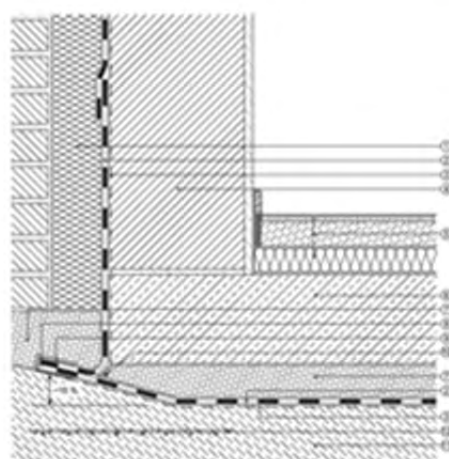


W2-E Übergang Wand - Bodenplatte



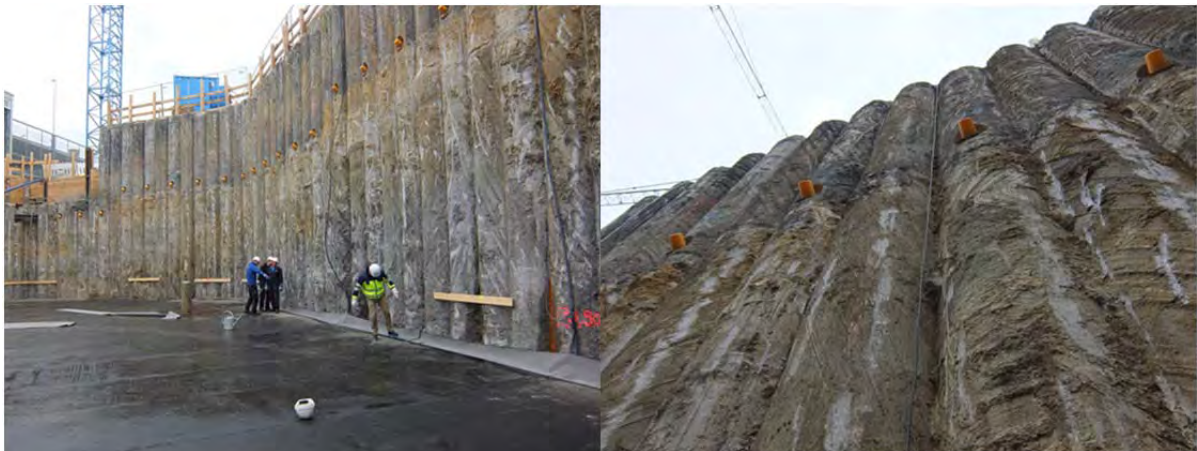
- ① Perimeterdämmung
- ② Elektroblechunterstützrahmen, auf der wasserzugewandten Seite mit Trägerelemente PV oder KOP
- ③ Stützelemente z.B. auf Einbauelementen
- ④ Kältebremsewand
- ⑤ Schutzlage auf Wärmeabdämmung
- ⑥ Bodenplatte
- ⑦ Schutzblech
- ⑧ Rückläufiger Stab
- ⑨ Schutzblech, z. B. PVC PV 200 00
- ⑩ Hartkante
- ⑪ Unterbeton
- ⑫ Bewehrung

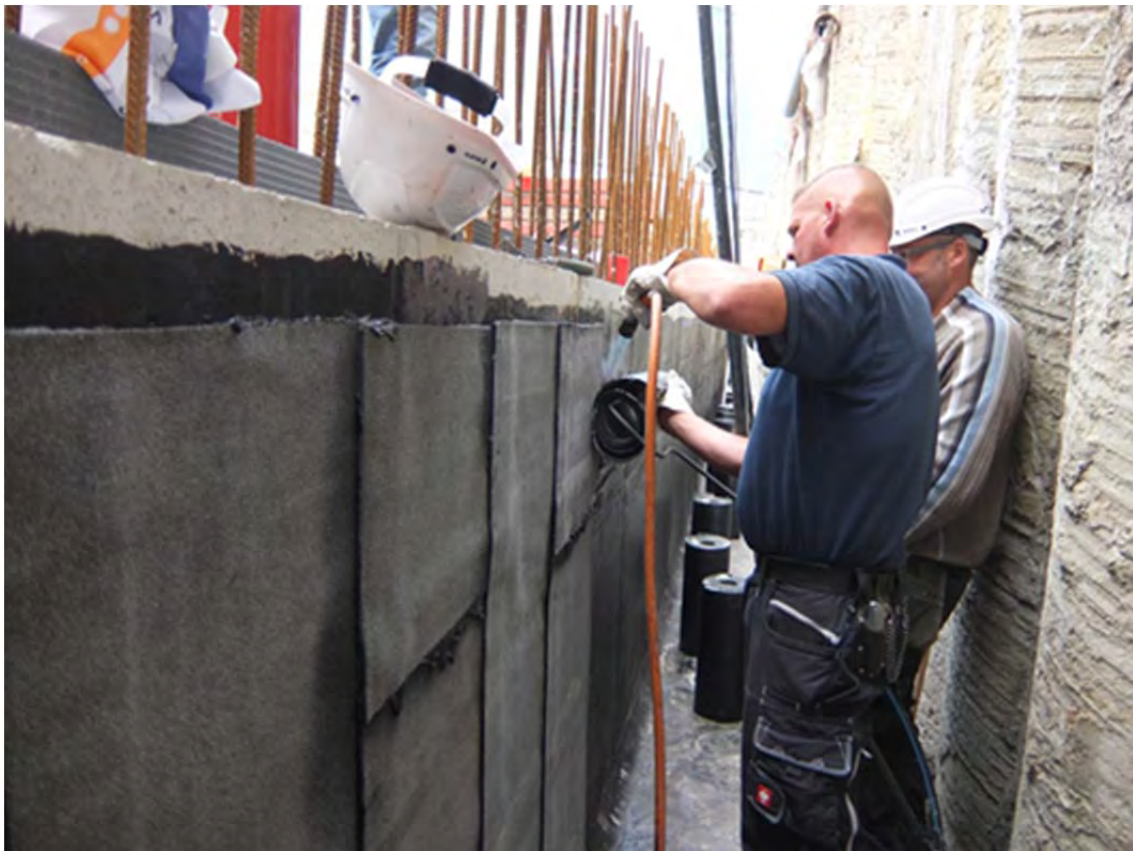
© VED, Technische Regeln 2017



- ① Perimeterdämmung
- ② Elektroblechunterstützrahmen mit PV-Einlage
- ③ Stützelemente z.B. auf Einbauelementen
- ④ Kältebremsewand
- ⑤ Schutzlage auf Wärmeabdämmung
- ⑥ Bodenplatte
- ⑦ Schutzblech
- ⑧ Rückläufiger Stab
- ⑨ Schutzblech, z. B. PVC PV 200 00
- ⑩ Hartkante
- ⑪ Unterbeton
- ⑫ Bewehrung

© VED, Technische Regeln 2017





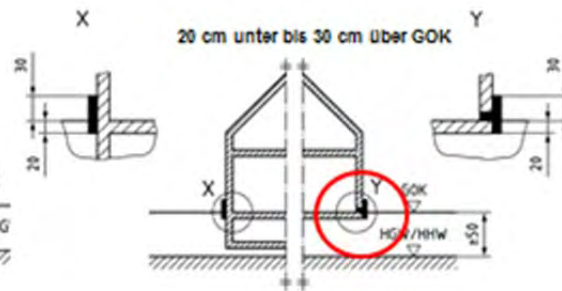
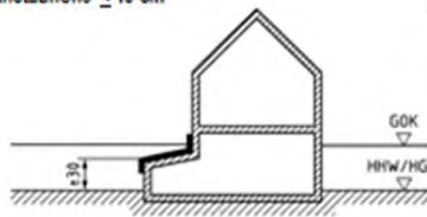


Wassereinwirkungsklassen

W3-E nicht drückendes Wasser auf erdüberschütteten Decken

W4-E Spritzwasser am Wandsockel sowie Kapillarwasser in und unter Wänden

- ≤ 30 cm über HG_V / HH_V
- Anstauhöhe ≤ 10 cm



Quelle: DIN 18533-1:2017

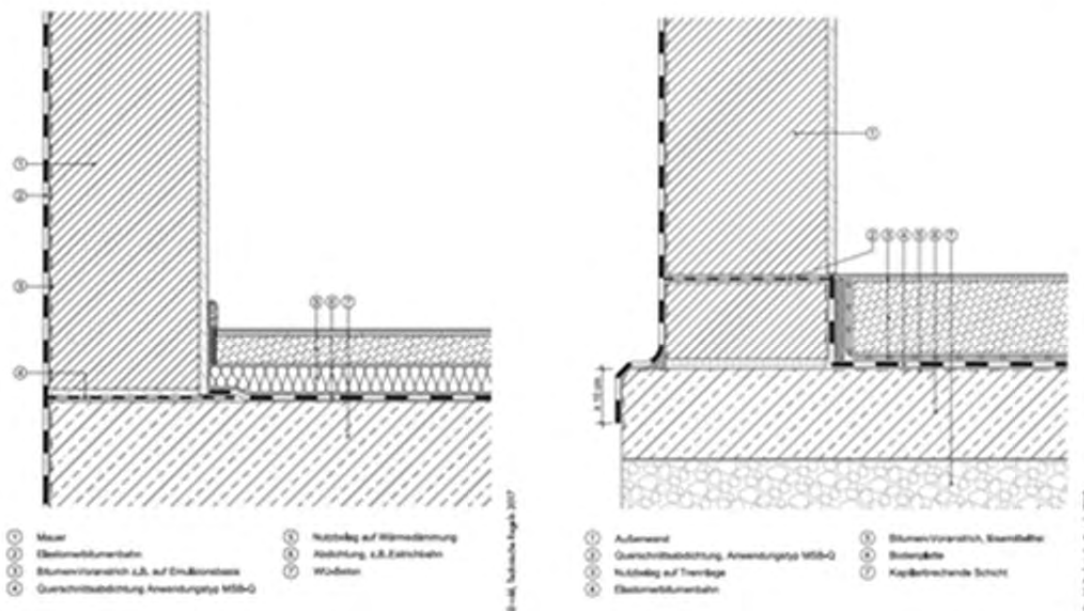
Anschluss an die Querschnittsabdichtung

Außenwände im Sockelbereich und Innenwände aus kapillar leitfähigen Baustoffen oder aus Baustoffen, die durch kapillar transportiertes Wasser geschädigt werden können, sind durch **mindestens eine waagerechte Abdichtung** (Querschnitts-abdichtung) gegen aufsteigende Feuchte zu schützen, wenn sie auf kapillar leitfähigen Bauteilen gegründet sind (z. B. Streifen-fundament oder nicht wasserundurchlässige Bodenplatte).

Ist die Bodenplatte oberseitig abgedichtet (W1-E), muss die Abdichtungsschicht der Boden-platte an die Querschnittsabdichtung so **herangeführt, überlappt oder verklebt** werden, dass am Anschluss kein kapillarer Wassertransport (z. B. über Putzbrücken) in schädigendem Umfang möglich ist.



Anschluss an die Querschnittsabdichtung



Anschluss an die Querschnittsabdichtung





Anschluss an die Querschnittsabdichtung



So nicht:



So nicht:





Abdichtung von Durchdringungen

Allgemeines

Durchdringungen, z. B. Rohrdurchführungen, Abläufe, Verankerungen, müssen so angeordnet werden, dass die Abdichtungsschicht fachgerecht angeschlossen werden kann.

...
Für Leitungen sollten Gruppendurchführungen angewendet werden (Mehrspartenhaus-einführung, Platten-konstruktion bei Los- und Festflansch).

Quelle: DIN 18533-1:2017



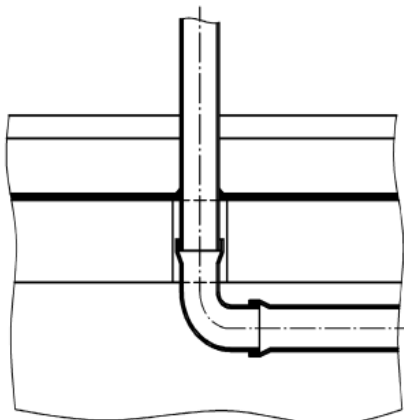
Quelle: saloon, Rödermark

Durchdringungen bei W1-E

Bei flüssig zu verarbeitenden Abdichtungsstoffen sind die Anschlüsse an Einbauteile oder Durchdringungen direkt oder mit Manschetten auszuführen.

Abdichtungsbahnen sind an erdberührten Wandflächen entweder mit Klebeflansch, Anschweißflansch, mit Manschette und Schelle oder flüssig zu verarbeitenden Stoffen anzuschließen.

Bei einer lediglich durch Kapillarwasser beanspruchten Abdichtung einer erdberührten Bodenplatte bei W1-E ist die Abdichtungsschicht so an das durchdringende Bauteil (z. B. Fallrohr) heranzuführen, dass keine Feuchtebrücken entstehen ...





Abdichtung von Durchdringungen



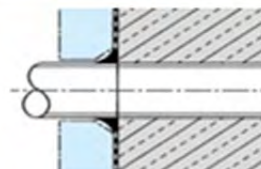
Quelle: Dipl.-Ing. Gerhard Klingshöfer BDB



Abdichtung von Durchdringungen



- Rohr anschleifen und entfetten
- Mit geeigneter KMB hohlkehlenartig die Flächenabdichtung an das Rohr anschließen oder spez. Dichtungsmanschette in die KMB einarbeiten.



Quellen: www.sg-weber.de und google „seevetaler gmb“

Abdichtung von Durchdringungen



Abdichtungsbahnen sind an erdberührten Wandflächen entweder mit Klebeflansch, Anschweißflansch, mit Manschette und Schelle oder flüssig zu verarbeitenden Stoffen anzuschließen.

Abdichtung von Durchdringungen



Bei einer lediglich durch Kapillarwasser beanspruchten Abdichtung einer erdberührten Bodenplatte bei W1-E ist die Abdichtungsschicht so an das durchdringende Bauteil (z. B. Fallrohr) heranzuführen, dass keine Feuchtebrücken entstehen ...

Abdichtung von Durchdringungen



Offener Ausschnitt für eine Fallrohr-Durchdringung auf der Stahlbetonbodenplatte im Bereich einer Bodenplattenausparung und Wandschlitz. Abdichtung (hier Mauerperrbahn) nicht angeschlossen.

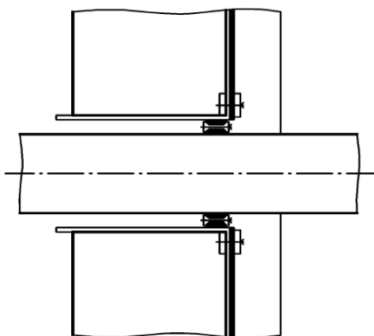


Quelle: Dipl.-Ing. Gerhard Klingelhöfer BDB

Durchdringungen bei W2-E

Anschlüsse an Einbauteile oder Durchdringungen sind mit Los- und Festflanschkonstruktion auszuführen ...

Bei W2.1-E können Anschlüsse an Durchdringungen auch mit geprüften Hauseinführungssystemen (Prüfdruck 1 bar) ausgeführt werden, welche über einen Dichtflansch mit einer Breite ≥ 30 mm verfügen. Voraussetzung hierfür ist eine ebene und feste Wand- und Abdichtungsoberfläche im Bereich des Dichtflansches. Zum Ausgleich von Mauerwerks-unebenheiten kann ein entsprechender Flansch als Abdichtungsuntergrund, sowie systemabhängig auch ein Futterrohr erforderlich sein.





Abdichtung von Durchdringungen



Durchdringungen bei W2-E

Anschlüsse an Einbauteile oder Durchdringungen sind mit Los- und Festflanschkonstruktion auszuführen ...



Quellen: Dipl.-Ing. Gerhard Kiltinghöfer BDB, Doyma



Abdichtung von Durchdringungen



Allgemeines

Für Leitungen sollten Gruppendurchführungen angewendet werden (Mehrsparthenhaufeinführung, Plattenkonstruktion bei Los- und Festflansch).

Durchdringungen bei W2-E

Anschlüsse an Einbauteile oder Durchdringungen sind mit Los- und Festflanschkonstruktion auszuführen ...



Schlussfolgerung



Konvektives Eindringen von Radon in das Gebäude entsteht vor durch die nicht konsequente Umsetzung der Abdichtungsgrundsätze.

Fehler bei der Abdichtung begünstigen Konvektionen, ordnungsgemäße Abdichtung schließen sie weitgehend aus.

Mit geringfügigen Zusatzanforderungen bei der Wassereinwirkungsklasse W1-E ist Abdichtung ein wirksames Mittel zum Radonschutz.



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Seit 1846

www.vedag.de

KOSTEN FÜR RADONSCHUTZMASSNAHMEN IM NEUBAU UND BEI SANIERUNGEN

COSTS FOR RADON PROTECTION MEASURES IN NEW BUILDINGS AND BUILDING RENOVATIONS

Walter-Reinhold Uhlig

Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden/KORA e.V.

Zusammenfassung

Die Kosten für Radonschutzmaßnahmen sind bisher nicht oder nur in Ansätzen systematisch untersucht und erfasst worden. Unter anderem deshalb gibt es hierzu viel Unsicherheit und sind falsche Vorstellungen über die Kosten im Umlauf. Ziel muss es sein, die Mehrkosten für den Radonschutz so gering als möglich zu gestalten, ohne dass deren Wirksamkeit verloren geht. Im Beitrag werden, aufbauend auf einer Analyse vorliegender Kostenangaben aus realisierten Beispielen, Kostenermittlungen für typische Lösungen aus dem Neubaubereich sowie der Sanierung vorgestellt. Dabei wird gezeigt, dass die Mehrkosten für den baulichen Radonschutz insbesondere im Neubau zumeist vernachlässigbar gering sind. Für Sanierungen können in vielen Fällen durch überlegte Wahl der Lösungen die Mehrkosten ebenfalls in Grenzen gehalten werden.

Summary

The costs for radon protection measures have so far not been systematically investigated or recorded at all. Among other things, that is a main reason for current uncertainty and misconceptions about the costs. It has to be the objection to minimize the additional costs for radon protection, without losing the effectiveness. Based on a cost analysis of already realized projects, this paper presents cost estimates for typical solutions of new buildings and renovations. It will show that the additional costs for radon protection are usually insignificant, especially for new buildings. In case of renovations, the additional costs can be also kept within limits by choosing reasonable solutions.

1. Einführung

Schon wieder eine neue Anforderung an das Bauen: Nach EnEV, Brandschutz, neuen Bemessungsrichtlinien usw. usw. nun auch Radonschutz! Eine zusätzliche Schikane, durch EU-Hype und deutsche Dienstfertigkeit in das deutsche Strahlenschutzgesetz übernommen. Der kleine Mann muss es – wieder einmal – ausbaden! So denken sicher einige, die sich durch Regelungen aus allen Richtungen bevormundet fühlen. Mein Beitrag heute soll aber nicht die Frage der Sinnhaftigkeit einer radonsichereren Bauweise behandeln. Das ist hier und anderswo in vielfältiger Weise diskutiert worden und ich bin davon überzeugt, dass inzwischen in der aufgeklärten und verantwortungsvollen Fachwelt Konsens darüber besteht, dass beim Bauen der Schutz der Nutzer vor überhöhter Radonkonzentration in der Raumluft beachtet werden muss. Vielmehr möchte ich mich heute der Frage widmen, ob und in welcher Größenordnung Mehrkosten für den Radonschutz entstehen. Denn

klar dürfte sein: Je höher die Mehrkosten sind, die durch diese zusätzliche Anforderung entstehen, umso geringer ist die Bereitschaft, den Radonschutz auch tatsächlich zu berücksichtigen.

Die Vorstellungen über die Mehrkosten für den baulichen Radonschutz sind zum Teil abenteuerlich und von Unkenntnis über die günstigsten Lösungen gekennzeichnet. Kürzlich wurde ein Antrag auf Erhöhung der Kosten für den Radonschutz beim Bau eines Kindergartens in einer Erzgebirgsgemeinde bekannt. Die Antragsteller wollten zusätzliche Gelder in Höhe von ca 100.000 Euro – und das für einen Neubau! Das ist natürlich ein extremer Fall, der nicht verallgemeinert werden kann. Fakt ist vielmehr, dass weitestgehend Konsens darüber herrscht, dass für Neubauten die Mehrkosten sehr gering ausfallen, im Falle einer Gebäudesanierung dagegen kaum verallgemeinerbar und zum Teil auch relativ hoch sind.

Die Frage, welche Mehrkosten durch radonsicheres Bauen tatsächlich entstehen, ist bisher nach meiner Kenntnis noch nicht systematisch und umfassend untersucht worden. Die in diversen Literaturquellen angegebenen Kosten sind in den meisten Fällen nicht genügend spezifiziert und damit nur schwer nachvollziehbar. Zu vermuten ist, dass in vielen Beispielen neben ursächlich durch Radonschutz induzierten Kosten auch solche enthalten sind, die ohnehin angefallen wären. Im Rahmen von studentischen Abschlussarbeiten an der HTW Dresden [1], [2] haben wir versucht, die Frage der Mehrkosten zu objektivieren. Erste Ergebnisse hierzu liegen vor, über die ich im Folgenden berichten möchte.

2. Literaturrecherche zu Kosten für Radonschutzmaßnahmen

2.1 Methodik

Zu Beginn galt die Frage, inwieweit in diversen Veröffentlichungen Kosten für den Radonschutz bei Neubau- und Sanierungsmaßnahmen enthalten sind.

Für Neubaumaßnahmen wurde in der Literatur nichts Substanzielles gefunden. Dagegen gibt es eine Reihe von Angaben zu Kosten im Rahmen von Sanierungsmaßnahmen. In erster Linie wurde für deren Auswertung die Radondatenbank, welche auf der Homepage von KORA e.V. veröffentlicht ist [3], herangezogen. In die Auswertung wurden ausschließlich Beispiele aufgenommen, die hinsichtlich der Reduzierung der Radonkonzentration erfolgreich waren. Als erfolgreich werden dabei Maßnahmen betrachtet, in denen die Radonkonzentration deutlich, in den meisten Fällen um mehr als 90% gesenkt werden konnte. In Tabelle 1 sind die Vorher- und Nachher-Messungen mit absoluter Zahl sowie prozentual mit aufgenommen worden.

Für die Auswertung wird die Systematik der Aufgliederung der Beispiele in der Radondatenbank zugrunde gelegt. Danach erfolgt eine Untergliederung nach

- Radonbrunnen
- Radondränge
- Hohlraumbelüftung sowie
- Sonstige Systeme

Für eine Reihe von Beispielen ist die Zuordnung zu einer der Gruppen nicht ganz einfach, da in einigen Fällen mehrere Lösungen miteinander kombiniert worden sind. In der Zusammenstellung in Tabelle 1 wird auf diese Besonderheiten in der Spalte „Bemerkungen“ dezidiert hingewiesen. Ebenso wird für die Gruppe „Sonstige Systeme“ in der Bemerkungs-Spalte eine Kurzbeschreibung der Maßnahme gegeben.

2.2 Erfassung und Bewertung von Beispielen

Die Radondatenbank erfasst inzwischen nahezu 90 Beispiele, noch in diesem Jahr werden weitere hinzukommen. Leider sind aber nur in wenigen Beispielen Kosten für die Radonschutzmaßnahmen veröffentlicht worden. Diese werden in der folgenden Tabelle 1 zusammengefasst wiedergegeben.

Tabelle 1: Literaturoswertung Kosten für Radonschutzmaßnahmen

Lösung	Nutzung	Land	Radonkonzentration		Senkung	Kosten	Bemerkungen
			vorher	nachher			
			Bq/m ³	Bq/m ³	%	€	
Radonbrunnen	Wohnen	USA	470	70	85	1.450	einschließlich Flächenabdichtung
	Wohnen	GB	430	30	93	2.440	einschl. abdichtende Maßnahmen
	Wohnen	Frankr.	1.740	35	98	250	Direktabsaugung über Rohr, welches durch Bodenplatte geführt wird
	Wohnen	Schweiz	4.020	260	93	2.300	Kosten ausschließlich Radonbrunnen
	Wohnen	Dt.	1.500	195	87	3.500	vermutlich Kosten für Abdichtung enthalten
Radondränge	Wohnen	Belgien	2.770	470	83	6.000	vermutlich Kosten für Abdichtung enthalten
	Wohnen	Dt.	15.000	300	98	9.500	einschl. Kosten für Bodenplatte und Abdichtung
	Wohnen	Dt.	3.500	200	94	22.500	einschl. Kosten für Bodenplatte und Abdichtung
	Wohnen	Dt.	1.000	175	95	32.800	einschl. Kosten für Bodenplatte und Abdichtung
	Wohnen	Dt.	26.000	2.600	90	11.900	einschl. Kosten für Bodenplatte und Abdichtung
	Schule	Dt.	3.000	120	96	42.500	Komplexe Maßnahme
Hohlraum- belüftung	Schule	Frankr.	2.740	350	87	7.500	Einschl. Abdichtungsmaßnahmen zwischen Hohlraum und Gebäude
	Wohnen	GB	1.600	66	96	2.300	
Sonstige Systeme	Schule	USA	570	150	74	10.750	Unterdrucksystem im Boden
	Wohnen	GB	710	30	96	76.000	Kosten für Sanierung der Lüftungsanlage im gesamten Gebäude
	Kirche	GB	900	100	89	3.600	Kombination Hohlraumbelüftung und Sammelschacht (Radonbrunnen)
	Wohnen	GB	1.600	66	96	4.250	Direktabsaugung unter der Bodenplatte (ähnlich Radonbrunnen)
	Wohnen	GB	1.600	66	96	1.600	Abdichtungsmaßnahmen und von außen angeordnete Schächte
	Wohnen	Dt.	1.100	40	96	1.500	Vorhandener Hohlraum unter dem Boden wird abgedichtet und nach außen entlüftet
Wohnen	Dt.	1.925	70	96	2.800	Unterdruckerzeugung in vorhandenem Keller	

Anmerkungen zur Tabelle 1:

- Alle Werte sind gerundet
- Für einzelne Beispiele sind in der Datenbank mehrere Messungen dokumentiert. In Tabelle 1 sind die jeweils ungünstigsten Werte wiedergegeben.

- Farbkennung der Felder:
 - Radonkonzentration über 1.000 Bq/m³ (sehr kritisch)
 - Radonkonzentration zwischen 300 bis 1.000 Bq/m³ (kritisch)
 - Radonkonzentration unterhalb 300 Bq/m³ (Referenzwert eingehalten)
 - Senkung der Radonkonzentration über 90 % (sehr hoch)
 - Senkung der Radonkonzentration zwischen 80 und 90% (hoch)
 - Senkung der Radonkonzentration zwischen 70 und 80% (befriedigend)

Die Werte der Tabelle 1 sind in Abb. 1 graphisch aufbereitet worden.

Senkung der Radonkonzentration

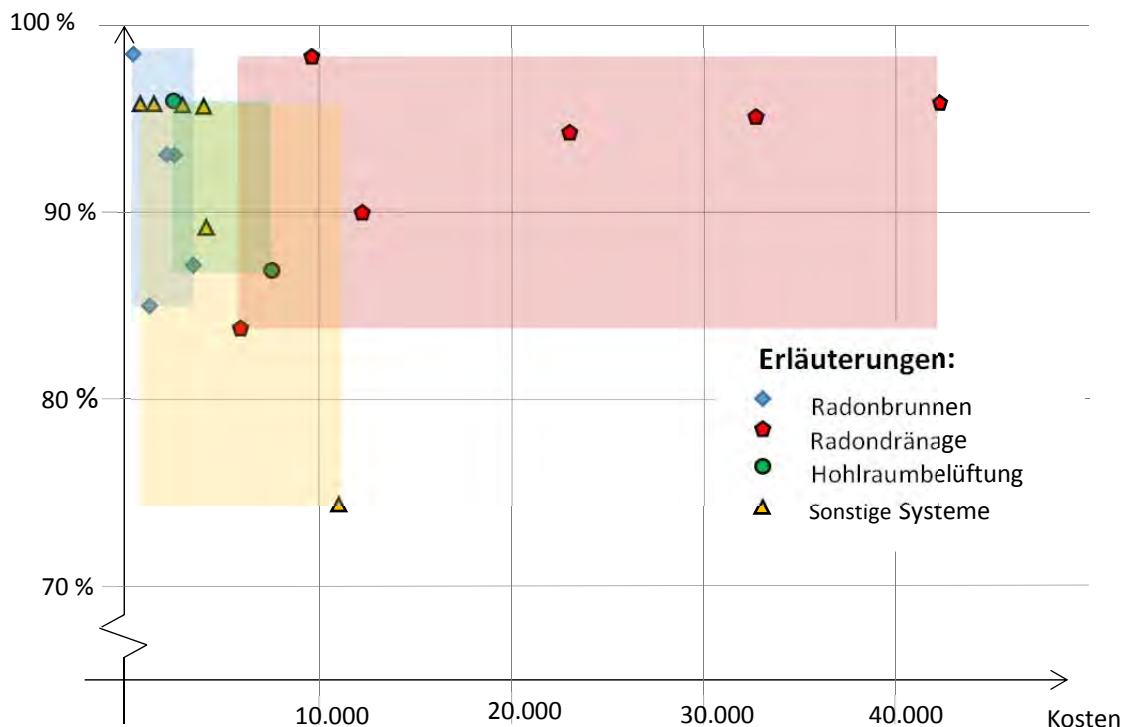


Abb. 1: Kosten und Wirksamkeit von Radonschutzmaßnahmen (nach [3])

Schlussfolgerungen aus den aufgeführten Beispielen der Tabelle 1 und von Abb. 1:

1. Für alle aufgeführten Beispiele wird eine hohe bis sehr hohe Wirksamkeit erreicht.
2. Die Kosten beinhalten in fast allen Fällen eine Kombination aus Abdichtung und der angefuhrten Lösung. Die Angaben in den Literaturquellen sind zudem hinsichtlich der Kostenabgrenzung in allen Fällen nicht eindeutig gekennzeichnet. Dadurch kann nicht geschlussfolgert werden, inwieweit die Kosten reine Aufwendungen für den Radonschutz sind oder aber solche Kosten enthalten, die ohnehin für das Sanierungsziel erforderlich wären (sogenannte „Sowieso-Kosten“)
3. Vergleicht man die einzelnen aufgeführten Gruppen lässt sich ein Trend insofern ablesen, dass der Einbau von Radonbrunnen gegenüber der Radondränge durchschnittlich deutlich geringere Kosten aufweist (s. Abb.1).

4. Für die Hohlraumbelüftung kann aus den nur zwei Beispielen kein eindeutiger Trend hinsichtlich der Kosten abgeleitet werden.
5. Es fällt auf, dass die Beispiele zur Radondränge fast ausschließlich aus Deutschland stammen, während in den anderen aufgeführten Gruppen eine breite Streuung der Landesquellen zu beobachten ist.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass sich aus der Literatur nur bedingt verwertbaren Rückschlüsse auf die Kosten von Radonschutzmaßnahmen ziehen lassen. Das wäre nur dann möglich, wenn für die einzelnen Beispiele eine detaillierte Kostenstruktur vorliegen würde. Allenfalls sind Trends für die Kosten einzelner Maßnahmen ablesbar.

3. Kostenermittlung für Radonschutzmaßnahmen

3.1 Methodik und Herangehensweise

Um zu objektiven und nachvollziehbaren Aussagen hinsichtlich der durch den Radonschutz entstehenden Mehrkosten zu gelangen, werden die unterschiedlichen Radonschutzmaßnahmen einzeln betrachtet, auch wenn im Falle einer Radonsanierung zumeist eine Kombination aus mehreren Maßnahmen angewendet wird. Diese Methodik hat den Vorteil, dass sehr klar gezeigt werden kann, welche realistischen Mehrkosten für den Radonschutz entstehen. Werden kombinierte Lösungen angewendet, können die Gesamtkosten für den Radonschutz relativ wirklichkeitsnah aus der Addition der Kosten für die Einzelmaßnahmen abgeschätzt werden.

Es werden sowohl die Mehrkosten im Neubau als auch bei Sanierungsmaßnahmen untersucht. Dabei können nicht alle möglichen Lösungen in die Betrachtung einbezogen werden. Die Ausführungen konzentrieren sich vielmehr auf die am häufigsten angewendeten Lösungen.

Für den Neubau sind das in erster Linie:

- **Flächige Abdichtungen der erdberührten Gebau dehulle (Bodenplatte, Kellerwände)**
- **Lösungen für Mediendurchfuhrungen**
- **Radondränge als zusätzliche Maßnahme**

Für Sanierungen werden die folgenden Lösungen betrachtet:

- **Radonbrunnen**
- **Radondränge**
- **Hohlraumabsaugung**

Weitere typische Maßnahmen des Radonschutzes, die im Rahmen dieses Beitrages nicht berücksichtigt werden, sind:

- **Gebau eabdichtung mittels weißer Wanne (Anwendung im Neubau)**

Lösungen aus „wasserundurchlässigem“ Beton, sogenannte „Weie Wannen“ werden im modernen Bauen sehr häufig ausgeführt. Sie erfüllen zumeist ihren Zweck, einen Wassereintritt ins Gebau e auch bei Anliegen von drückendem Wasser zuverlässig zu verhindern. Die Luft- bzw. Gasdichtheit dieser Konstruktionsform ist aber bisher noch nicht oder zu wenig untersucht worden, weswegen die Frage, inwieweit mit dem Bau einer weißen Wanne auch gleichzeitig der Radonschutz gewährleistet ist, noch nicht abschließend beantwortet werden kann. Da weiße Wannen vor allen Dingen in Bereichen ausgeführt werden, wo mit drückendem Wasser zu rechnen ist, kann davon ausgegangen werden, dass die besonders sensiblen Bereiche der Durchführungen durch die Gebau e hülle - unabhängig vom Radonschutz – bereits mit hochwertigen Anschlusslösungen (z.B. Festflansch-eindichtungen) ausgeführt werden.

- **Alle Lösungen der freien und mechanischen Lüftung**

Für die Kosten von aktiven oder passiven Lüftungsmaßnahmen im Rahmen des Radonschutzes wurden in den für diesen Beitrag zugrundeliegenden Abschlussarbeiten bisher keine Ermittlungen durchgeführt.

Um vergleichbare Ergebnisse für die verschiedenen Radonschutzmaßnahmen im Neubau zu erhalten, wird ein Wohnhaus mit einer Brutto-Grundfläche von 100 m² als Referenzhaus zugrunde gelegt, welches mit oder ohne Unterkellerung betrachtet wird (s. Abb. 2 und 3). Sowohl die Raumunterteilung als auch die Lage von Treppen spielen für die Kostenermittlungen keine entscheidende Rolle, weswegen diese in den Skizzen nicht mit dargestellt sind.

Für Radonsanierungen hat die exakte Gebäudestruktur nur bedingten Einfluss auf die Kosten. Lediglich dort, wo ein Bezug auf das Referenzgebäude Sinn macht (z.B. Einbau einer Radondränge) wird auf dieses zurückgegriffen.

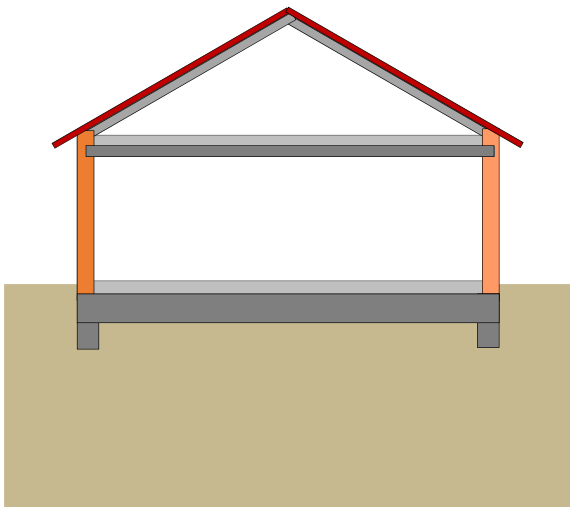


Abb. 2: Prinzipskizze Referenzhaus nicht unterkellert

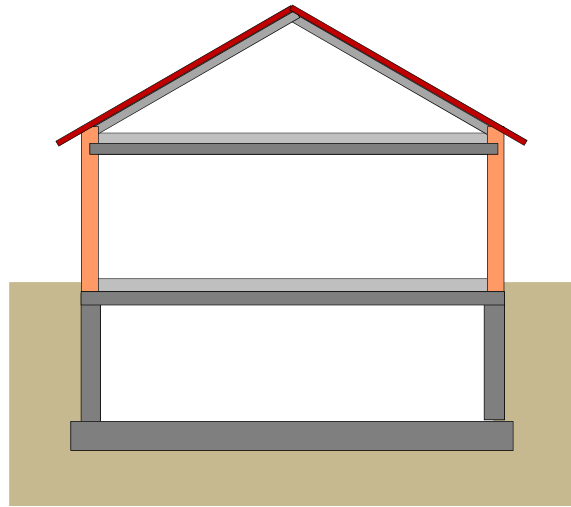


Abb.3: Prinzipskizze Referenzhaus, unterkellert

Im Rahmen der Kostenermittlung werden die folgenden Annahmen für das Referenzgebäude zugrunde gelegt:

Für beide Lösungen gilt:

- Bruttogrundfläche: 100 m²
- Nutzung des Gebäudes: Wohnen

Für das nichtunterkellerte Gebäude gelten weiterhin die folgenden Annahmen:

- Bodenplatte aus Beton, 35 cm dick
- Frostschräge unterhalb der Bodenplatte bis Mindestgründungstiefe (80 cm und OF Gelände)
- Höhe der vertikalen Außenabdichtung: 60 cm

Für das unterkellerte Gebäude können weiterhin die folgenden Annahmen getroffen werden

- Bodenplatte aus Beton 35 cm dick
- Gesamteinbindetiefe (bis UK Bodenplatte): 3,30 m

Für die Medienanbindung des Gebäudes werden die folgenden Durchbrüche in der Gebäudehülle angenommen:

Tabelle. 2: Annahmen für die Lage der Durchbrüche in der Gebäudehülle im Beispielhaus nach Abb. 2 bzw. 3

Medium	Nicht unterkellertes Gebäude	Unterkellertes Gebäude
Wasser	Bodenplatte	Kellerwand
Elektrizität	Bodenplatte	Kellerwand
Gas	Bodenplatte	Kellerwand
Schmutzwasserabführung	Bodenplatte	Bodenplatte

2.1 Kalkulationsgrundlagen

Die Kostenkalkulation wird auf der Grundlage standardisierter Annahmen durchgeführt. Dabei werden die folgenden Kalkulationsprogramme verwendet:

- SIRADOS-Kalkulationsatlas für Roh- und Ausbau im Neubau sowie Altbau [4] bis [6]
- BKI Baukostenplaner für Alt- und Neubauten [7] und [8]

Beide Kostenplanungshilfen ermöglichen eine detaillierte Aufschlüsselung auf einzelne Positionen. Für alle Werte wird eine Kostenspanne (mit von-, mittel- und bis-Preisen) angegeben. Die Angaben beruhen auf der Erfassung abgerechneter Bauvorhaben in ganz Deutschland. Sie werden jährlich aktualisiert. Die Kostenspanne verweist darauf, wie hoch in etwa die Preisunterschiede in Deutschland ausfallen. In Einzelfällen können diese Werte aber auch noch über- oder unterschritten werden. Für die in diesem Beitrag vorgestellten Kostenkalkulationen werden die Mittelpreise herangezogen.

Für eine detaillierte Betrachtung ermöglichen die Kalkulationsplaner eine Aufschlüsselung in Lohn-Material und Gerätekosten.

Eine vergleichende Recherche der beiden herangezogenen Werke (SIRADOS und BKI) hat gezeigt, dass keine wesentlichen Abweichungen in den Kalkulationsgrundlagen festgestellt wurden, weswegen im Folgenden nicht mehr darauf eingegangen wird, welche Grundlage für einen Einzelpreis herangezogen worden ist.

Für einzelne Produkte und deren Verarbeitung wurden zusätzlich Herstellerangaben einbezogen. Diese sind in [1] und [2] mit einem *) gekennzeichnet. Im Rahmen dieses Artikels wird auf eine entsprechende Kennzeichnung zumeist verzichtet.

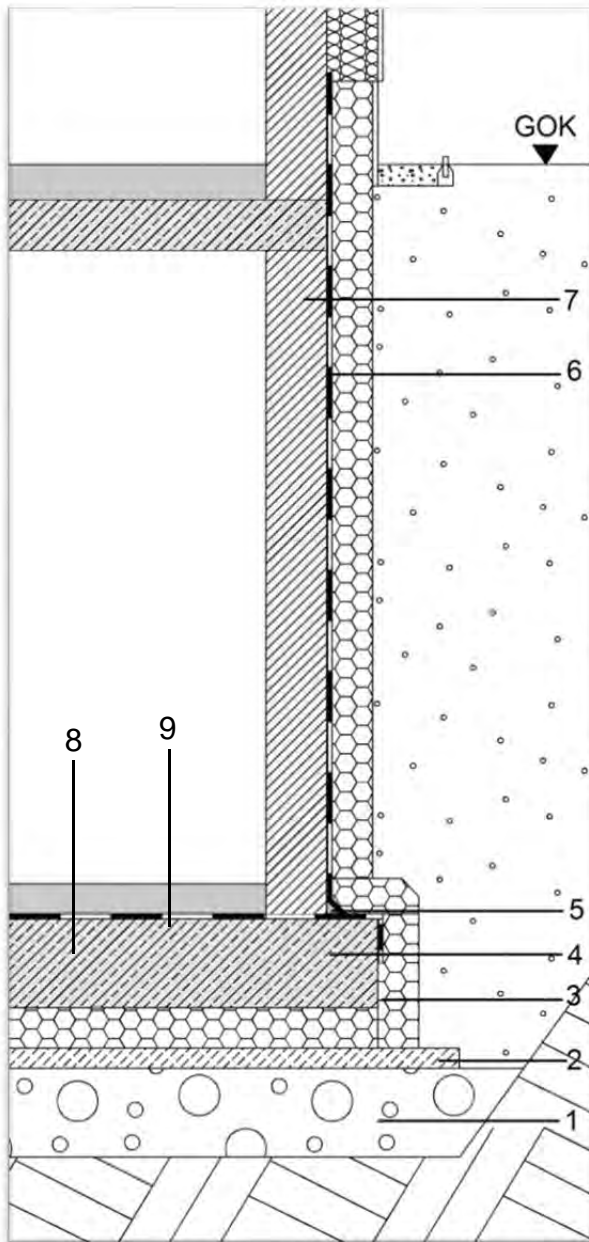
Alle Preisangaben der Kalkulationswerke sind Netto-Preise. Für die Kostenbetrachtungen wird deshalb zum Abschluss die heute aktuelle Mehrwertsteuer von 19% hinzugerechnet. Planungskosten und sonstige Kosten sind, soweit diese nicht ohnehin in den Kalkulationswerten enthalten sind, nicht erfasst.

3.3 Beschreibung der Vorgehensweise

3.3.1 Methodik

Die Vorgehensweise zur Ermittlung der radonbedingten Kosten wird im Folgenden an zwei Beispielen erläutert. Im ersten Beispiel werden die Mehrkosten für eine Neubaulösung betrachtet, im zweiten Beispiel steht eine Sanierungslösung im Vordergrund. Während also in diesem Abschnitt die Herangehensweise beschrieben wird, werden in den folgenden Abschnitten 3.4 und 3.5 die einzelnen untersuchten Lösungen umfassend vorgestellt und bewertet. Die detaillierten Kostenermittlungen werden dann nicht mehr vollständig aufgeführt.

Lösung aus dem Bereich Neubau



Es wird eine klassische Abdichtungslösung mit bahnenförmiger Abdichtung betrachtet. Für die Abdichtung wird eine Bitumenschweißbahn G200 S4 zugrunde gelegt. Der detaillierte Aufbau der einzelnen Abdichtungsmaßnahmen kann Abb. 4 entnommen werden. Die Lösung ist der Broschüre „Radonschutzmaßnahmen. Planungshilfe für Neu- und Bestandsbauten“ des SMUL [9] entnommen.

Legende:

1. kapillarbrechende Kiesschicht, d = 20 cm
2. Sauberkeitsschicht, d = 8 cm
3. Perimeterdämmung XPS, d = 16 cm
4. Fundamentplatte, d = 35 cm
5. Hohlkehle
6. Vertikalabdichtung, G200 S4 (2-lagig)
7. KS-Mauerwerk, d = 24 cm
8. Horizontalabdichtung, G200DD
9. Fußbodenaufbau (nicht spezifiziert)

Abb. 4: Abdichtungslösung für einen unterkellerten Neubau (nach [9])

Zunächst wird geprüft, welche Schichten des Wand- und Fußbodenaufbaues für die Betrachtung der Mehrkosten für den Radonschutz relevant sind. In diesem Falle sind es alle Abdichtungsschichten (6) und (8), da mögliche Unterschiede in den Kosten in diesem Bereich zu erwarten sind. Alle anderen Schichten, wie die tragende Konstruktion (4) und (7), die Wärmedämmung (3), der Fußbodenaufbau (9) sowie der Unterbau unter der Bodenplatte und die Dämmung (1) und (2) sind in diesem Beispiel hinsichtlich des Radonschutzes nicht von Interesse. Ein weiterer, nicht in Bild 4 dargestellter Kostenposten, welcher in die Betrachtung einzuführen ist, ist die Ausführung der Mediendurchführungen durch die erdberührte Gebäudehülle.

Interessant ist, dass in anderen Betrachtungsfällen durchaus andere Bauteile bzw. Schichten relevant werden können. Z.B. wird für die Bewertung von Mehrkosten einer (zusätzlichen) Radondränage – wie sie als Lösung im Neubau als zusätzliche Sicherheitsmaßnahme diskutiert wird - die kapillarbrechende Kiesschicht (1) unterhalb der Bodenplatte für die Mehrkostenbetrachtung wichtig.

Nachdem geklärt ist, welche Schichten und Bauteile in die Betrachtung einzubeziehen sind, werden für die Einzelpositionen aus den Kalkulationsprogrammen [4] bis [8] die Preise einschließlich der möglichen Preisspanne (Von-Mittel- und Bis-Preise) entnommen und zusammengefasst. Dieser Schritt wird beispielhaft für das Sanierungsbeispiel dargestellt. Für das Beispiel aus dem Neubaubereich wird auf die Darstellung des ersten Schrittes verzichtet und es wird in der folgenden Tabelle 3 bereits der zweite Schritt wiedergegeben, in dem die ermittelten Einzelpreise mit den berechneten Mengen multipliziert werden. Im Ergebnis erhält man den Gesamtpreis für die betrachtete Maßnahme.

Tabelle 3: Preiskalkulation der Abdichtungsarbeiten für das gewählte Beispiel (nach[1] und [2])

Bauteil	Position	Menge	Einheit	Einzelpreis	Gesamtpreis
Kellerwand	Untergrund reinigen	119	m ²	1,30 €	154,70 €
	Bituminöser Voranstrich	119	m ²	3,20 €	380,80 €
	Bahnenabdichtung G200 S4, 2-lagig	238	m ²	13,72 €	3.265,36 €
	Summe Vertikalabdichtung				
Bodenplatte	Bodenplatte reinigen	100	m ²	1,70 €	176,00 €
	Bituminöser Voranstrich	112	m ²	2,60 €	294,56 €
	Bahnenabdichtung G200 S4, zweilagig	224	m ²	24,40 €	2.477,44 €
	Summe Horizontalabdichtung				
Übergänge	Hohlkehle, bituminös	40	m	6,90 €	289,20 €
	Verstärkung der Ecken	40	m	4,65 €	187,60 €
	Summe Übergänge				
Rohrdurchführung	Klebflansch	4.	Stck	107,18 €	428,72 €
GESAMTPREIS (NETTO)					7.654,38 €
19% MEHRWERTSTEUER					1.454,33 €
GESAMTPREIS (BRUTTO)					9.108,71 €

Somit sind für die Abdichtung unseres Referenzhauses in der unterkellerten Variante Kosten in Höhe von **ca. 9.100 Euro** zu erwarten. Dieser Wert kann nunmehr mit anderen Abdichtungslösungen verglichen werden (s. Abschnitt 3.4.2).

Lösungsbeispiel aus dem Bereich der Sanierung

Beispielhaft wird die Kostenkalkulation für einen Radonbrunnen, der unterhalb der Bodenplatte eines Bestandsgebäudes angeordnet wird, betrachtet. Dabei wird ein gemauerter Schacht (Mauerdicke 24 cm) mit den Grundrissabmessungen 1,0 mal 1,0 m und einer Tiefe von 0,50 m vorgesehen. Für die Unterdruckerzeugung wird ein Axiallüfter vorgesehen, welcher über ein Steigrohr ins Freie entlüftet. Die folgende Prinzipskizze verdeutlicht diese Lösung. Aus den Angaben in Tabelle 4 kann auf die detaillierte Bauausführung geschlossen werden.

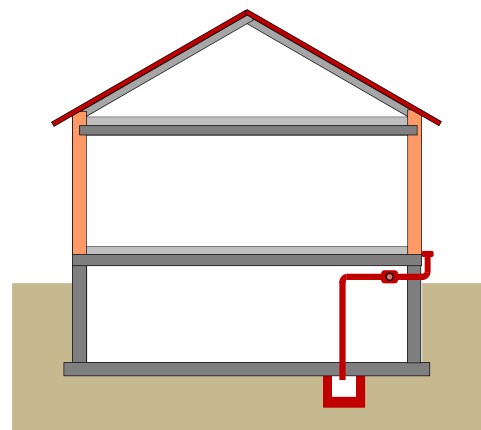


Abb. 5: Prinzipdarstellung des gewählten Beispiels mit innenliegendem Radonbrunnen
In Tabelle 4 sind beispielhaft für das gewählte Beispiel die gewählten Basiswerte für die Kostenkalkulation zusammengestellt.

Tabelle 4: Grundalgen für die Preiskalkulation für einen Radonbrunnen (nach [1] und [2])

Lfd. Nr.	Positionsbeschreibung	Einheit	Einheitspreis in € (Nettopreis)		
			von	Mittelwert	bis
1	Bodenplatte aus Stahlbeton schneiden Betonschnitte in Stahlbetonbodenplatte mittels Diamantsäge herstellen, einseitig. Ladegerecht zerkleinern und entsorgen	m ²	172,00	203,00	260,00
2	Bodenaushub Schacht innen Bodenaushub als Handaushub innerhalb des Gebäudes, einschl. evtl. erforderlicher Abstütz- und Verbauarbeiten	m ³	88,80	102,00	126,00
3	Sauberkeitsschicht aus Beton C 8/10, 10 cm dick Sauberkeitsschicht aus unbewehrtem Beton, Oberfläche ebnen	m ²	8,90	10,30	12,50
4	Filterschicht, Geotextil Sammelschicht mit Geotextil komplett ummanteln	m	5,80	7,10	9,20
5	Radonbrunnen mauern Radonbrunnen aus Mauersteinen herstellen, d=24 cm, Steine im Lochverband verlegen, Abmessung des Schachtes 1,0*1,0*0,5 m	m ²	49,54	57,88	68,26
6	Betonplatte *) Radonschacht mit Betonplatte als Fertigteil abdecken; Abmessungen: 10 cm dick, Größe 0,6*0,6 m	Stck		75,00	
7	Kernbohrung in Betonabdeckplatte Bohrung durch Betonabdeckplatte mit Diamantbohrgerät Durchmesser bis 10 cm	Stck	26,30	35,40	44,50
8	Rohrdurchführung in Betonplatte abdichten *) Beton an Kernbohrung säubern, Haftgrund auftragen und mit zweikomponentigem Dichtstoff schießen	Stck		14,00	
9	Rohrleitung (Steigrohr), PE-HD, DN 100 Rohr aus Kunststoff verlegen, incl. Muffen und Befestigungen	m	10,10	11,20	16,30
10	Winkelstück, PVS-Profil, DN 100 Winkelstück 87° aus Kunststoff für abknickende Leitung	Stck	9,80	12,60	16,80
11	Kernbohrung Mauerwerk Durchmesser 150 mm	Stck	27,90	36,30	47,60
12	Rohrdurchführung Mauerwerk abdichten *) Bohrwangen säubern, Haftgrund auftragen und mit zweikomponentigem Dichtstoff schließen	Stck		14,00	
13	Öffnung in Bodenplatte schließen Öffnung mit Beton schließen, einschl. Schalung und Bewehrung sowie erforderl. Ausbruch für Bewehrungsanschluss, Angleichen der Ränder und Entsorgung Bauschutt	Stck	38,90	44,30	51,40
14	Axial-Rohrventilator, DN 100, 280 m³/h Axial-Rohrventilator aus verzinktem Stahlblech mit systembedingten Zubehör sowie Verbindungs- und Befestigungsmaterial einbauen und anschließen	Stck	40,45	150,00	260,00
15	Rohrdurchführung Dichteinsatz *) Dichteinsatz (geteilt) gegen drückendes Wasser, gasdicht, bestehend aus zwei Platten aus Edelstahl und einer Gummiplatteneinlage aus EPDM, zum Einsetzen in Kernbohrung	Stck		109,33	
16	Dachhaube Dachhaube aus verzinktem Stahlblech für Abluftschacht einbauen	Stck	45,23	66,00	73,45

*) Preisangaben nicht aus SIRADOS bzw. BKI. Die entsprechenden Angaben sind Hersteller- oder Verarbeiterangaben.

Im nächsten Schritt werden die konkreten Mengen für das Beispiel ermittelt. Diese werden mit den in Tabelle 4 zusammengestellten Einheitspreisen multipliziert und zum Abschluss – wie bereits anhand des Beispiels für Neubaulösungen gezeigt – mit der Mehrwertsteuer multipliziert. Für die

Preisannahmen werden die Mittelwerte gewählt. Selbstverständlich wäre es auch möglich, die oberen Werte anzusetzen.

In der folgenden Tabelle 5 sind die Vorgehensweise und das Ergebnis zusammengestellt.

Tabelle 5: Preiskalkulation für einen innenliegenden Radonbrunnen (nach[1] und [2])

Lfd. Nr.	Positionsbeschreibung (Kurzfassung)	Menge	Einheit	Einzelpreis (aus Tab. 4)	Gesamtpreis
1	Bodenplatte aus Stahlbeton schneiden	0,49	m ²	203,00 €	99,47 €
2	Bodenaushub Schacht innen	1,15	m ³	102,00 €	117,30 €
3	Sauberkeitsschicht aus Beton C 8/10, 10 cm dick	0,43	m ²	10,30 €	4,43 €
4	Filterschicht, Geotextil	2,20	m	7,10 €	15,26 €
5	Radonbrunnen mauern	2,00	m ²	57,88 €	115,76 €
6	Betonplatte *)	1	Stck	75,00 €	75,00 €
7	Kernbohrung in Betonabdeckplatte	1	Stck	35,40 €	35,40 €
8	Rohrdurchführung in Betonplatte abdichten *)	1	Stck	14,00 €	14,00 €
9	Rohrleitung (Steigrohr), PE-HD, DN 100	15,00	m	11,20 €	168,00 €
10	Winkelstück, PVS-Profil, DN 100	1	Stck	12,60 €	12,60 €
11	Kernbohrung Mauerwerk	1	Stck	36,30 €	36,30 €
12	Rohrdurchführung Mauerwerk abdichten *)	1	Stck	14,00 €	14,00 €
13	Öffnung in Bodenplatte schließen	1	Stck	44,30 €	44,30 €
14	Axial-Rohrventilator, DN 100, 280 m ³ /h	1	Stck	150,00 €	150,00 €
15	Rohrdurchführung Dichteinsatz *)	1	Stck	109,33 €	109,33 €
16	Dachhaube	1	Stck	66,00 €	66,00 €
GESAMTPREIS (NETTO)					1.077,51 €
19% MEHRWERTSTEUER					204,73 €
GESAMTPREIS (BRUTTO)					1.282,24 €

Das Ergebnis weist für die komplette Anlage des Radonbrunnens somit ca. 1.280 € Gesamtkosten aus. Auch hierfür werden in den folgenden Abschnitten weitere Varianten betrachtet und verglichen.

3.4 Radonschutzmaßnahmen im Neubau

3.4.1 Abdichtung

Aus der Vielzahl möglicher Abdichtungslösungen sind für die Kostenbetrachtung solche ausgewählt worden, die im aktuellen Baugeschehen weit verbreitet sind.

- **Bitumenschweißbahn G200 S4:**

Für Abdichtungen gegen Bodenfeuchte werden Bitumenschweißbahnen in ein- oder zweilagiger Einbauformen angewendet. Durch vollflächige Verklebung auf dem Untergrund sowie im Überlappungsbereich wird eine ausreichende Wasserdichtheit im Lastfall „Bodenfeuchte“ erreicht. Sie gelten als nicht radondicht gegenüber Diffusion. Dieses Kriterium ist aber bekanntermaßen nicht geeignet, um einzuschätzen, ob eine Lösung im radonsicheren Bauen angewendet werden kann oder nicht, da zum Einen die Diffusionseigenschaften gegenüber der Konvektion eine nur sehr geringe Bedeutung für den Radonschutz haben und zum Anderen die Bahnen üblicher Weise im Verbund mit einer Wand oder Betonkonstruktion (Bodenplatte) wesentlich günstigere Ergebnisse erbringen dürften.

- **Kaltselfestklebende Bitumenschweißbahn (KSK):**

Diese Dichtungsbahn basiert auf einer reißfesten, zweifach kreuzlamierten Polyethylenfolie mit plastischer Bitumen-Kautschuk-Klebe- und Dichtmasse. Sie wird auf dem Voranstrich aus Bitumenlösung nach Herstellerangaben verlegt und vollflächig kalt verklebt.

Diese bauliche Lösung wird als radondicht bezeichnet. Die Bedenken, die gegen diese Eingruppierung vorzubringen sind, wurden von mir bei der vorhergehenden Lösung geäußert.

- **Radonschutzfolie:**

Radonschutzfolien bestehen meist aus mehreren Schichten PE-Folie mit einer Aluminiumbeschichtung. Diese werden einlagig lose verlegt, wobei Überlappungen nach Herstellerangaben durch Verkleben oder Verschweißen abzudichten sind. Für die Beispielrechnung wird eine hochreißfeste Radonschutzfolie mit eingelegtem Polyesterfasernetz und einer Aluminiumschicht (Dicke 0,02 mm) herangezogen. Stöße und Anschlüsse sind mit 15 cm Überlappung auszuführen. Die Abdichtung der Überlappungen erfolgt mit doppelseitigem Butylband (Dichtfunktion) und einem Acrylklebeband (mechanische Sicherung).

Achtung! Radonschutzfolien sind nicht notwendiger Weise für die Abdichtungen gegen Wasser zugelassen. Es ist also vor Anwendung zu prüfen, ob zusätzlich zur Radonschutzfolie eine weitere Abdichtungsbahn eingebaut werden muss. Sollte das der Fall sein, führt die Betrachtung der Radonschutzfolie zu deutlich höheren Baupreisen für das Abdichtungssystem.

- **Kunststoffmodifizierte Bitumendickbeschichtung (KMB):**

Kunststoffmodifizierte Bitumendickbeschichtungen sind pastöse, spachtel- oder spritzfähige Massen auf Basis kunststoffmodifizierter Bitumenemulsionen. Sie werden in ein- oder zweikomponentige Bitumendickbeschichtungen unterschieden. Für die Kostenermittlung kommt eine zweikomponentige Polymer-Bitumen-Emulsion mit Polystyrol Partikel-Füllung und Trockenmischung auf Zementbasis zum Einsatz. Die Ausführung erfolgt in zwei Schichten auf dem zuvor mit Bitumenvoranstrich behandeltem Untergrund.

Die Mindestdicke einer KMB beträgt 3mm, für die Eingruppierung als radondicht ist eine Mindestdrockendicke von 4mm erforderlich. Im Rahmen der Kostenbetrachtung werden diese beiden Dicken berechnet.

Die Abdichtungsnorm DIN 18195 bzw. 18533 lässt für den Lastfall „Erdfeuchte“ auch eine lose Verlegung der Abdichtung zu. Mit dieser Einbauart können gegenüber der Lösung mit Bitumenschweißbahn G200 S4 einige Positionen entfallen, wodurch die Kosten noch etwas reduziert werden könnten. Eine lose Verlegung ist aber auf keinen Fall luftdicht. Viele Handwerksfirmen lehnen zudem aus Gewährleistungsgründen diese Verlegeart ab. Unter Berücksichtigung der hier geschilderten Einschätzung der losen Verlegung wurde sie nicht in die Kostenbetrachtung einbezogen.

Neben der Abdichtungslösung ist für die Kostenbetrachtung die Ausführung der Mediendurchführung von großer Bedeutung. Diese sind im Rahmen der Diplomarbeiten noch nicht in der erforderlichen Tiefe untersucht worden. Für die folgende Kostenbetrachtung werden Erfahrungswerte aus der

Baupraxis einbezogen. Danach kann eine relativ einfache Wanddurchführung mit Kosten von 100 bis 120 Euro angenommen werden. Hierin sind alle Dichtungsanschlüsse und Anarbeitungen enthalten sowie ggf. erforderliche Flanschanbindungen, nicht aber die Herstellung von Bohrungen usw. Für hochwertige Lösungen, die auch gleichzeitig eine hohe Sicherheit gegenüber Radoneintritt gewährleisten, kommen Rohrdurchführungen von spezialisierten Anbietern zur Anwendung, die für Gas- und Wasserdichtheit zertifiziert sind. Bei Anwendung derartiger Lösungen muss mit Kosten von 600 bis 1.200 Euro gerechnet werden. Interessant ist aber, dass sogenannte Mehrspartenlösungen – das sind solche, bei denen mehrere Medien in einer Durchführung zusammengefasst werden - gegenüber einer Einzeldurchführung nur unwesentlich teurer sind, insgesamt also eine deutliche Kosteneinsparung ermöglicht wird.

In der folgenden Zusammenstellung der Kosten für die oben beschriebenen Abdichtungslösungen sind die Kosten für die Mediendurchführungen einheitlich angenommen worden. Für die Berechnung wird wiederum das Referenzhaus (unterkellert) nach Abbildung 3 zugrunde gelegt.

Tabelle 6: Kosten für die unterschiedlichen Lösungen für eine flächige Abdichtung und für die Abdichtung der Rohrdurchführungen

Abdichtungslösung	Kosten			Bemerkungen / Hinweise
	Netto	MWSt	Brutto	
Bitumenschweißbahn G200 S4, einlagiger Einbau	4.782,98 €	908,77 €	5.691,75 €	BASISLÖSUNG
Bitumenschweißbahn G200 S4, einlagiger Einbau	7.654,38 €	1.454,33 €	9.108,71 €	Beispiel aus Abschnitt 3.3.1
Selbstklebende Bitumenschweißbahn (KSK)	4.716,62 €	896,16 €	5.612,78 €	
Radonschutzfolie	4.762,67 €	904,91 €	5.667,58 €	
KMB, Trockendicke 3mm	6.697,50 €	1.272,53 €	7.970,03 €	
KMB, Trockendicke 4mm	7.722,42 €	1.467,26 €	9.189,68 €	

Bewertung der Ergebnisse:

- Die kostengünstigste Lösung (Bitumenschweißbahn G200 S4, 1-lagige Ausführung) wird als BASISLÖSUNG für die Betrachtung herangezogen.
- Vergleicht man die BASISLÖSUNG mit den weiteren untersuchten Aufbauten mit Selbstklebender Bitumenschweißbahn (KSK) und einer sogenannten Radonschutzfolien, kann kein signifikanter Kostenunterschied festgestellt werden. Die Unterschiede liegen bei minus 0,1 bzw. minus 1,4 % - und damit im Unschärfbereich der Kalkulation. Deutlich höhere Kosten werden – erwartungsgemäß – für die zweilagige Ausführung mit G200 S4 ermittelt, allerdings wird dadurch eine höhere Sicherheit erreicht.
- Die KMB-Abdichtungen sind insgesamt teurer gegenüber den Bahnenabdichtungen, ein Fakt, der durch Anbieter- und Verarbeiterfirmen bestätigt wurde. Nach den oben aufgeführten Ergebnissen der Kostenberechnung sind die Kosten für eine 3mm dicke KMB-Abdichtung gegenüber der BASISLÖSUNG immerhin um 40 % höher! Trotzdem hat sich diese Abdichtungsart auf Grund seiner günstigen Verarbeitungsmöglichkeit weitgehend durchgesetzt. Bei KMB wird für die Radonsicherheit eine Trockendicke der Abdichtung von mindestens 4 mm erforderlich. Dadurch erhöhen sich die Kosten nochmals um ca.15 %.

Resümee für Abdichtungslösungen im Neubau:

Unterschiede in den Kosten für die Abdichtung ergeben sich aus den gewählten Systemen. Mehrkosten für einen besonderen Radonschutz konnten für den Abdichtungsaufbau nicht nachgewiesen werden. Einschränkend muss gesagt werden, dass mit den untersuchten Lösungen nicht das gesamte Spektrum der Abdichtungssysteme erfasst wurde. Zu vermuten ist aber, dass sich durch die Untersuchung weiterer Lösungen kein grundsätzlich anderes Ergebnis ergibt.

Für **Durchdringungen der Gebäudehülle** müssen zum Erreichen einer geprüften Wasser- und Gasdichtheit hochwertige Einführungslösungen vorgesehen werden, durch die für das Beispielhaus gegenüber einer einfachen, beim Lastfall „Erdfeuchte“ möglichen Lösungen **Mehrkosten** entstehen, die deutlich **über 1.000 Euro bis etwa 2.000 Euro** liegen können. Das ist – bezogen auf die Gesamtkosten eines Neubaus (hier mit etwa 300.000 bis 400.000 Euro angenommen) – eine Kostensteigerung von 0,3 bis 0,4%.

3.4.2 Radondränge als Sicherheit

In einigen Ländern ist es üblich oder wird empfohlen, unterhalb der Bodenplatte im Neubau eine zusätzliche Radondränge einzubauen. Diese soll im Falle einer fehlerhaften Abdichtung und in dessen Folge des Nichterreichens der Radonschutzziele aktiviert werden, um durch Bodenluftabsaugung unterhalb der Bodenplatte eine Unterdrucksituation zu erhalten, die den konvektiven Lufteintritt aus dem Boden ins Gebäude unterbindet. Über die Sinnhaftigkeit dieser Lösung soll hier nicht diskutiert werden. Vielmehr wird der Frage nachgegangen, welche Mehrkosten sich durch die zusätzliche Dränge ergeben.

Ein prinzipieller Aufbau dieser Lösung ist in Abbildung 6 dargestellt:

In der Tabelle 7 werden die Schichten beschrieben und die Einheitspreise aufgeführt.

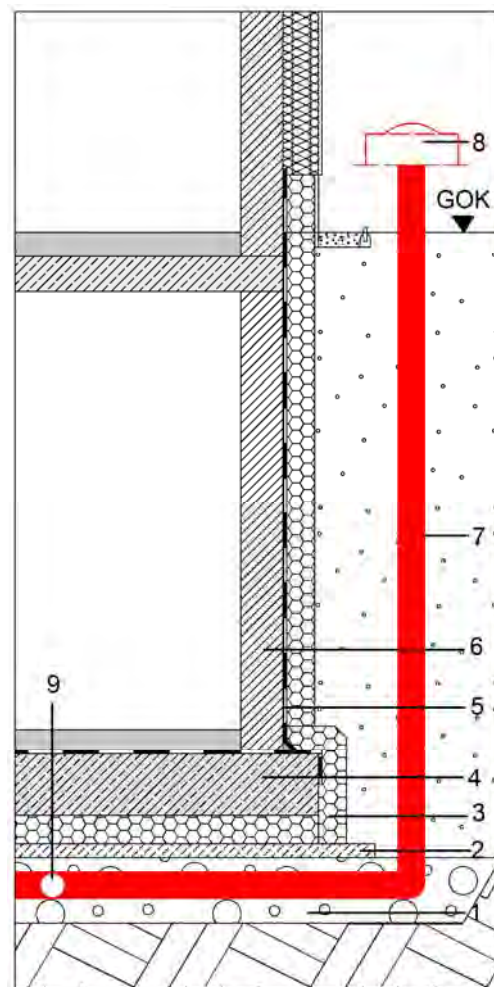


Abb. 6: Aufbau einer Radondränge
(nach [2] und [9])

Tabelle 7: Bezeichnung der Schichten bzw. Positionen einschließlich der verwendeten Einheitspreise

Lfd. Nr.	Positionsbeschreibung	Spezifizierung	Einheitspreis	Bemerkungen / Hinweise
1	Kapillarbrechende Kies-Schotterschicht	d = 30 cm	110 €/m³	In [1] und [2] ist für diese Position ein deutlich niedriger Wert verwendet worden (41,6 €/m ³). Eigene Recherchen sowie Hinweise aus der Baupraxis haben ergeben, dass hier ein Preis von 100 bis 120 €/m ³ realistisch ist.
2	Sauberkeitsschicht mit bituminösen Voranstrich	d = 8 cm		„Sowieso-Kosten“, also solche, die unabhängig von der Anordnung einer Radondränage anfallen. Diese sind für die Betrachtung der Mehrkosten für den Einbau einer Radondränage nicht erforderlich.
3	Perimeterdamung	d = 16 cm		
4	Fundamentplatte	d = 30 cm		
5	Abdichtung			
6	Kellerauenwand			
7	Steigrohr DN 100	Ø 100 mm	11,20 €/lfd. m	In erster Ausbaustufe nicht eingebaut
8	Entlufungshaube (wetterfest)		66,00 €/Stk	In erster Ausbaustufe nicht eingebaut
9	Perforiertes Dränagerohr	Ø 100 mm	6,95 €/lfd. m	Verlegevarianten s. Abb. 7 und 8
Weitere Kostenpositionen (nicht auf Abb. 6 dargestellt bzw. gekennzeichnet)				
	Axial-Rohrventilator DN100, 170 m ³ /h		142,00 €/Stk.	In erster Ausbaustufe nicht eingebaut
	maschineller Baugrubenaushub		26,00 €/m³	Einschl. Abtransport der Aushubmassen

Für die Verlegung der Dränagerohre werden zwei Lösungen betrachtet (Abb. 7 und 8):

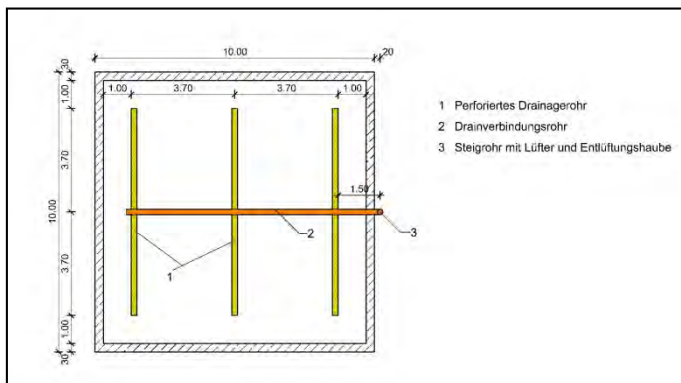


Abb.7: Verlegung der Dränagerohre mit mittig angeordnetem Sammelrohr (nach [8])

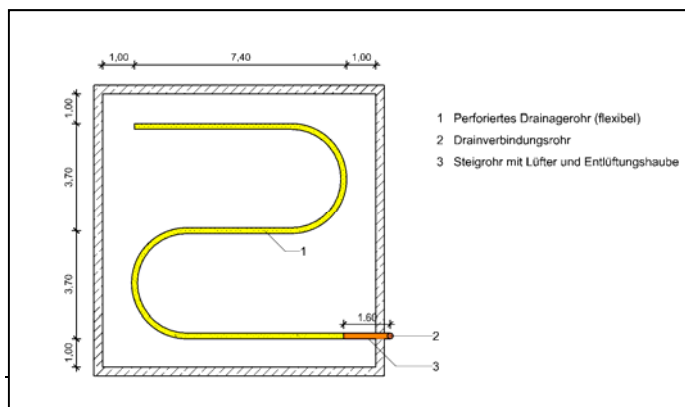


Abb.8: Verlegung mit flexiblem Dränagerohr (nach [1])

In Ergänzung zu der Zusammenstellung in Tabelle 7 und den Lösungen nach Abb. 7 und 8 werden die folgenden Kalkulationsgrundlagen herangezogen:

- Die sehr einfache Verlegung nach Abb.8 ist bei Bauvorhaben in der Schweiz mit gutem Erfolg angewendet worden. Für die Kalkulation werden beide Varianten betrachtet.
- Zum Schutz vor dem Zusetzen der Dränagerohre werden diese mit einem Filtervlies vollständig ummantelt. Des Weiteren werden noch Verschlusskappen für die Dränrohre in der erforderlichen Anzahl berücksichtigt.
- Berücksichtigung der kapillaren Kiesschicht: In der Regel wird diese, wenn keine Flächendränage vorgesehen ist, bei der in Abb. 6 dargestellten Lösungen nicht eingebaut, Üblicherweise wird stattdessen eine etwa 10 cm dicke Kiesschüttung unter der Sauberkeitsschicht vorgesehen. Für die Kalkulation der Mehrkosten werden hinsichtlich der kapillaren Kiesschicht zwei Varianten betrachtet:
 - a. Es wird die Vergrößerung der Schichtdicke (20 cm) eingerechnet. Gleichzeitig muss in diesem Falle zusätzlich der vergrößerte Baugrubenaushub berücksichtigt werden.
 - b. In der zweiten Variante wird davon ausgegangen, dass die Dränageschicht ohnehin vorgesehen ist. In diesem Falle reduzieren sich die Mehrkosten auf die Verlegung der Dränageleitung in der Kies- bzw. Schotterschicht.
- Da wir hier eine Sicherheitsmaßnahme zur Vorbereitung eines Unterdrucksystems betrachten, welches nur in sehr seltenen Fällen tatsächlich zum Einsatz kommt, wird in der Regel lediglich die Flächendränage eingebaut und der Einbau von Steigleiter einschl. Lüfter lediglich vorbereitet. Insofern werden diese Bauteile für die Ermittlung der Mehrkosten im Neubau nicht mit erfasst.

Tabelle 8: Kosten für die Varianten einer zusätzlichen Radondränage im Neubau

VARIANTENKOMBINATION	Mit Kosten für zusätzlichen Baugrubenaushub und kapillarbrechende Kiesschicht	Ohne Kosten für zusätzlichen Baugrubenaushub und kapillarbrechende Kiesschicht
Variante 1.1: Dränageverlegung nach Abb. 7, Gebäude unterkellert	5.452 *)	549 €
Variante 1.2: Dränageverlegung nach Abb. 7, Gebäude nicht unterkellert	5.190 €	549 €
Variante 2.1: Dränageverlegung nach Abb. 8, Gebäude unterkellert	5.272 €	369 €
Variante 2.2: Dränageverlegung nach Abb. 8, Gebäude nicht unterkellert	5.009 €	369 €

*) Alle Werte dieser Tabelle sind auf ganze Euro gerundete Bruttopreise

Wird die Radondränage zu einem späteren Zeitpunkt tatsächlich in Betrieb gebracht, müssen noch alle baulichen Maßnahmen ergänzt werden, die für die Erzeugung des Unterdruckes im Leitungssystem verantwortlich sind. Hierfür wurden die in Tabelle 9 zusammengestellten Lösungen betrachtet. Neben den Kostenpositionen aus Tabelle 7 ist zusätzlich der Erdaushub zum Anschluss der Dränage an die Steigrohre zu berücksichtigen.

Tabelle 9: Kosten für die spätere Komplettierung der Radondränage

VARIANTE	Gesamtkosten (Bruttowert)
Variante a: Unterkellertes Gebäude, mechanische Unterdruckerzeugung • Variante entspricht Bild 6 -	840 €
Variante b: Unterkellertes Gebäude, natürlicher Auftrieb, ohne mechanische Unterstützung zur Unterdruckerzeugung • Angenommene Steighöhe 15 m -	781 €
Variante c: Nichtunterkellertes Gebäude, mechanische Unterdruckerzeugung	421 €
Variante e: Nichtunterkellertes Gebäude, natürlicher Auftrieb, ohne mechanische Unterdruckerzeugung • Angenommene Steighöhe 12 m -	356 €

Die Ermittlungen zum Einbau einer zusätzlichen Dränage unter der Bodenplatte haben zu erstaunlichen, so nicht erwarteten Ergebnissen geführt. Eine klare Aussage lässt sich ableiten, dass die Kosten für diese Maßnahme in allererster Linie davon abhängig sind, ob eine kapillarbrechende Dränageschicht unterhalb der Bodenplatte vorgesehen ist oder ob diese zusätzlich geplant werden muss. Philip Bühlow kommt in [1] in seiner Kalkulation für die Kombination von Var. 1.1 aus Tabelle 8 und Variante a aus Tabelle 9 auf einen Wert von **1.372 €** gegenüber hier ermittelten **6.292 €**. Dieser Unterschied ist eklatant und bedarf einer genaueren Analyse.

Wie bereits weiter oben erkannt, ergeben sich die sehr hohen Kosten durch den zusätzlichen Erdaushub und den Einbau der kapillarbrechenden Schicht, sodass es ausreicht, sich auf diese beiden Positionen in der Analyse zu konzentrieren.

Sowohl die Einheitspreise für den Erdaushub als auch für den Einbau der kapillarbrechenden Schicht weichen deutlich voneinander ab, wie der folgende Vergleich zeigt:

Position	Kosten- und Mengenansatz	Kosten- und Mengenansatz
	in [1]	in diesem Artikel
Kostenansatz für Baugruben- Aushub einschl. Abtransport	19,93 €/m ³	46,1 €/m ³
Kosten für Einbau kapillarbrechende Kiesschicht	7,01 €/m ³ (!)	110,0 €/m ³
(zusätzlicher) Baugrubenaushub	17,67 m ³	46,1 m ³

Die drei hier aufgeführten Wertepaare zeigen eindeutig die unterschiedlichen Kalkulationsansätze und erklären damit die weit voneinander entfernt liegenden Ergebnisse.

Resümee für zusätzliche Dränage im Neubau:

Diese Maßnahme lässt sich kostenmäßig nur dann rechtfertigen, wenn ohnehin der Einbau einer kapillarbrechenden Kiesschicht geplant ist.

Zu diskutieren wäre noch, inwieweit die Kostenansätze für Baugrubenaushub sowie kapillarbrechende Kiesschicht reduziert werden können.

3.4.3 Zusammenfassung der Kostenbetrachtungen für radonsicheres Bauen im Neubau

Für die Abdichtungslösungen konnte die allgemeine Meinung bestätigt werden, dass eine radonsichere Bauausführung zu keiner relevanten Kostensteigerung führt. Die Rohrdurchführungen erfordern zur Realisierung einer gasdichten Ausführung allerdings hochwertige Einbauteile, die ansonsten in der Baupraxis in erster Linie bei drückendem Wasser angewendet werden.

Mögliche Mehrkosten für die Abdichtung sind also in erster Linie im Bereich der Durchführung von Medien durch die erdberührte Gebäudehülle zu erwarten. Es wird vorgeschlagen, hier verstärkt Mehrsparteneinführungen vorzusehen, da dadurch zum Einen die Mehrkosten reduziert werden können, zum Anderen ergibt die Reduzierung der Durchführungen eine Erhöhung der Sicherheit der Lösung.

Der Einbau zusätzlicher Dränagen unterhalb der Bodenplatte ist aus Kostenerwägungen nur dann sinnvoll, wenn eine genügend dicke Kies-Dränageschicht ohnehin vorgesehen ist.

3.5 Radonschutzmaßnahmen in der Gebäudesanierung

3.5.1 Überblick über die Lösungen

Um die Radonkonzentration in Bestandsgebäuden nachhaltig senken zu können, werden in erster Linie solche Lösungen angewendet, die die Luft unterhalb und neben der erdberührten Gebäudehülle absaugen und somit das konvektive Einströmen radonhaltiger Bodenluft in das Gebäude unterbinden. Parallel dazu werden abdichtende Maßnahmen angewendet, allerdings wird man allein mit der Abdichtung von Wänden und Bodenbereich die Radonkonzentration in der Raumluft nicht maßgeblich senken können.

Insgesamt werden die folgenden Lösungen angewendet:

- Partielle Abdichtung offensichtlich vorhandener Leckagen in der Gebäudehülle
- Absaugung über einen Radonbrunnen
- Absaugung über eine Radondränage
- Hohlraum- und Zwischenbodenabsaugung

Die Absaugung kann aktiv, das heißt, mit Einsatz eines Lüfters oder passiv, das heißt durch Ausnutzung des natürlichen Auftriebs erfolgen.

Die Partielle Abdichtung lässt sich kostenmäßig schwer verallgemeinern, da hier die örtliche Situation, die Größe der Schäden, aber auch die vorhandenen Konstruktionen und Baumaterialien wesentlich die gewählte Lösung und auch die Kosten beeinflussen. Diese Maßnahme wird deshalb im Weiteren nicht untersucht.

3.5.2 Vergleich aktive und passive Absaugung

Im Abschnitt 3.4.2 sind diese beiden Lösungen bereits betrachtet worden. Im Folgenden sollen diese beiden Lösungen direkt gegenüber gestellt werden. Betrachtet wird eine Lösung mit einer punktuellen Absaugung mittig unter dem Gebäude (z.B. aus einem Radonbrunnen). Für die passive Lösung wird der Kamineffekt genutzt. Je größer der Höhenunterschied zwischen unterer Basisebene und dem oberen Ende ist, umso größer fallen der Kamineffekt und damit die Funktionsfähigkeit der Lösung aus. Für den Vergleich wird das unterkellerte Referenzhaus (Abb. 3) herangezogen. In Abb. 9 sind die beiden Lösungen prinzipiell dargestellt.

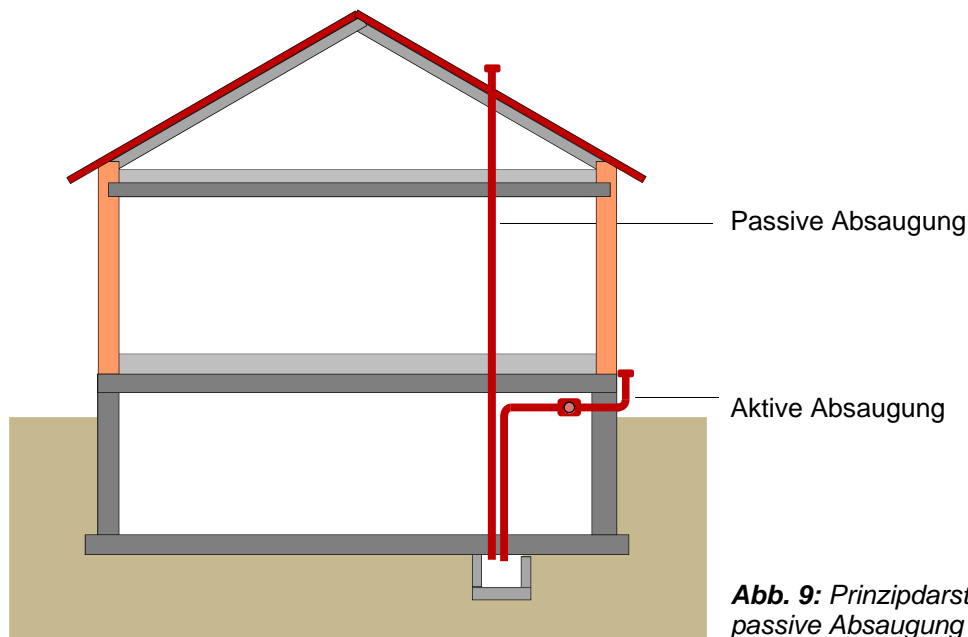


Abb. 9: Prinzipdarstellung aktive und passive Absaugung

Wand- und Deckendurchbrüche sowie Winkelstücke und weiteres Zubehör bleiben in der folgenden Berechnung unberücksichtigt, da deren Anzahl und Anordnung stark durch die örtlichen Verhältnisse bestimmt sind.

Tab. 10: Vergleich zwischen aktiver und passiver Abführung

Lfd. Nr.	Bezeichnung	Einheitspreis	Menge	Passive Lösung		Aktive Lösung	
				Menge	Einzelpreis	Menge	Einzelpreis
1	Rohrleitung PE-HD, DN 100	11,20 €	Lfd. m	-	-	7,50	84,00 €
2	Rohrleitung PE-HD, DN 200	28,88 €	Lfd. m	10	288,80 €	-	-
3	Radialventilator, 100 mm, 170 m³/h	150,00 €	Stk	-	-	1	150,00 €
4	Entlüftungshaube	19,20 €	Stk	1	19,20 €	1	19,20 €
GESAMTPREIS (NETTO)					308,00 €		253,20 €
19% MEHRWERTSTEUER					58,52 €		48,10 €
GESAMTPREIS (BRUTTO)					366,52 €		301,30 €

Der Vergleich in Tabelle 8 zeigt, dass die Errichtungskosten für die beiden gewählten Varianten nur unwesentlich voneinander abweichen. Zu berücksichtigen ist hier aber, dass der Betrieb des Ventilators laufende Kosten verursacht, die nach einer überschläglichen Berechnung etwa 125 Euro/Jahr betragen.

3.5.3 Radonbrunnen

Aus der Vielzahl möglicher Lösungen für den Radonbrunnen wurden drei typische Bauformen ausgewählt, für die die Kosten ermittelt wurden:

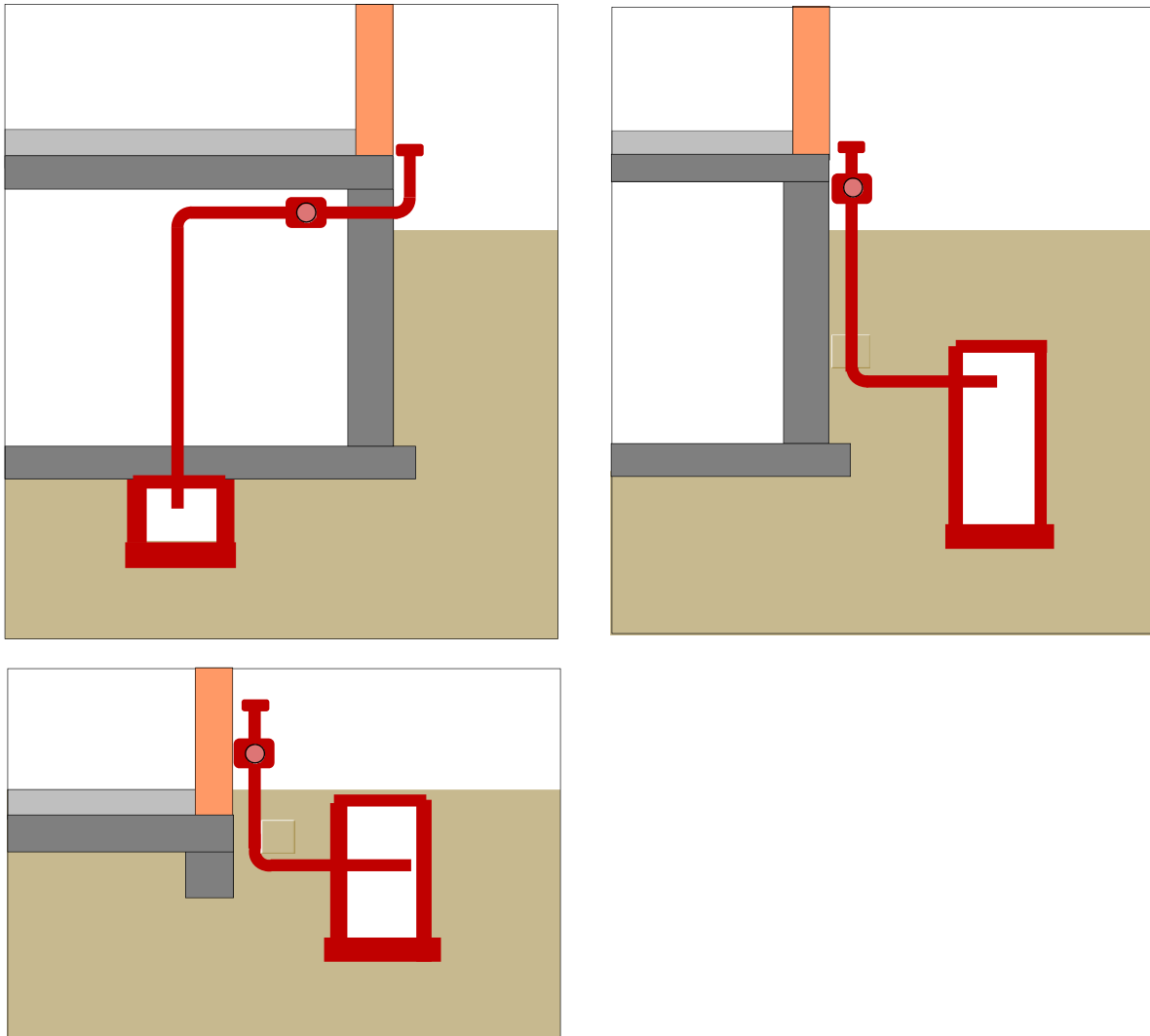


Abb. 10 (links oben): Radonbrunnen unterhalb der Bodenplatte, unterkellertes Gebäude

Abb. 11 (rechts oben): Radonbrunnen außerhalb des Gebäudes, unterkellertes Gebäude

Abb. 12: (links unten): Radonbrunnen außerhalb des Gebäudes, nichtunterkellertes Gebäude

Für die Lösung in Abb.10 ist die Kostenbestimmung bereits in Abschnitt 3.3.1 (Tabellen 4 und 5) ausführlich beschrieben worden. Analog wird auch für die Lösungen nach Abb. 11 und 12 die Kostenermittlung vorgenommen.

Für die Radonbrunnen werden die folgenden Innenabmessungen zugrunde gelegt:

- Var. 1: 1,00 * 1,00 m, Tiefe 0,5 m
- Var. 1, optimierte Lösung: 0,50 * 0,50 m, Tiefe 0,5 m
- Var. 2: 1,00 * 1,00 m, Tiefe 2,00 m (Überschüttung ca. 1,00 m)
- Var. 3: 1,00 * 1,00 m, Tiefe 1,20 m
- Var. 3, optimierte Lösung: 0,50 * 0,50 m, Tiefe 1,20 m

Tab. 11: Kosten für die untersuchten Radonbrunnen

VARIANTE	Gesamtkosten (Bruttowert)
Var. 1: Radonbrunnen unterhalb der Bodenplatte, unterkellertes Gebäude BEISPIELLÖSUNG ABSCHNITT 3.3.1	1.282 €
Var. 1 (optimierte Lösung): Radonbrunnen unterhalb der Bodenplatte, unterkellertes Gebäude mit reduzierten Schachtabmessungen	1.088 €
Var. 2: Radonbrunnen neben dem Gebäude, unterkellertes Gebäude	1.556 €
Var. 3: Radonbrunnen neben dem Gebäude, nicht unterkellertes Gebäude	1.118 €
Var. 3: Radonbrunnen neben dem Gebäude, nicht unterkellertes Gebäude mit reduzierten Schachtabmessungen	822 €

Die gewählten Beispiele zeigen eine große Bandbreite der Kosten. Eine Analyse führt zu folgenden Schlussfolgerungen:

- Die Größe und Ausbildung des Schachtes hat großen Einfluss auf die Kostenhöhe. Um die Kosten reduzieren zu können, sind die folgenden Möglichkeiten ins Auge zu fassen:
 - Kleine Abmessungen des Schachtes und vor allen Dingen geringe Aushubtiefe sind anzustreben
 - Wie Dr. Luigi Minach in seinem Beitrag auf dem Radontag 2010 [10] vorgestellt hat, können auch sehr einfache Konstruktionen als Radonbrunnen dienen, die dann auch mit deutlich reduzierten Kosten ausgeführt werden können.
- Der angenommene Lüfter ist mit einem Preis von 150 Euro relativ teuer und mit einer Leistung von 280 m³/h relativ groß dimensioniert. Dr. Marcus Hoffmann hat in seinem Beitrag auf dem Radontag 2011 [11] gezeigt, dass in vielen Fällen Ventilatoren mit relativ geringer Leistung sehr gute Ergebnisse bringen können. Das ist dadurch begründet, dass bereits sehr geringe Druckunterschiede zwischen Gebäude und Erdreich dazu führen, dass der konvektive Strom umgekehrt wird und vom Gebäude ins Erdreich verläuft.

Eine besonders kostengünstige Lösung eines Radonbrunnens ist die punktuelle Absaugung. Hierbei wird ein Absaugrohr per Kernbohrung durch die Bodenplatte in die kapillarbrechende Schicht geführt und mit einer Ringraumabdichtung abgedichtet (s. Abb. 13). Ph. Bühlow hat in seiner Diplomarbeit für die in Abb. 13 dargestellte Lösung Gesamtkosten in Höhe von **514 Euro (Brutto)** errechnet.

Bedingung für die Funktionsfähigkeit dieser Lösung ist ein gut durchlässiges Erdreich.

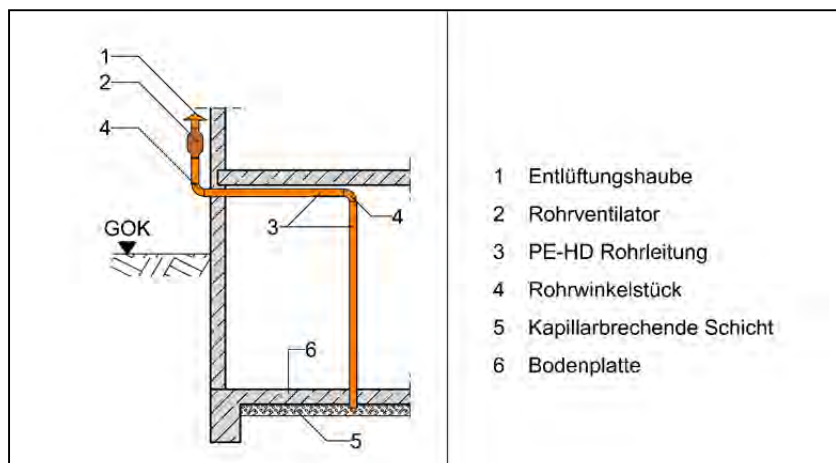


Abb. 13: Punktuelle Absaugung unter der Bodenplatte (nach [1])**Resümee für Radonbrunnen:**

Da es für Radonbrunnen eine Vielzahl von Lösungen und Einbauorte gibt, sind Verallgemeinerungen aus den vorgestellten Beispielen schwer möglich.

Die ermittelten Kosten zwischen ca. 514 und 1560 Euro zeigen eine große Bandbreite der Kosten an.

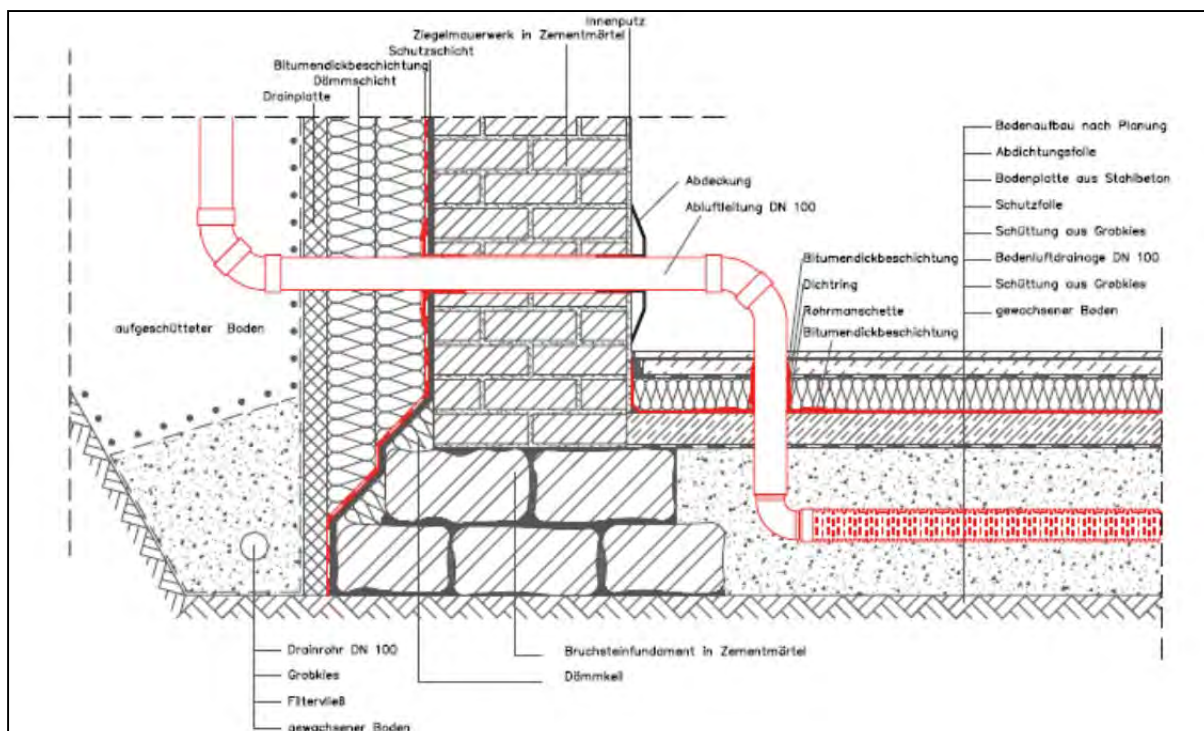
Einen großen Einfluss auf die Kosten hat die bauliche Lösung des Radonbrunnens. Wie in den Schlussfolgerungen erläutert, sind hier durchaus noch deutlich kostengünstigere Lösungen möglich, sodass eingeschätzt werden kann, dass auch Radonbrunnen mit deutlich unter 800 Euro errichtet werden können.

Die zweifellos kostengünstigste Lösung einer punktuellen Absaugung besteht in der direkten Absaugung der Bodenluft, wie es beispielhaft in Abb. 13 dargestellt ist.

Eine interessante Frage ist, ob ein Radonbrunnen mit aktiver oder passiver Unterdruckerzeugung angewendet werden sollen. Gegen passive Lösungen spricht deren Abhängigkeit der Wirkung von den klimatischen Bedingungen, deren Einfluss aber durch eine hohe Steighöhe der Luftsäule entgegengewirkt werden kann. Für die passive Lösung spricht, dass diese keine laufenden Kosten für den Lüfterbetrieb verursachen. Zudem haben neuere Untersuchungen aus Österreich gezeigt, dass die Zuverlässigkeit von Lüftern im Dauerbetrieb nicht gewährleistet ist.

3.5.4 Radondränge

Auf die prinzipielle Ausbildung einer Radondränge wurde bereits im Abschnitt 3.4.2 eingegangen. Für Gebäudesanierungen ist als Besonderheit zu sehen, dass diese Bauform als Flächendränge immer im Zusammenhang mit dem Einbau einer neuen Bodenplatte, zumeist mit Abdichtung, und Wärmedämmung angewendet wird. Das heißt also, dass die Anwendung von Radondrängen im Zusammenhang mit komplexen Gebäudesanierungen durchaus sinnvoll ist. Ein entsprechendes Beispiel hat D. Marz [12] in seiner Diplomarbeit entwickelt (Abb.14).

**Abb. 14:** Beispiel für den nachträglichen Einbau einer Radondränge im Zusammenhang mit einer komplexen Gebäudesanierung (nach [12])

Für diese Lösung ergibt sich der – leicht modifizierte Schichtenaufbau – wie folgt:

- 2 cm Fußbodenaufbau (z.B. Fliesen)
 - 5 cm Zementestrich
 - Abdeckfolie
 - 12 cm Wärmedämmung
 - 1 cm Horizontale Abdichtung nach DIN 18195 bzw. 18533
 - 12 cm Stahlbetonplatte
 - 5 cm Sauberkeitsschicht
 - 25 cm kapillarbrechende Kiesschicht mit Radondränge
-
- 62 cm Gesamtdicke

Für die Kostenermittlung werden zum Teil die bereits erläuterten Werte aus Tabelle 7 herangezogen, ergänzt durch weitere Positionen

Tabelle 12: Kalkulationsgrundlage für den Schichtenaufbau nach Abb. 14 (ohne Fußbodenaufbau)

Lfd. Nr.	Positionsbeschreibung	Spezifizierung	Einheitspreis	Bemerkungen / Hinweise
1	Abbruch der Bestandskonstruktion (bis 60 cm dicke), Entsorgung und Wiederaufbau einer neuen Betonsohle, Sauberkeitsschicht und Kiespackung		238 €/m²	Nach [13], Seite 73;.
2	Kapillarbrechende Kies-Schotterschicht	d = 15 cm	110 €/m³	Die kapillarbrechende Kiesschicht ist teilweise in Lfd. Nr. 1 enthalten, deshalb geringere Dicke angenommen.
3	Perforiertes Dränrohr	Ø 100 mm	6,95 €/lfd. m	Verlegevarianten s. Abb. 7 und 8
4	Horizontalabdichtung		28,70 €/m²	Aus Tabelle 3
5	Drän-Verschlusskappen		4,84 €/Stk	
6	Übergang Drän- zu Verbindungsleitung		12,98 €/Stk	
7	Dranverbindungsleitung		10,62 €/m	
8	Perimeterdämmung	d = 12 cm	28 €/m²	
9	Kernbohrung Mauerwerk		72,00 €/Stk	
10	Rohrdurchführung, Dichteinsatz		109,33 €/Stk	
11	Steigrohr DN 100	Ø 100 mm	11,20 €/lfd. m	
12	Winkelstück DN 100		12,60 €/Stk	
13	Axial-Rohrventilator DN100, 170 m ³ /h		142,00 €/Stk.	
14	Entluftungshaube (wetterfest)		66,00 €/Stk	

Mit den hier zusammengestellten Kalkulationsgrundwerten werden am Beispiel des unterkellerten Musterhauses die Kosten für den Neuaufbau des Kellerfußbodens mit Einbau einer Radondränge ermittelt.

Table 13: Kalkulation für den Einbau einer Radondränge im Altbau und im Zusammenhang mit einer komplexen Sanierung (nach [1] und [2] sowie eigenen Ermittlungen)

Lfd. Nr.	Positionsbeschreibung (Kurzfassung)	Menge	Einheit	Einzelpreis (aus Tab. 12)	Gesamtpreis
1	Abbruch der Bestandskonstruktion (bis 60 cm dicke), Entsorgung und Wiederaufbau einer neuen Betonsohle, Sauberkeitsschicht und Kiespackung	100	m ²	238,00 €/m ²	23.800,00 €
2	Kapillarbrechende Kies-Schotterschicht	15	m ³	110,00 €/m ²	1.650,00 €
3	Perforiertes Dränrohr	25,4	m	6,95 €/m	176,53 €
4	Horizontalabdichtung	105	m ²	28,70 €/m ²	3.013,50 €
5	Drän-Verschlusskappen	2	Stk	4,84 €/Stk	9,68 €
6	Übergang Drän- zu Verbindungsleitung	1	Stk	12,98 €/Stk	12,98 €
7	Dranverbindungsleitung	1,50	m	10,62 €/m	15,93 €
8	Perimeterdämmung	100,00	m ²	28,00 €/m ²	2.800,00 €
9	Kernbohrung Mauerwerk	1	Stk	72,00 €/Stk	72,00 €
10	Rohrdurchführung, Dichteinsatz	1	Stk	109,33 €/Stk	109,33 €
11	Steigrohr DN 100	12	m	11,20 €/lfd. m	134,40 €
12	Winkelstück DN 100	1	m	12,60 €/Stk	12,60 €
13	Axial-Rohrventilator DN100, 170 m ³ /h	1	Stk	142,00 €/Stk.	142,00 €
14	Entlufungshaube (wetterfest)	1	Stk	66,00 €/Stk	66,00 €
GESAMTPREIS (NETTO)					32.014,95 €
19% MEHRWERTSTEUER					6.082,84 €
GESAMTPREIS (BRUTTO)					38.097,79 €

Die hohen Kosten für den Einbau einer Radondränge sind ein Grund, warum eine solche Ausführung relativ selten realisiert wird. Die gelb hinterlegten Felder sind dabei Radonschutzmaßnahmen und machen mit **2.860 €** lediglich 7,5 % der Gesamtkosten aus.

Resümee für Radondrängen:

Im Rahmen dieses Artikels konnten nur einige wenige Lösungen gezeigt werden. Auf Grund der vergleichsweise hohen Kosten für das Gesamtpaket des Einbaus einer Radondränge ist diese als Einzelmaßnahme nicht zu empfehlen und kommt deshalb in erster Linie dort zur Anwendung, wo ohnehin eine Komplettsanierung vorgesehen ist.

3.5.5 Hohlraumabsaugung

Unter dieser Bezeichnung werden alle Lösungen zusammengefasst, in denen aus vorhanden oder neu angelegten Hohlräumen Luft abgesaugt wird. Diese Hohlräume müssen direkten Kontakt zum Erdreich haben und zum Gebäude hin abgedichtet sein. Die Funktionsweise ist der eines Radonbrunnens vergleichbar. Insofern kann hier auch sowohl eine passive als auch aktive Unterdruckerzeugung (s. Abschnitt 3.5.2) zum Einsatz kommen. Können vorhandene Hohlräume genutzt werden, reduzieren sich die baulichen Aufwendungen z.B. gegenüber der Anlage eines Radonbrunnens, weswegen diese Maßnahmen i.A. sehr kostengünstig zu realisieren sind.

Bauliche Konstellationen für die Anlage einer Hohlraumabsaugung sind z.B.

➤ Kriechkeller

Vor allen Dingen um 1900, aber in Einzelfällen auch in späteren Jahren, wurden sogenannte Kriechkeller vorgesehen, die vor allen Dingen die Feuchte aus dem Erdreich von den darüber liegenden Wohnräumen abhalten sollte, aber auch für andere Funktionen (z. B. Medienführung) genutzt worden sind. Eine Lösung ist als Prinzipdarstellung in Abb. 15 wiedergegeben. Aber auch ein „normaler“ Keller, der keine Bodenplatte zum Erdreich hat (also keinen luftdichten Abschluss), kann für die Luftabsaugung genutzt werden, wenn dieser Raum luftdicht zum weiteren Gebäude abgeschlossen ist. Ph. Bühlow hat in seiner Diplomarbeit [1] die Kosten für verschiedene Lösungen der untersucht und für diese die Kosten ermittelt.

➤ Direkte Luftabsaugung

Eine sehr einfache Lösung ist die direkte Luftabsaugung aus dem Kriechkeller. Diese Variante ist als Prinzipdarstellung in Abb. 15 wiedergegeben.

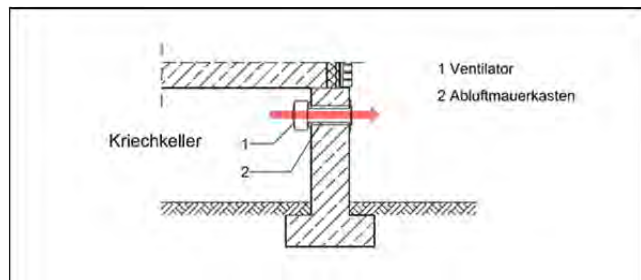


Abb. 15: Prinzipdarstellung für die Entlüftung eines Kriechkellers (nach [1])

Für diese Lösung werden in der folgenden Tabelle 14 die Kosten zusammengestellt.

Tab. 14: Kostenkalkulation direkte Unterdruckerzeugung in einem Hohlraum/Kriechkeller

Lfd. Nr.	Positionsbeschreibung (Kurzfassung)	Menge	Einheit	Einzelpreis	Gesamtpreis
1	Kernbohrung durch Wand	1	Stk	44,61 €/Stk	44,61 €
2	Abluftmuerkasten, ABS Kunststoff, DN 100	1	Stk	30,70 €/Stk	30,70 €
3	Radialrohrventilator 100 mm, 170 m ³ /Std	1	Stk	142,30 €/Stk	142,30 €
GESAMTPREIS (NETTO)					217,61 €
19% MEHRWERTSTEUER					41,35 €
GESAMTPREIS (BRUTTO)					258,96 €

➤ Querlüftung als freie Lüftung

In dieser Lösung wird der aufs Gebäude einströmende Wind durch Einbau von Zu- und Abluftventilen kanalisiert und verstärkt (Abb. 16). Diese sehr preiswerte Lösung ist allerdings davon abhängig, ob Wind anliegt. Bei Windstille oder sehr geringer Windgeschwindigkeit funktioniert diese Lösung nicht oder nur sehr eingeschränkt.

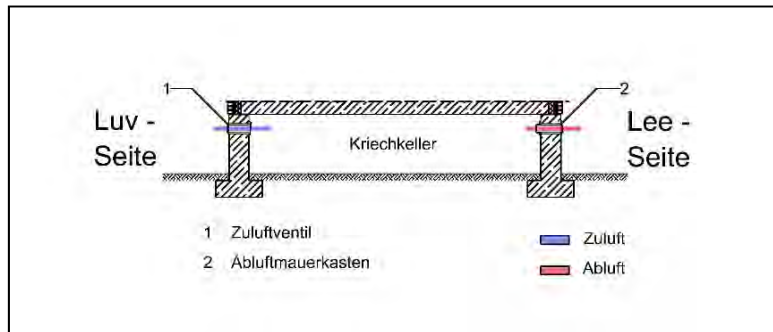


Abb. 16:
Prinzipdarstellung
Belüftung Kriechkeller
(nach [1])

Tab. 15: Kostenkalkulation direkte freie Querlüftung

Lfd. Nr.	Positionsbeschreibung	Menge	Einheit	Einzelpreis	Gesamtpreis
1	Kernbohrung durch Wand	5	Stk	44,61 €/Stk	223,05 €
2	Zuluftventil, manuell, ABS Kunststoff, DN 100	4	Stk	71,45 €/Stk	285,80 €
3	Abluftmauerkasten, ABS Kunststoff, DN 100	1	Stk	30,70 €/Stk	30,70 €
GESAMTPREIS (NETTO)					539,55 €
19% MEHRWERTSTEUER					102,51 €
GESAMTPREIS (BRUTTO)					642,06 €

➤ Ventilatorgestützte Querlüftung eines Kriechkellers

Das gleiche Prinzip, wie in Abb. 16 dargestellt, aber mit Unterstützung durch einen Ventilator, macht diese Lösung unabhängig von klimatischen Schwankungen. Die Kostenschätzung für diese Lösung ist in Tabelle 16 zusammengestellt.

Tab. 16: Kostenkalkulation ventilatorgestützte Querlüftung

Lfd. Nr.	Positionsbeschreibung	Menge	Einheit	Einzelpreis	Gesamtpreis
1	Kernbohrung durch Wand	5	Stk	44,61 €/Stk	223,05 €
2	Zuluftventil, manuell, ABS Kunststoff, DN 100	4	Stk	71,45 €/Stk	285,80 €
3	Abluftmauerkasten, ABS Kunststoff, DN 100	1	Stk	30,70 €/Stk	30,70 €
4	Radialventilator, 100 mm, 105 m³/h	1	Stk	149,30 €/Stk	149,00 €
GESAMTPREIS (NETTO)					688,85 €
19% MEHRWERTSTEUER					130,88 €
GESAMTPREIS (BRUTTO)					819,73 €

➤ **Hohlräume in der Bodenplatte oder im Kellerfußboden**

Bevor sich die heute üblichen flächigen Abdichtungen entwickelt wurden, hat man für genutzte Kellerräume – bzw. bei nicht unterkellerten Gebäuden die Böden unter der untersten genutzten Geschosebene – mit Hohlräumen versehen, um das Eindringen von Bodenfeuchte zu verhindern. Werden diese Hohlräume gegenüber den Räumen abgedichtet, können auch diese Hohlräume für die Bodenabsaugung genutzt werden.

Eine moderne Lösung für die Schaffung von Hohlräumen in der Bodenplatte bilden die sogenannten IGLUS, die in die Betonplatte eingegossen werden (Abb. 17). Aus den miteinander verbundenen Hohlräumen kann die Luft abgesaugt werden, wodurch der gewünschte Unterdruck entsteht.

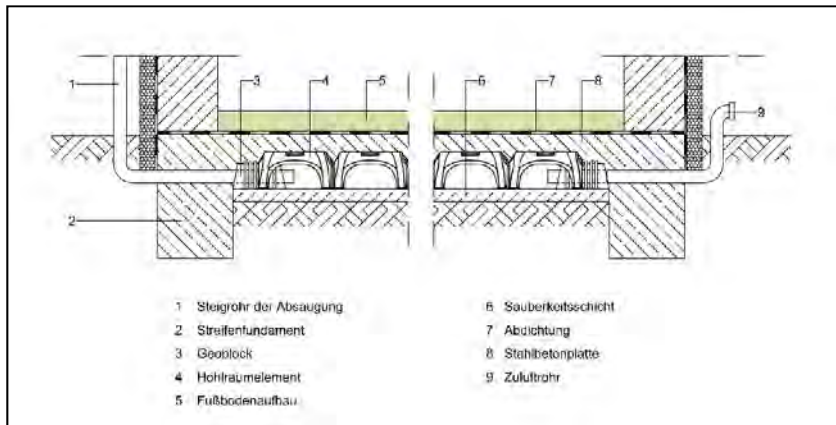


Abb. 17: Schematische Darstellung für den Einbau von Hohlräumelementen in der Bodenplatte (sogen. IGLUS); Darstellung aus [1] auf der Grundlage von Unterlagen der Firma Geoplast S.p.A

In Tabelle 17 ist für diese Lösung die Kostenermittlung wiedergegeben:

Tab. 17: Kostenkalkulation Hohlräumeabsaugung für das Beispiel nach Abb. 17

Lfd. Nr.	Positionsbeschreibung	Menge	Einheit	Einzelpreis	Gesamtpreis
1	Multimoduli-Schalenelement	85	m ²	22,07 €/m ²	1.880,21 €
2	KG-Rohrdurchführung, DN 100	2	Stk	18,83 €/Stk	37,66 €
3	Rohr-Winkelstück, DN 100	2	Stk	12,25 €/Stk	24,50 €
4	Ansaugstutzen, 100 mm	1	Stk	38,50 €/Stk	38,50 €
5	Radialventilator, 100mm, 170 m ³ /h	1	Stk	142,30 €/Stk	142,30 €
6	Entlüftungshaube, DN 100	1	Stk	19,20 €/Stk	19,20 €
7	Geoblock Multimodule H13	104	Stk	6,00 €/Stk	624,00 €
8	Rohrleitung (Steigrohr) DN 100	2	m	10,62 €/m	21,24 €
9	Betonverfüllung D20/25	3,19	m ³	130,25 €/m ³	415,98 €
10	Fundamentanbindung bewehrter Beton	1,51	m ³	130,25 €/m ³	196,68 €
11	Betonverguss C20/25	100,00	m ²	11,60 €/m ²	1.160 €
GESAMTPREIS (NETTO)					4.560,27 €
19% MEHRWERTSTEUER					866,45 €
GESAMTPREIS (BRUTTO)					5.426,72 €

Bei der Bewertung der relativ hohen Kosten für diese Lösung muss berücksichtigt werden, dass hier Positionen mit erfasst sind, die ohnehin im Rahmen einer komplexen Sanierung anfallen würden.

3.6 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Im Rahmen dieses Beitrages sind erste Ergebnisse einer systematischen Berechnung von Kosten für Radonschutzmaßnahmen vorgestellt worden. Diese erfassen nicht alle möglichen Lösungen und sind auch nicht in jedem Falle verallgemeinerungsfähig. Trotzdem zeigen sie erstmalig eindeutige Trends und Größenordnungen an.

Wichtige Erkenntnisse und noch offene Fragen werden abschließend zusammengefasst:

Kellerabdichtung im Neubau:

- Kostenunterschiede für die Abdichtungslösungen ergeben sich für unterschiedliche Systeme, für speziell als radondicht geltende Lösungen konnten keine erhöhten Kosten nachgewiesen werden.
- Für Rohrdurchführungen sollten für den Radonschutz immer zertifizierte, gasdichte Systeme vorgesehen werden. Für diese können gegenüber einfachen Abdichtungslösungen Mehrkosten entstehen, die für ein Einfamilienhaus – wie hier betrachtet – durchaus 1.000 bis 2.000 Euro betragen können. Abdichtungen gegen drückendes Wasser müssen bauseitig ohnehin drucksicher abgedichtet werden. Da diese Lösungen gemeinhin gleichzeitig als gasdicht gelten, entstehen in diesem Anwendungsfall keine Mehrkosten aus dem baulichen Radonschutz.

Noch offene Fragen:

- Es sollten für weitere Systemlösungen die Kosten ermittelt werden, Ziel muss es sein, für alle relevanten Lösungen Aussagen zur Eignung hinsichtlich des Radonschutzes bei gleichzeitiger Klarheit über die Kosten für den Radonschutz zu erhalten.
- Dringender Klärungsbedarf besteht hinsichtlich der Definition zur „Radondichtheit“ Das Verfahren nach Keller/Hoffmann ist irrelevant und für die Einschätzung, ob eine Lösung für den Radonschutz geeignet ist, nicht geeignet.

Zusätzliche Radondränage im Neubau:

- Diese bauliche Lösung ist hinsichtlich ihres Sinnes seit sie erstmals angewendet wurde, umstritten. Es liegen nach meinen Kenntnissen keine Untersuchungen vor, wie häufig die zusätzlich eingebauten Dränagen überhaupt benötigt wurden.
- Unter Betrachtung der Mehrkosten dieser Maßnahme muss gesagt werden, dass diese nur dann angewendet werden sollte, wenn die für die Verlegung erforderliche kapillarbrechende Schicht ohnehin vorhanden oder geplant ist, da ansonsten Mehrkosten bis etwa 5.000 Euro für ein Einfamilienhaus entstehen können.

Radonbrunnen im Altbau

- Radonbrunnen stellen eine sehr wirksame und vergleichsweise kostengünstige Maßnahme dar, die Radonbelastung deutlich zu reduzieren.
- Im Rahmen der Untersuchungen wurden vier unterschiedliche Lösungen betrachtet. Die Vielzahl von möglichen Lösungen konnte nicht umfassend dargestellt werden. Insbesondere sollten kostengünstige, einfache bauliche Lösungen in die weiteren Betrachtungen einbezogen werden.
- Die vorgestellten Lösungen bewegen sich in einem Kostenrahmen von 500 bis etwa 1.500 Euro Gesamtkosten.

Radondrängen im Altbau

- Radondrängen sind relativ teure Lösungen, die vor allen Dingen dann zum Einsatz kommen, wenn ohnehin eine komplexe Sanierung mit neuer Bodenplatte, Einbau einer Abdichtung sowie eines neuen Wärmeschutzes geplant ist, da dann eine Reihe von Kostenpositionen unabhängig von einer Radonsanierung anfallen und somit Synergieeffekte genutzt werden können.

Hohlraumabsaugung

- Absaugungen aus vorhandenen oder neu geschaffenen Hohlräumen im erdangeschütteten Bodenbereich sind zumeist sehr wirksam. Da bauliche Veränderungen an der Substanz meist nur sehr gering sind, können sich hier sehr kostengünstige Lösungen ergeben.
- Es sind unterschiedliche Lösungen betrachtet worden. Kann ein vorhandener Hohlraum direkt für die Luftabsaugung genutzt werden, sind die radonbedingten Mehrkosten zumeist gering. Die geringe Anzahl untersuchter Beispiele erfasst nur ein geringes Spektrum der möglichen Lösungen.

Nicht aufgenommene Lösungen

- *Partielle Abdichtung von Rissen und ähnlichem in Bestandsmauerwerk.*
Abdichtung von Rissen und Schadstellen in der Gebäudehülle sollten im Rahmen einer Sanierungsmaßnahme generell durchgeführt werden. Sie sind Integraler Bestandteil aller Radonsanierungen. Kostenmäßig lassen sich solche Arbeiten nur schwer bis überhaupt verallgemeinerungsfähig nicht bewerten, weswegen eine Betrachtung im Rahmen dieses Artikels nicht sinnvoll ist.
- *Unterdruckreduzierende Maßnahmen im Gebäude*
Unter diesem Punkt sind verschiedene Maßnahmen zusammengefasst, wie z.B. der gasdichte Abschluss von Treppenhäusern zu den genutzten Räumen, der luftdichte Abschluss von Kaminen usw. Diese sind für eine verallgemeinerungsfähige Kostenbetrachtung auf Grund der Vielfalt der Lösungen nicht geeignet.
- *Einsatz von Lüftungsanlagen*
Lüftungsanlagen haben sich in Wohngebäuden bisher nur in speziellen Anwendungsfällen, wie z.B. dem Passivhaus durchgesetzt. Sie sind bei richtiger Konzeption eine wirksame Maßnahme, die Radonbelastung deutlich zu reduzieren, werden allerdings nicht ausschließlich für den Radonschutz eingesetzt. Dieser ist zumeist ein positiver Nebeneffekt. Mehrkosten für den Radonschutz sind in dieser hier kurz umrissenen Konstellation nicht zu beobachten.

4. Literaturverzeichnis

- [1] Bühlow, Philip: Kosten von Radonschutzmaßnahmen im Neubau und der Gebäudesanierung, Diplomarbeit HTW Dresden, 2016
- [2] Köhne, Katharina: Kostenermittlung und Kostenoptimierung von Radonschutzmaßnahmen im Neubau und bei der Gebäudesanierung, Diplomarbeit HTW Dresden, 2017
- [3] Radondatenbank Fallbeispiele, www.koraev.de
- [4] WEKA Media GmbH & Co. KG: Sirados Kalkulationsatlas 2014 für Roh- und Ausbau im Neubau (4. Auflage), Freiburg, 2014
- [5] WEKA Media GmbH & Co. KG: Sirados Kalkulationsatlas 2014 für Roh- und Ausbau im Altbau (4. Auflage), Freiburg, 2014

- [6] WEKA Media GmbH & Co. KG: Sirados Kalkulationsatlas 2016 für Roh- und Ausbau im Altbau (5. Auflage), Freiburg, 2016
- [7] BKI Baukosteninformationszentrum (Hg.): BKI Baukosten 2016 Neubau; Statistische Kostenkennwerte für Positionen; Stuttgart 2016
- [8] BKI Baukosteninformationszentrum (Hg.): BKI Baukosten 2016 Altbau; Statistische Kostenkennwerte für Positionen; Stuttgart 2016
- [9] Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (Hrsg.): Radonschutzmaßnahmen – Planungshilfe für Neu- und Bestandsbauten; <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/26126>
- [10] Minach, Luigi: Radongegenmaßnahmen in Südtirol (Italien), Tagungsband des 4. Sächsischen Radontages, Dresden 2010
- [11] Hoffmann, Marcus: Radonsanierung im Kanton Tessin (CH), Tagungsband des 5. Sächsischen Radontages, Dresden 2011
- [12] Marz, Dominik: Betrag zur Konzeption radondichter Konstruktionen, Diplomarbeit HTW Dresden, 2007
- [13] Schmitz und weitere: Baukosten 2008, 19. Auflage, Essen

WARUM BEI NEUBAUTEN DIE KONTROLLE DER RADONKONZENTRATION IN WOHN- UND ARBEITSRÄUMEN NOTWENDIG IST - BEISPIELE AUS DER PRAXIS

WHY IT IS NECESSARY TO CONTROL THE RADON CONCENTRATION IN WORKROOMS AND LIVING SPACES IN NEW BUILDINGS - EXAMPLES FROM THE PRACTICE

Bernd Leißring

Bergtechnisches Ingenieurbüro GEOPRAX Bernd Leißring und Nick Leißring GbR, Chemnitz

Zusammenfassung

Vertrauen ist gut, Kontrolle ist besser und unbedingt in der Planung vorzusehen.

Über 30 Jahre Erfahrung beim baulichen Radonschutz lassen die Kontroll- und Dokumentationspflicht über die Einhaltung der geplanten Höchstwerte der Radonkonzentration in Innenräumen als unbedingten Bestandteil der abschließenden Bauunterlagen als zwingend notwendig erscheinen.

Mit den jetzt vorliegenden gesetzlichen Bestimmungen ist der diesbezügliche Handlungsbedarf gegeben.

Beispiele aus der erlebten Praxis zeigen die möglichen Fehler, die im Bauablauf beim Radonschutz auftreten können.

Zudem kann durch Messungen langfristig die Einschätzung von Nutzungsänderungen oder baulichen Eingriffen in den Baukörper geklärt werden.

Technische Anlagen zur Senkung der Radonkonzentration im Gebäude bedingen auch eine Dokumentations- und Prüfungspflicht, um ein langfristiges zuverlässiges Funktionieren nachzuweisen und zu garantieren.

Summary

Confidence is good but control is better and must be provided absolutely.

More than 30 years experience by structural radon protection makes it necessary that there are control and documentation duties for the compliance of the planned maximum measurements of the radon concentration in interiors as necessary part of the final project planning documents.

Examples from practice show the possible mistakes which can be made during the course of the construction.

Moreover the assessment of use or structural changes of the building can be cleared up for a longer term.

Technical systems for the lowering of radon concentration in the buildings must be documented and controlled to prove and guarantee a reliable function for a longer time.

1. Einführung

Mit der über 30jährigen Erfahrung bei dem Problemkreis der Senkung der Radonkonzentration in Innenräumen von Gebäuden und zunehmend der Aufgabe des radongeschützten Bauens liegen Kenntnisse über sich daraus ergebende Probleme vor.

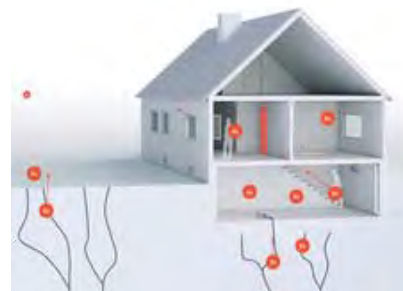
War noch vor Jahren das Sanierungsziel für die Radonbelastung in Innenräumen bei 1.000 Bq/m³, sind jetzt insbesondere mit dem neuen Strahlenschutzgesetz anspruchsvolle Zielstellungen für den Radonschutz in Wohn- und in Arbeitsräumen gegeben.

So wird vom Bundesamt für Strahlenschutz in [1] ausgeführt: „Die Neuregelung spiegelt die wachsende Bedeutung des Strahlenschutzes in vielen Lebensbereichen wider: Das Gesetz schafft klare Strukturen und bildet den aktuellen Stand der Wissenschaft ab. Damit wird auch eine neue Grundlage für den Strahlenschutz und die Arbeit des Bundesamts für Strahlenschutz (BfS) geschaffen.] ... [Das zeigt sich auch in zahlreichen Regelungen, für die sich das BfS schon in der Vergangenheit stark gemacht hat. Dazu zählen unter anderem Vorgaben zum natürlich vorkommenden Edelgas Radon, zur Radioaktivität in Baustoffen sowie zur Rechtfertigung neuer medizinischer Anwendungen. Und auch im Notfallschutz gewinnt das BfS an Bedeutung: Zuständigkeiten sollen gebündelt und Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung besser abgestimmt werden.]“.

Die Praxis im Baugeschehen zeigt hier einen relevanten Handlungsbedarf, der von der Planung des Radonschutzes bis hin zur Prüfung des, nach einer Sanierung oder der Fertigstellung eines Neubaus erreichten Standes der Innenraumradonkonzentration reicht.

Auch sind Kontrollmessungen während der Bauphase als Mittel der Vermeidung von Eintrittsstellen von Radon aus dem Baugrund in ein Gebäude oft zielführend.

„Mit dem neuen Strahlenschutzgesetz werden nun erstmals klare Maßnahmen zur Radonminderung eingeführt. So wird unter anderem ein Referenzwert zur Bewertung der Radonkonzentration in Aufenthaltsräumen festgelegt. Dieser sollte nicht überschritten und wenn möglich nach dem Minimierungsgrundsatz des Strahlenschutzes unterschritten werden. Hierzu sollen Schutzmaßnahmen ergriffen werden, um den Zutritt von Radon in Innenräume zu vermeiden oder zumindest zu erschweren. Um welche es sich handelt, wird in einem regelmäßig zu aktualisierenden Maßnahmenplan erläutert.“



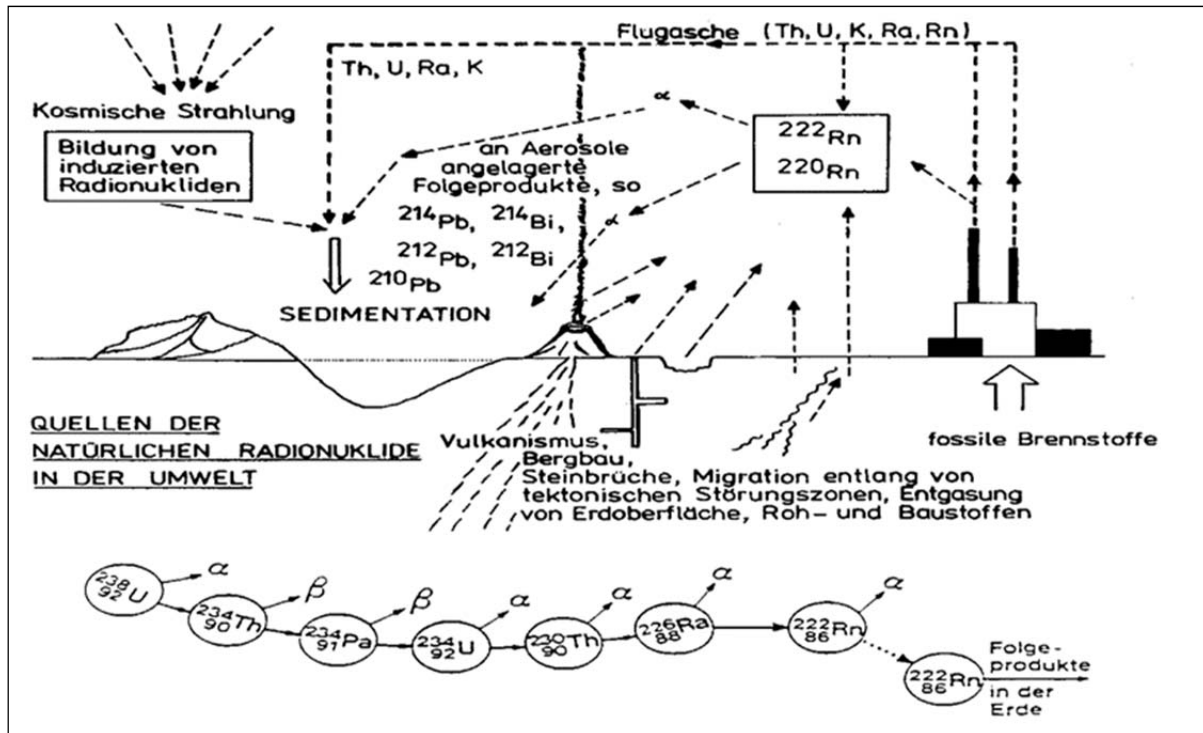
1. Abbildung 1: Wege des Radons aus dem Boden ins Gebäude

Darüber hinaus werden Gebiete in Deutschland ermittelt, in denen eine hohe Radonkonzentration in Gebäuden zu erwarten ist. In diesen Gebieten sind besondere Maßnahmen zum radonsicheren Bauen zu beachten.

Gestärkt wird durch das neue Gesetz insbesondere auch der Schutz vor Radon an Arbeitsplätzen. Bisherige Schutzvorschriften galten nur für bestimmte Arbeitsplätze etwa in Bergwerken oder Höhlen. Mit dem neuen Strahlenschutzgesetz fallen in den Gebieten mit hoher Radonkonzentration alle Arbeitsplätze in bodennahen Stockwerken unter die Vorschriften zum Schutz vor Radon an Arbeitsplätzen.“

2. Ausgangssituation und Notwendigkeiten

Allein durch ein neues Gesetz werden die Voraussetzungen für die Quellen der natürlichen Radioaktivität und die Gegebenheiten von der Belastung des Baugrundes bis hin zu den möglichen Eintritten in ein Gebäude nicht verändern.



2. Abbildung 2: Quellen der natürlichen Radioaktivität

Vielmehr ist jetzt durch neue Richt- bzw. Grenzwerte ein qualifiziertes neues Herangehen an die Problematik gegeben.

Dies fordert Überlegungen zum vorbeugenden Radonschutz mit relevanten Messmethoden zur Sicherung der gestellten Ziele beim radongeschützten Bauen.

Schon die Frage „Wo ist radongeschütztes Bauen notwendig?“ zeigt für die Praxis bei vielen Bauprojekten, dass eine zielgerichtete Untersuchung, welche für die Planung relevant und notwendig ist, oft nicht ausreichend berücksichtigt wird, da keine entsprechenden radiologischen Untersuchungen des Baugrundes vorgenommen werden.

Auch sind Fehler, die trotz festzulegendem Radonschutz im Baugeschehen auftreten können Ursache von Radonbelastungen, die womöglich erst nach der Fertigstellung, wenn eine abschließende Kontrollmessung des Gebäudes erfolgt, festgestellt werden und dann zu Nachbesserungen zur Einhaltung der vorgegebenen Zielstellung führen.

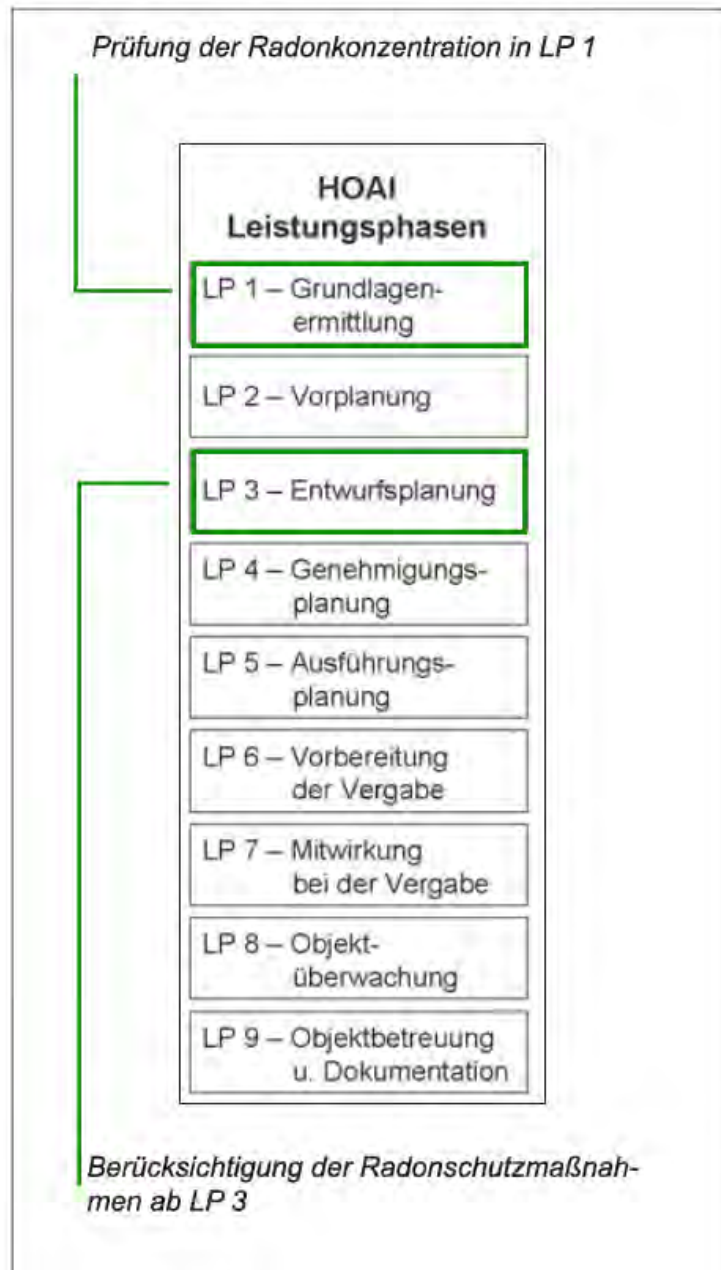
Somit kommt den baubegleitenden Messungen eine wichtige prophylaktische Bedeutung zu.

Auch eine notwendige, abschließende Messung nach Fertigstellung des Objektes sollte unbedingt eingeplant werden. Zudem ist es notwendig, dass in den Bauunterlagen die Gegebenheiten des baulichen Radonschutzes dokumentiert werden, um auch einen fehlerhaften Eingriff in die baulichen und technischen Maßnahmen in der Folgezeit der Nutzung der Gebäude zu verhindern.

Erfahrungsgemäß wird dies nicht immer vorgesehen, so dass letztlich kein Beweis für den erfolgreich realisierten Radonschutz vorliegt.

3. Beispiele von Fehlern bei der Bauausführung, die zu erhöhten Radonkonzentrationen in Innenräumen führten

Geht man bei der Planung der Radonschutzmaßnahmen davon aus hohe Sanierungskosten zu vermeiden, ist es unerlässlich schon zu Beginn der Leistungsphase dies zu berücksichtigen. In Abbildung 3 wird dies dargestellt.



3. Abbildung 3: Berücksichtigung der Radonschutzmaßnahmen während der HOAI Leistungsphasen [4]

Die praktische Erfahrung zeigt, dass der Radonschutz zum Teil vollständig vernachlässigt (vergessen, nicht bekannt) wird oder dass die Objektüberwachung und die abschließende Kontrollmessung (Dokumentation) nicht eingeplant oder durchgeführt wird.

Hier ist unbedingter Nachholbedarf auch in Hinblick auf das vorliegende neue Strahlenschutzgesetz gegeben.

Eine Auswahl praktischer Beispiele (aus verschiedenen Orten zum Beispiel aus Freital, Schneeberg oder Rodewisch) zeigen die unterschiedlichsten Fehler im Rahmen der Realisierung des Radonschutzes.

Schwerpunkt der Beeinträchtigungen des Radonschutzes ist die Beschädigung der Radonschutzfolie und die Vernachlässigung der Dokumentation des baulichen Radonschutzes und eine nachträgliche Beeinträchtigung der Schutzmaßnahmen.

4. Thesen für messtechnische Kontrolle und Dokumentation des Radonschutzes

Ausgangssituation Baugrund:

- radiologisches Gutachten zur Feststellung der Gegebenheiten zum vorbeugenden Radonschutz
- Ableitung der notwendigen Radonschutzmaßnahmen
 - o Einflussgrößen: radiologische Situation des Baugrundes, Bauwerksdimensionierung, Nutzungsabsichten und Luftwechselstrategie

Bauwerk:

- Prüfung der bautechnisch realisierten Radonschutzmaßnahmen im Bauablauf
 - o Abdichtungen erdberührender Bauteile
 - o Medienzuführungen
- Prüfung des erreichten Standes des Radonschutzes nach Abschluss der Baumaßnahmen (abschließende Kontrollmessung)
- Dokumentation des baulichen Radonschutzes (Haus- bzw. Bauakte)

Nach [2] sind folgende Prämissen für den nachhaltigen Radonschutz zu beachten:

- gesetzliche Festlegung (ab 2018)
- Ist Empfehlung, auch die eines Ministeriums oder Bundesamtes eine zwingende Handhabe zur Verwirklichung des aktuellen Standes der Technik?
- Welche Verantwortung und Haftung hat der Bauplaner?
- Gibt es eine Vorschrift zur Messung, welche Bedingungen sind ausschlaggebend?

Es besteht die Notwendigkeit den zu erreichenden Zielwert für den Radonschutz festzulegen. Dies wird vom Bauherrn bestimmt. Der Zielwert wird durch die in Abbildung 4 gezeigten Prämissen bestimmt.

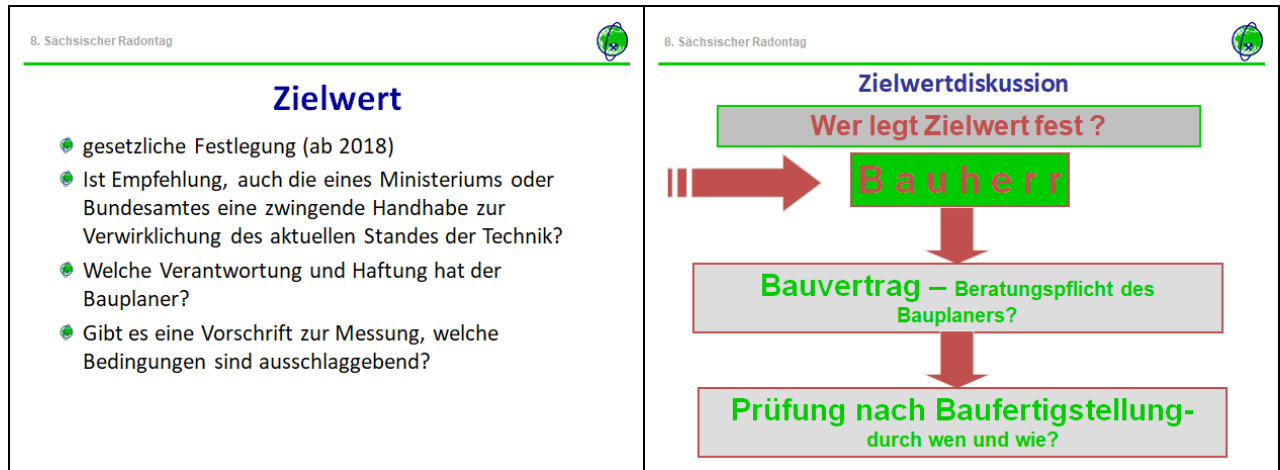


Abbildung 4: Zielwert und Zielwertdiskussion

Folgende Gesichtspunkte sind nach [3] zu berücksichtigen:

- Bei einer Planung nach HOAI ist in der Leistungsphase 1 (Grundlagenermittlung) in Gebieten mit erhöhter Radonbelastung in der Bodenluft die Radonkonzentration zu ermitteln.
- In den Leistungsphasen 2-5 (Planungsleistungen) sind die darauf abgestimmten Maßnahmen zur Minimierung der Radonkonzentration in der Innenraumluft planerisch zu treffen. Werden keine Messungen vorgenommen, sind vorsorglich erhöhte bauliche Sicherungsmaßnahmen gegen Radoneintritt zu treffen. „Werden keine Messungen vorgenommen ist dies zu begründen und es sollten vorsorglich erhöhte bauliche Sicherungsmaßnahmen gegen Radoneintritt getroffen werden.“
- „Gleichwertig zu einem Brandschutznachweis ist das Planungsergebnis des Radonschutzes in einem „Radonschutz-Nachweis“ zu erstellen.“
- In der Leistungsphase 8 (Bauüberwachung) ist die luftdichte Ausführung der Bauteile mit Erdkontakt zu überwachen.

Zudem ist es empfehlenswert im Bauvertrag festzulegen, wie die abschließende Kontrollmessung erfolgt.

Auch sollte bei Umnutzung der Gebäude oder Änderungen an der Gebäudesubstanz eine turnusgemäße kontrollierende Radonmessung erfolgen. Dies wird insbesondere auch bei einem realisierten Radonschutz durch Absaugung oder Belüftung jährlich empfohlen. Damit werden mögliche Veränderungen des Bauwerkes bezüglich einer veränderten Radonzufuhr auch durch Setzungen oder Rissbildung erfasst.

5. Quellen

- [1] BFS, Das Strahlenschutzgesetz
<http://www.bfs.de/DE/bfs/gesetzesregelungen/Strahlenschutzgesetz>
Berlin, August 1998
- [2] Leißring, B.:
Zielstellungen und Erfahrungen bei aktuellen Fragen des radonsicheren Bauens und Sanierens
Vortrag zum 8. Sächsischen Radontag 2014
- [3] b.v.s:
Standpunkt, Fachbereiche Innenraumhygiene und Bau
Radon in Gebäuden
02-2017
- [4] SMUL Sachsen:
Radonschutzmaßnahmen für Neu- und Bestandsbauten.-
Dresden 2013

Einige Bemerkungen zur Vorbereitung und Durchführung von Sanierungen bestehender Gebäude mit komplexen Belastungen

Günther Just

Forschungsbüro Radonbalneologie, FRB, Großpösna

Zusammenfassung

In der Vergangenheit bearbeitete der Autor verschiedene bestehende Gebäude, so in Schweden, Österreich und auch in Deutschland. Hier besonders im Bereich der kristallinen Grundgebirge in der Oberpfalz und in Oberfranken. Beachtung fanden dabei komplexe Belastungen älterer Wohn- und Gewerbegebäude, welche durch den Baugrund allgemein, die häufige Unterkellerung in den anstehenden Granit hinein, die Nähe zu früheren Bergwerken, die Bauweise und auch das Baumaterial verursacht werden können. Teilweise treffen alle hier genannten Merkmale zusammen. In Einzelfällen kommt auch noch zusätzlich Radon im Trinkwasser hinzu. Da orientierende Messungen, spezielle weiterführende Untersuchungen in den Wohn- und Arbeitsbereichen, erste Sanierungsvorschläge und deren aus Sicht des Eigentümers finanzierbare (teilweise später unterlassene) bautechnische Umsetzungen in der Regel nicht in einer Hand bleiben, sind die Erfolge nicht immer gegeben. Wenn also gut begründet Diffusionssperren für Baugrund und Wände vorgeschlagen werden, und zusätzlich Zwangsbelüftungen, zentral oder auch dezentral, erforderlich wären, wird häufig versucht, die Kosten zu minimieren und nur einen Teil der Vorschläge umzusetzen. Die Verwunderung der Eigentümer ist dann groß, wenn der erwartete Erfolg nicht eintritt.

1. Die komplexen Belastungen

In Schweden finden sich regional unterschiedliche Typen des Baugrundes, so die massiven oder tektonisch zerklüfteten Kristallingebiete (auch mit verschiedenen Graniten), diese entweder direkt anstehend, oder auch durch Verwitterung überdeckt, weiterhin sedimentäre Verwitterungsböden mit unterschiedlichen Gehalten an Uran bis hin zu eiszeitlichen Ablagerungen mit sehr unterschiedlicher Zusammensetzung. Ältere Häuser in den ländlichen Gebieten sind teilweise unterkellert, oft auch nicht, die Gründungen wurden in der Regel mit örtlich vorkommenden Natursteinen oder eiszeitlichen Findlingen ausgeführt, und der weitere Aufbau nach oben besteht in der Regel in Holz. Hier gibt es vergleichsweise nur wenige Probleme, da die Durchlüftung der Wohnräume gut ist.

Ein großes Problem sind dagegen seit den 50er Jahren viele Gebäude, welche unter Verwendung von Uran/Radium führenden Baumaterialien (Blaubeton) über einen längeren Zeitraum hinweg errichtet worden sind. Dieses Material wurde in mehrgeschossigen Mietshäusern und auch in Einfamilienhäusern sowohl für die Außenwände, als auch für tragende und verbindende Innenwände eingesetzt. Teilweise nur für einzelne Bereiche und Etagen, in einigen Fällen für das ganze Haus. Kommt dann noch die Freisetzung von Radon aus dem Baugrund hinzu, wird eine Sanierung im Hinblick auf die gültigen Empfehlungen noch komplizierter. Diffusionsbarrieren an den belasteten Wänden (spezielle Farben und/oder Tapeten) in Verbindung mit zentralen oder dezentralen Belüftungsanlagen finden nicht immer den Gefallen der Bauherren. Wird aus Kostengründen nur eine der Varianten realisiert, ist der Erfolg nicht zu garantieren.

In Österreich erfolgten seitens des Autors Untersuchungen im Ötztal, so in Umhausen, und auch im Gasteiner Tal. Hier ist der geologisch bedingte Anteil der Diffusion von Radon aus dem Baugrund durch die Folgen von Bergstürzen mit Zerrüttungszonen deutlich erhöht, und auch die Radon führenden Grund- und Heilwässer sind beteiligt. Auch das Baumaterial in den älteren Gebäuden stammt in der Regel aus der Region und bringt einen messbaren Anteil an der möglichen Belastung durch Radon. Wie auch im Erzgebirge finden sich allerdings eng benachbart Gebäude mit viel und mit wenig Radon in der Atemluft der Innenräume.

Verschiedene Sanierungsprojekte, welche sich hoher staatlicher oder kommunaler Förderungen erfreuen konnten, brachten in der Vergangenheit gute Ergebnisse. Der einzelne Hausbesitzer (auch Firmen und Hotelanlagen sind betroffen) hat aber in der Regel Probleme, eine Finanzierung bis zum erwünschten Erfolg voranzutreiben. Oft beginnt man mit geringen Verbesserungen, ist erst einmal damit zufrieden und wartet im Schatten der zulässigen Fristen erst einmal ab, wie sich die Gesetzeslage verändert.

In den Granitgebieten der Oberpfalz und besonders im Fichtelgebirge haben wir teilweise vergleichbare geologische Bedingungen wie auch im Erzgebirge, d.h. die verschiedenen Granite zeichnen sich durch hohe Gehalte an Uran/Radium aus, sind teilweise stark zerklüftet bzw. verwittert, und die Grundwässer führen dort natürlich auch reichlich Radon. In den oft mittelalterlich geprägten Ortskernen sind viele Wohn- und Gewerbegebäude, aber auch kommunale und kirchliche Einrichtungen häufig mit dem örtlich vorkommenden Naturstein errichtet worden.

In den letzten Jahren wurden Beispiele untersucht, wo ein unterkellertes Gebäude mit 2 Kelleretagen im Granit steht, und zusätzlich die Außenwände von der Gründung bis hoch zur Dachtraufe in Bruchsteinen aus Granit gefertigt worden sind.

Hinzu kommt: Die Bewertung der Dringlichkeit von Sanierungsmaßnahmen wird in derartigen Gebäuden besonders schwierig, wenn im Erdgeschoß ein Unternehmen ansässig ist, im Obergeschoß Familien wohnhaft sind, und die beteiligten Mieter und die Verwaltung unterschiedliche Ansichten zu den vorgeschlagenen Sanierungsmaßnahmen und deren Finanzierung haben. Diffusionsbarrieren an den Innenwänden behindern den Feuchtigkeitshaushalt, zentrale Lüftungsanlagen nachträglich einzubauen wird (häufig) als zu teuer angesehen, und dezentrale Lüfter in den Außenwänden (auch mit Wärmerückgewinnung) stören (manche Bewohner) durch Geräusche. Letzteres kann zur Folge haben, dass der Mieter die Lüfter nur unzureichend oder bei Anwesenheit überhaupt nicht betreibt. Dann ist die Verwunderung nach den Kontrollmessungen groß. Ein solches Beispiel wird etwas ausführlicher diskutiert.

Zurück zur Verallgemeinerung der möglichen komplexen Belastungen. Wenn in älteren Gebäuden mit der oben genannten Vielzahl von Ursachen für die vorgefundenen Anreicherungen von Radon in der Atemluft Sanierungsarbeiten empfohlen werden, dann wird schnell klar, dass das gesamte Haus von den doch recht kostenintensiven Baumaßnahmen betroffen sein wird. Das wird in der Regel nur bei einer bereits anstehenden Generalsanierung machbar sein, und dann auch finanzielle Akzeptanz finden.

2. Granit im Baugrund und zusätzlich als Baumaterial



Abbildung 1:

Bohrkern mit Granitbruch aus einer Hauswand (links der Innenputz).

Die Abbildung 1 zeigt einen der Bohrkerne, welche im Rahmen des Einbaus von dezentralen Lüftern in der Außenwand eines Wohnhauses niedergebracht worden sind. Die Bruchstücke der verschiedenen Bohrkerne wurden hinsichtlich der möglichen Freisetzung von Radon geprüft. Dabei wird eine definierte Masse zusammen mit einem Radonmonitor in einem luftdichten Koffer deponiert (vgl. Abbildung 2). Bei Berücksichtigung von Masse, Geometrie der Bruchstücke und dem verbliebenen Leerraum im Koffer sind ohne Mühe vergleichende Messungen, auch mit weiteren Baumaterialien, möglich. Bei Bedarf lassen sich weitere Quantifizierungen (Bq/Masse und Zeit oder Bq/Volumen und Zeit) erstellen. Dies führt dann immer zu der Frage, ob der Bauherr sich das auch wünscht und ob er es letztendlich auch finanzieren möchte. Immerhin genügt es, erst einmal festzustellen, dass die Wandflächen eine der Ursachen sind. Es ist dann natürlich unmöglich, die gesamten Wände eines Hauses im Rahmen der Sanierungen auszutauschen, sofern der Bauherr nicht die Absicht hat, hinsichtlich der Kosten in den Bereich eines Neubaus kommen zu wollen. An dieser Stelle sei aber auch an die Belange des Denkmalschutzes zu denken, welche regional und örtlich größere bauliche Veränderungen oder gar einen Neubau verbieten können.



Abbildung 2:

Einfache Messanordnung zur Einschätzung der Freisetzung von Radon aus dem zu untersuchenden Bohrkernmaterial, welches der Außenwand eines älteren Gebäudes entnommen wurde. Der Koffer (PELI) ist mit verschiedenen Volumina erhältlich.

Die folgende Abbildung 3 verdeutlicht die Ergebnisse von 7 einzelnen Messungen über je 24 Stunden hinweg, welche dann das oben genannte Bohrkernmaterial (Granitbruchsteine aus der Hauswand) charakterisieren können. Es zeigt sich, dass in der hier verwendeten Anordnung auch eine einzelne Kurzzeitmessung durchaus ausreichend sein kann. Statistische Sicherheit ist aber immer gut!

Eine Ergänzung der gezeigten Untersuchungen an dem Material selbst ist dann die Einschätzung der mittleren Freisetzung von Radon aus den Wandflächen der betroffenen Räume. Zu diesem Zweck werden verschiedene Exhalationshauben auf ausgewählte Oberflächen luftdicht fixiert (saugend oder mit Umluft betrieben).

Abbildung 4 zeigt die Ergebnisse von zwei dieser Registrierungen an einer Innenwand des Gebäudes. Nach ca. 8 Stunden hat sich ein Aktivitätsgleichgewicht zwischen der Luft im Mauerwerk und der Luft zwischen der Oberfläche der Innenwand und der verwendeten Exhalationshaube eingestellt.

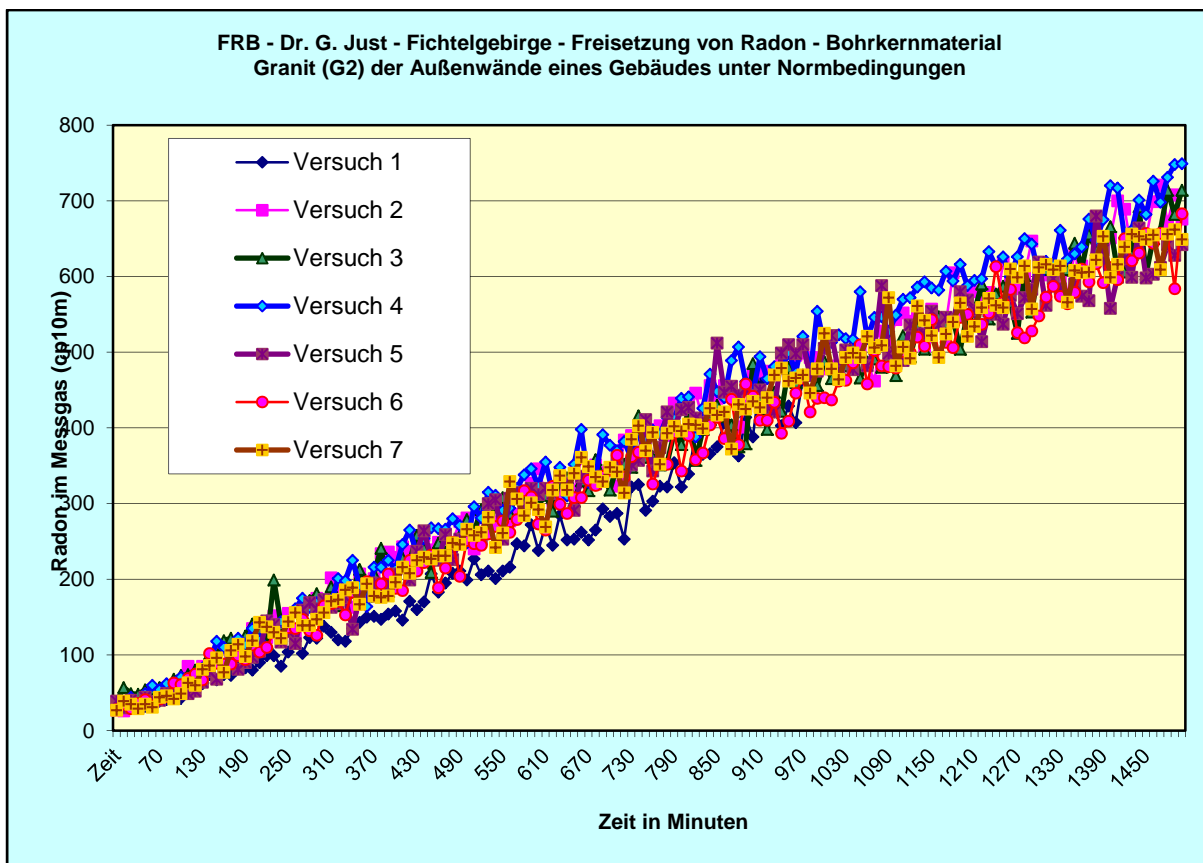


Abbildung 3:

Freisetzung von Radon aus dem Bohrkernmaterial aus dem Mauerwerk eines Gebäudes (vgl. hier die Abbildungen 1 und 2). In 24 Stunden werden unter den Normbedingungen im Messkoffer (PELI) jeweils ca. 6 kBq/m³ im Messgas registriert.

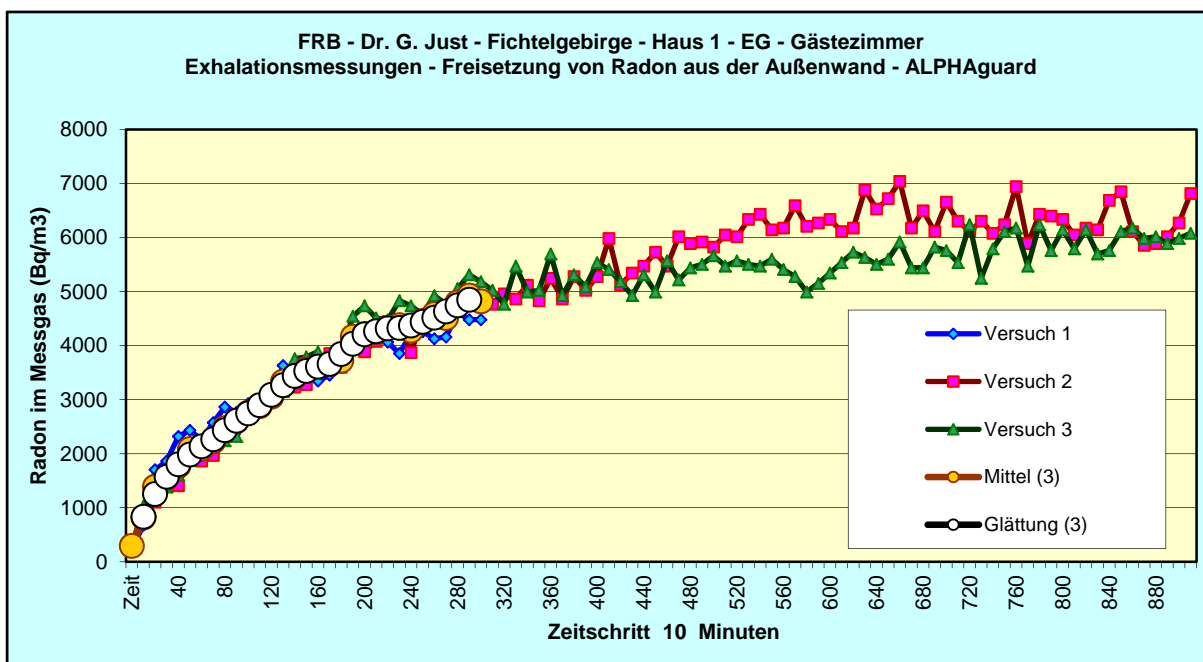


Abbildung 4:

Freisetzung von Radon aus dem Mauerwerk eines Gebäudes. Bereits nach ca. 8 Stunden werden unter den Normbedingungen (Exhalationshauben verschiedener Dimensionierungen) ca. 6 kBq/m³ Radon im Messgas vorgefunden.

Längere Zeit andauernde Messungen sind nicht sinnvoll, da die Wand ein offenes System ist, d.h. das freigesetzte Radon entweicht entsprechend den meteorologischen Bedingungen (Temperatur- und Druckdifferenzen) ständig nach beiden Seiten, sowohl in den Raum hinein, als auch nach außen.

Als Lösung für die Sanierung kommen in diesem Fall ein Luftwechsel mit definierter Rate und/oder Abdichtung von Fußboden, Decke und Wand mit geeigneten Materialien. Letztere Maßnahmen sollen aus hygienischen Gründen die Diffusion lediglich bremsen und nicht vollständig unterbinden.

Auf die erforderliche Abdichtung durch Schleusen bzw. dicht schließende Türen bzw. eine eigenständige Belüftung der Kellerräume soll hier nicht weiter eingegangen werden.

3. Blaubeton (früher) in Schweden als Baumaterial eingesetzt

Radon in Wohngebäuden

1. Senkung der mittleren Radonkonzentration in der Raumluft

Die mittlere Konzentration von Radon in der Raumluft von Wohngebäuden (bereits bestehende Wohnungen) sollte um das Jahr 2010 einen Messwert von 400 Bq/m³ nicht überschreiten. Wenn Sanierungsmaßnahmen durchgeführt wurden, so orientierte man wie bei neu erbauten Wohngebäuden auf Werte von weniger als 200 Bq/m³. Die neuen EU-Empfehlungen liegen heute in der gleichen Größenordnung! Sanierungsziel ist aber aus Kostengründen im wirklichen Leben nicht immer das Erreichen der Empfehlungen, sondern ein deutlicher Beitrag zur Senkung der bestehenden Belastungen!

Die wesentlichen Quellen, welche für die Belastung von Wohnhäusern durch Radon verantwortlich sein können, sind auch in Schweden der geologische Untergrund (Baugrund) und hier in bestimmten Fällen auch das Baumaterial (besonders Blaubeton).

Aus dem Baugrund kann Radon wie auch in Deutschland teilweise über für das Edelgas gut durchlässige Isolationsschichten und auch über zusätzliche Eintrittspfade in die Wohngebäude gelangen. Energie-, Telekommunikations- und Wasserzuführungen sowie Ableitungen können hier Probleme bereiten. Dies gilt insbesondere für einige schwedische Kommunen, in denen auf Grund der geologischen Situation mit hohen Konzentrationen von Radon in der Bodenluft zu rechnen ist. Entsprechende Untersuchungen wurden in der Vergangenheit von der schwedischen Regierung veranlasst und werden weitergeführt. Es gab zahlreiche Pilotvorhaben. Bei Anwesenheit von Sand unter den Gebäuden kann Radon sehr schnell und in großen Mengen mit der Bodenluft herangeführt werden. Durch geeignete Messungen lässt sich die spezielle lokale Situation aber sehr schnell feststellen und bewerten.

Für Mehrfamilienhäuser mit mehreren Stockwerken, welche auf einer stabilen Grundplatte errichtet worden sind, ist nur in wenigen Fällen (bei Blaubeton als Baustoff) festgestellt worden, dass in den Wohnungen bedenkliche Konzentrationen von Radon auftreten. Daher ist nicht in jedem Einzelfall eine umfassende Sanierung des Baugrundes erforderlich. Werden die Räume im Keller häufig betreten oder gar bewohnt, sollten natürlich immer Untersuchungen erfolgen.

Durch den Einsatz von Blaubeton als Baumaterial für die Außen- und Innenwände, sowie auch für die Deckenkonstruktionen in Mehrfamilienhäusern, besteht aber auch gegenwärtig noch ein dringender Sanierungsbedarf. Hier muss dem Radon der Weg aus dem Baumaterial in die Raumluft (Exhalation)

durch geeignete Maßnahmen (Diffusionsbarrieren) versperrt werden. Alternativ kann das in der Raumluft vorhandene Radon durch aktive oder passive Lüftung, bzw. durch zentrale und dezentrale Lüftungssysteme verdünnt oder weitgehend entfernt werden, wenn die Abdichtung der Quellen nicht ausreichend realisiert werden kann. Eine Kombination von Lüftung und Abdichtung ist anzustreben, kann aber aus Kostengründen nicht immer umgesetzt werden.

Kosten und Nutzen der verschiedenen Sanierungsmethoden können heute durch Spezialisten für jedes Gebäude eingeschätzt werden. Die fachlich unterlegten Gutachten werden eine spätere Entscheidung für die günstigste Sanierung unterstützen, aber die Frage der entstehenden Kosten spielt wie bereits mehrfach erwähnt, gleichfalls eine Rolle.

Die folgenden Abbildungen zeigen sowohl ein mehrgeschossiges Mietshaus (Abbildung 5), als auch ein Einfamilienhaus (Abbildung 6), welche in wesentlichen Anteilen außen und teilweise auch innen Blaubeton enthalten. Die mittleren Radonkonzentrationen liegen je nach den Lüftungsgewohnheiten der Mieter vor den Sanierungsarbeiten bei bis zu 1000 Bq/m^3 und teilweise auch mehr. Einfache Abdichtungen der Wandflächen ohne zusätzliche Lüftungsanlagen vermögen diese Werte erst einmal um mehr als 50% zu senken.

Abbildung 5: Bild 1 Fastigheterna i Skövde



Abbildung 6: Bild 2 Einfamiljshuset i Skövde



Für Einfamilienhäuser mit oder ohne Keller wurde in vielen Gebieten Schwedens natürlich auch eine Belastung der Wohnbereiche durch Radon aus dem Baugrund festgestellt. Hinzu kommt, dass wie berichtet, auch für Einfamilienhäuser in der Vergangenheit hin und wieder Blaubeton als Baumaterial eingesetzt worden ist. Daher kann auch hier ein zusätzlicher Eintrag von Radon in die Wohnbereiche vorhanden sein.

Besonders in Einfamilienhäusern sind zur Einschätzung einer möglichen Gefährdung der Bewohner und zur Vorbereitung einer optimalen Sanierung sorgfältige Untersuchungen notwendig. Die einzelnen Anteile von Radon aus dem Baugrund und/oder von Radon aus dem Baumaterial lassen sich durchaus getrennt erfassen. Die Ergebnisse solcher Untersuchungen sind dann für beide Quellen die Grundlage für die Auswahl von kostengünstigen und optimal wirksamen Sanierungsmethoden.

Die Vorgehensweise und die Reihenfolge der Untersuchungen sind für größere Wohnhäuser und auch für Einfamilienhäuser ähnlich. Bei den größeren Wohnhäusern verteilen sich natürlich die Kosten auf mehrere Wohneinheiten, so dass die Untersuchungen ohne Probleme finanziert werden können.

Unter Verwendung von möglichst preiswerten Messverfahren werden erste Übersichtsmessungen (Radon in der Atemluft) in den ausgewählten Gebäuden, in den Wohnungen und in den einzelnen Räumen durchgeführt. In der Regel werden diese Messungen von den Kommunen veranlasst und sind billig oder auch kostenlos. Im Ergebnis werden die Mittelwerte für einzelne ausgewählte Räume festgestellt.

Besteht der Verdacht, dass Maßnahmen zur Senkung der Konzentration von Radon erforderlich sind, sollten durch spezielle Untersuchungen die Quellen lokalisiert und bewertet werden. Im Anschluss daran können Konzeptionen für eine mögliche Sanierung vorgeschlagen werden. Dies ist für die Beantragung von staatlichen Unterstützungen unbedingt notwendig. Dabei sollten (wie auch in Deutschland üblich) die folgenden Informationen zur Verfügung stehen:

- Kommt das Radon aus dem Erdboden oder aus dem Baumaterial ?
(Sind Erdboden und Baumaterial gleichzeitig Quellen für Radon ?)

- Welche Wohnungen sind besonders betroffen ?
(z.B. Wohnungen im Erdgeschoss bei Radon aus dem Baugrund)
- Welche Zimmer sind besonders betroffen ?
(z.B. Zimmer mit Blaubeton in vielen Wandflächen)
- Welche Wandflächen sind die wesentlichen Quellen für Radon ?
(z.B. Blaubeton ohne schützende Abdichtungen)
- Unter welchen Bedingungen treten die höchsten Belastungen auf ?
(z.B. Tageszeiten, Lüftungsgewohnheiten, Schließen von Türen)

Alle diese Fragen lassen sich nach entsprechenden Messungen in den Gebäuden beantworten. Für mehrere Wohnkomplexe gleicher oder ähnlicher Bauart an einem Ort oder in einer Region lassen sich die Kosten durch die sorgfältige Untersuchung ausgewählter Gebäude oder von einzelnen Referenzwohnungen verringern. Auf Wunsch werden den Besitzern auch hinsichtlich des Umfangs und der Finanzierung der Untersuchungen mehrere alternative Vorschläge erstellt.

Wird festgestellt, dass die Ursache für erhöhte Konzentrationen von Radon in den Gebäuden lediglich durch den Baugrund verursacht wird, so werden Abdichtungen im Keller oder Entlüftungsmaßnahmen für den Untergrund vorgeschlagen.

Wenn eindeutig feststeht, dass durch die Verwendung von heute nicht mehr zugelassenen Baumaterialien (Blaubeton) zusätzlich Radon in die Wohnbereiche eindringen kann, bestehen für eine erfolgreiche Sanierung mehrere Möglichkeiten. Wir unterscheiden aktive und passive Maßnahmen.

Als aktive Maßnahmen werden die verschiedenen Lüftungsverfahren bezeichnet. Die Effizienz dieser Verfahren und die Technik müssen allerdings ständig überwacht werden, und die Energiebilanz ist besonders im Winter sehr ungünstig.

Natürlich lassen sich auch Wärmeaustauscher und Wärmepumpen installieren, wenn der Eigentümer oder der Vermieter bereit ist, die zusätzlichen Kosten zu übernehmen. Die bisherigen Erfahrungen zeigen aber, dass dies nicht immer der Fall ist. Insbesondere die vorgeschriebenen jährlichen Inspektionen der Lüftungsanlagen sind einigen Bauherren lästig.

Bei Verkauf oder weiterer Vermietung der Wohnungen besteht in der Regel ein großer Bedarf für Erklärungen zur Veranlassung und zur Notwendigkeit der technischen Anlagen. Käufer oder Mieter werden auch darüber nachdenken, ob es nicht besser ist, eine Wohnung ohne die erforderlichen aktiven Lüftungseinrichtungen vorzuziehen.

Als alternative passive Maßnahme wird dann die vorsorgliche Abdichtung der Wandflächen und anderer möglicher Eintrittspfade vorzuziehen sein. Dafür stehen geeignete Werkstoffe und Sanierungsverfahren zur Verfügung. Mit der Entwicklung von PERMAFOIL, sowie weiteren Materialien, und besonders seit den vor mehreren Jahren erfolgreich erprobten Verfahren (z.B. Bostad), steht eine leicht zu verarbeitende, in der Praxis bewährte und sehr gut wirksame Tapete zur Verfügung.

Bewertung der Situation

1. Ermittlung der Konzentrationen von Radon in den Wohnbereichen und Lokalisierung von Räumen mit erhöhten Messwerten
2. Prüfung der Quellen und möglicher Eintrittspfade
 - 2.1 Untersuchung der Bodenluft im Baugrund unter dem Gebäude
 - 2.2 Untersuchung von Baumaterial (Suche und Lokalisierung von Blaubeton)
 - 2.3 Lokalisierung möglicher indirekter Eintrittspfade
3. Dimensionierung von Sanierungsmaßnahmen
 - 3.1 Abdichtung des Baugrundes
 - 3.2 Abdichtung von Wandflächen aus Blaubeton

4. Erstellung der Sanierungskonzeption unter Beachtung der finanziellen Möglichkeiten!

Die für eine Realisierung der Sanierungskonzeption erforderlichen Untersuchungen, die Überwachung der Sanierung und die Beweissicherung für den Sanierungserfolg erfordern eine umfangreiche Messtechnik und die Kenntnis der verschiedenen Messverfahren, sowie die Zusammenarbeit mit erfahrenen Bauträgern. Die Freisetzung von Radon aus Wandflächen kann vor und nach den Sanierungsmaßnahmen auf Wunsch durch verschiedene Messungen quantifiziert werden, in der Regel genügt der einfache Nachweis des Erfolges.

Freisetzung von Radon aus Blaubeton (Beispiele)

Realisierung und Begleitung der Sanierung mit PERMAFOIL oder ähnlichen Materialien

Die Freisetzung von Radon aus Blaubeton führt proportional zur Größe der Flächen zu einer erheblichen Belastung der betroffenen Wohnungen. Insbesondere in Mehrfamilienhäusern und dort in den oberen Stockwerken dominieren diese Quellen. Radon aus dem Erdboden ist hier weitgehend ohne Bedeutung.

Vor der Sanierung, z.B. mit der Spezialtapete PERMAFOIL, wird ermittelt, welche Wandflächen das Radon freisetzen, und welche Konzentrationen unter den ungünstigsten Bedingungen auftreten können. Bei geschlossenen Fenstern und Türen sind mehrere 1000 Bq/m^3 Radon nicht ungewöhnlich. Dies kann insbesondere im Winter und in der Nacht beobachtet werden. Die folgende Abbildung zeigt ein Beispiel für die Situation vor der Sanierung mit PERMAFOIL:

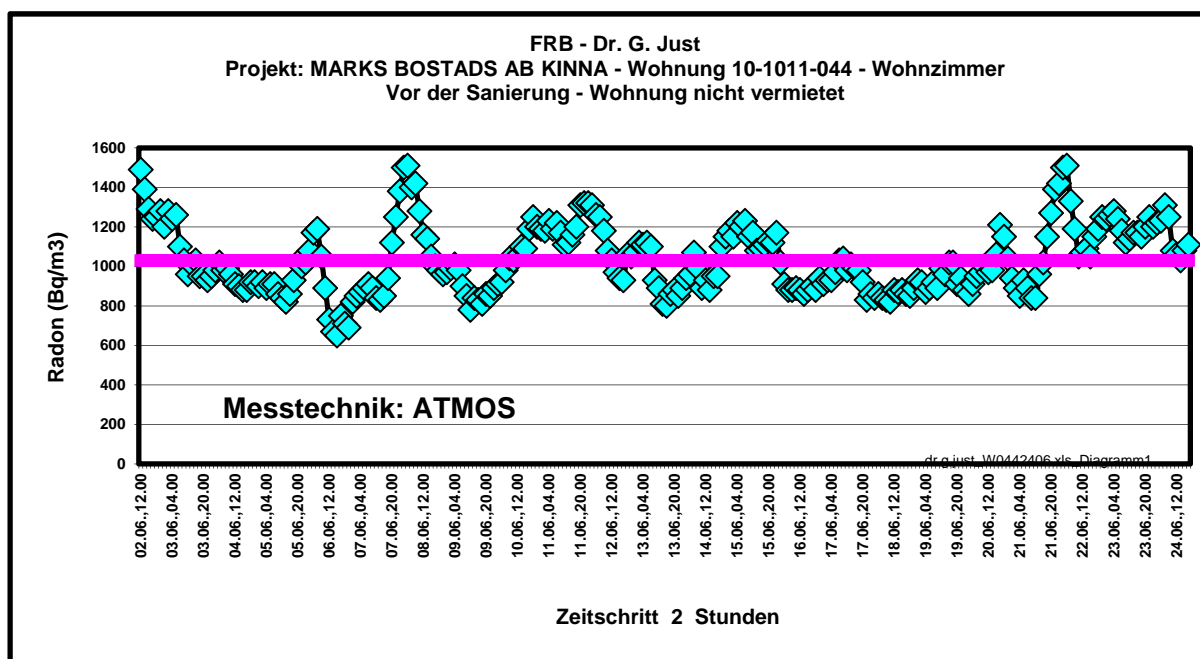


Abbildung 7:

Situation in einer Wohnung in Kinna vor der Sanierung der Wandflächen des Referenzhauses mit PERMAFOIL

PERMAFOIL wird mittels reichlich „Spärrgrund“, eine Art Latex, als Klebemittel direkt auf die zu versiegelnden Wandflächen aus Blaubeton geklebt. Die Oberfläche der Spezialtapete lässt sich anschließend mit beliebigen Farben oder auch mit anderen normalen Tapeten entsprechend den Wünschen der Mieter vervollständigen.

Nach der Sanierung von Wohnungen, in denen größere Wandflächen aus Blaubeton vorhanden sind, werden weitgehend deutlich verringerte Konzentrationen von Radon gemessen. Die Wirksamkeit der verwendeten Spezialtapeten, hier PERMAFOIL, lässt sich durch vor Jahren entwickelte Untersuchungsmethoden (CARBOTEST) bereits vor Ort schnell und sicher belegen.

Das nach der Versiegelung der Wandflächen teilweise noch in der Atemluft vorhandene Radon (vgl. Abbildungen 8 und 9) stammt aus anderen Quellen mit geringer Bedeutung. Diese können natürlich bei Bedarf gleichfalls ermittelt und entsprechend saniert werden. Durch die Verwendung der Spezialtapete PERMAFOIL werden aber die wichtigsten Quellen, die großen Wandflächen aus Blaubeton, sehr preisgünstig und auch dauerhaft saniert.

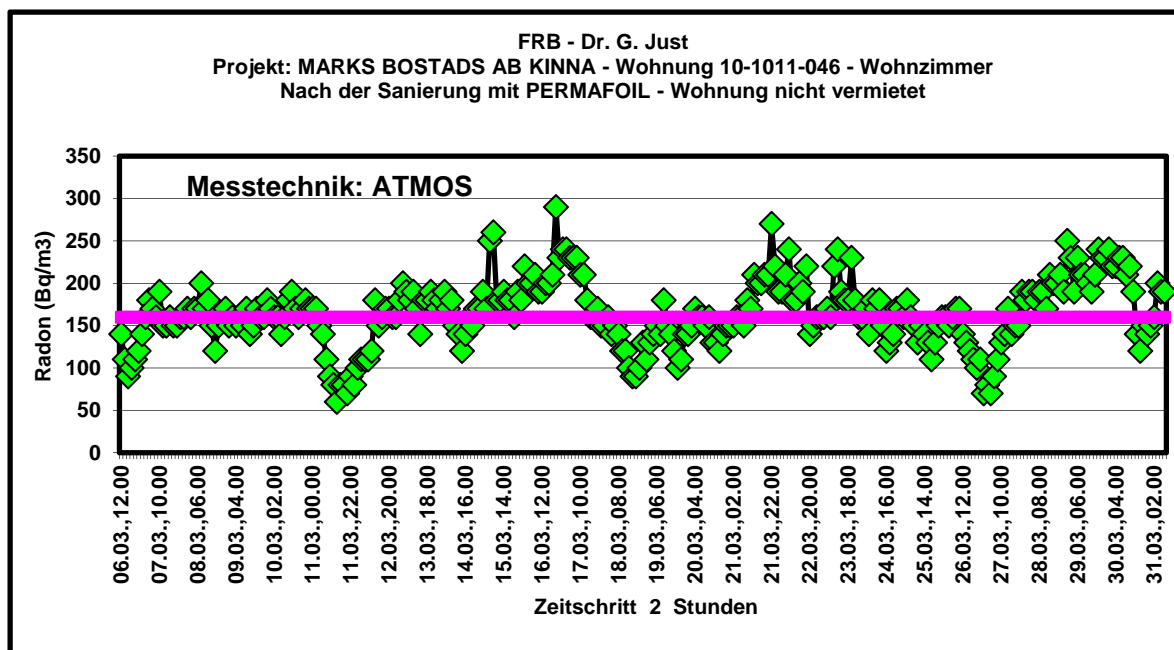


Abbildung 8:

Situation in einer Wohnung in Kinna nach der Sanierung mit PERMAFOIL

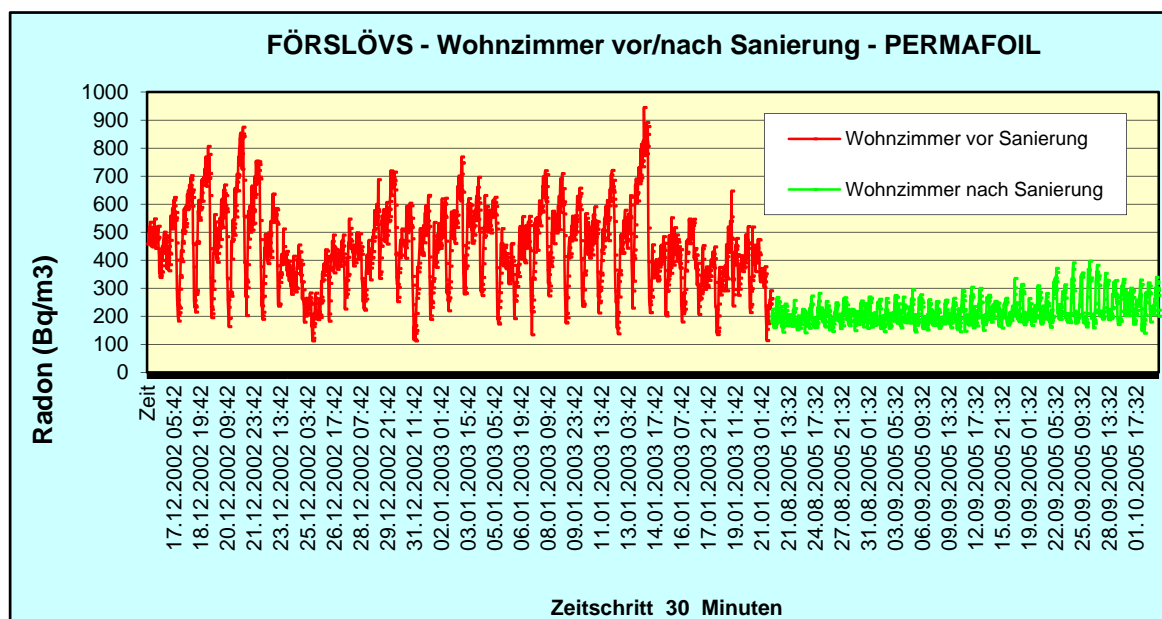
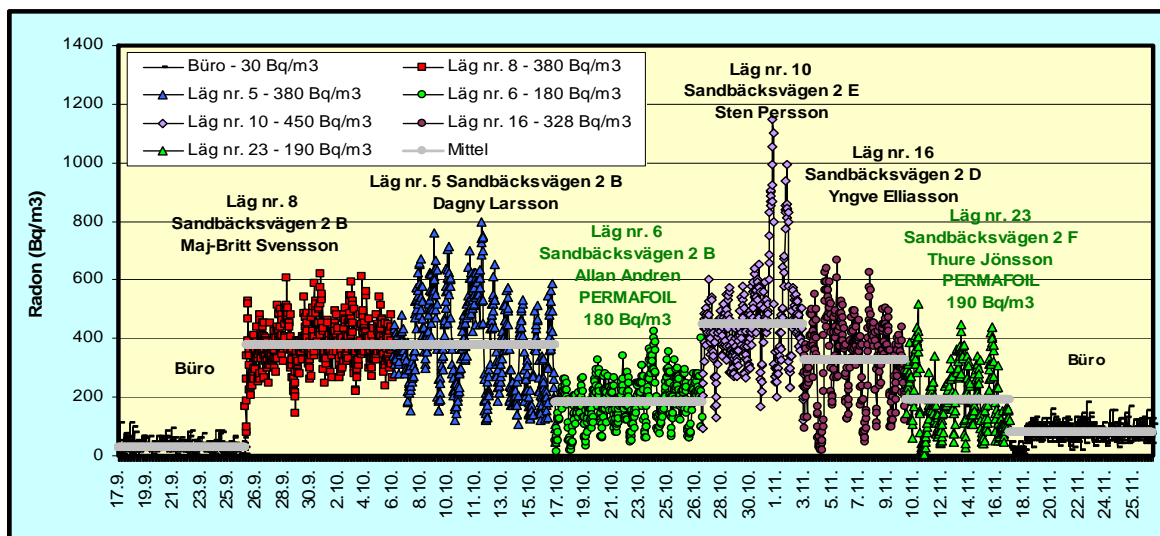


Abbildung 9:

Situation in einer Wohnung in Förslövs nach der Sanierung mit PERMAFOIL



Orientierende Messungen in einem Wohngebäude (Bostad/Schweden)!

Das Haus wurde unter Verwendung von Blaubeton (außen/innen) erbaut!

Die Wohnungen 6 und 23 (grün) wurden zur Erprobung mit Spezialtapeten versehen! Die Radonwerte lagen hier im Mittel 50% niedriger!

Der Sanierungszwang ist hier aber gering!

Üblicherweise führt Blaubeton zu Werten um 1000 Bq/m³ Radon in der Atemluft

Abbildung 10:

Situation in einem Wohngebäude Bostad zur Vorbereitung von Sanierungen mit PERMAFOIL

4. Zusammenfassende Bemerkungen

Der Autor hat sich unter Beachtung der sehr aktuellen Themen der Vorredner lediglich auf die Präsentation einiger seiner früheren Arbeiten, welche in den vergangenen Jahren im Zusammenhang mit der Vorbereitung von Sanierungsarbeiten durchgeführt worden sind, beschränkt. Dies betrifft insbesondere die Freisetzung von Radon aus verschiedenen Baumaterialien, hier insbesondere aus Blaubeton in Schweden und aus Granit in Deutschland. Die Kombination von Baugrund und Baumaterial als mögliche Radon-Quellen erhöht den Aufwand für Sanierungen, und bei mittelalterlichen Gebäuden (wie in Deutschland) führt der Denkmalschutz zu Fördermitteln einerseits, aber auch zu deutlich erhöhten Kosten bei umfassenden Sanierungen andererseits.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die erfolgreiche Sanierung hin zu den Richtwerten, bzw. die deutliche Verbesserung der radiologischen Situation, sehr stark von den lokalen Bedingungen beeinflusst werden kann, und die Bauherren Wünsche und Kosten nicht immer zu akzeptieren bereit sind.

Referentenverzeichnis

Prof. Dr.-Ing. Walter-Reinhold Uhlig

Vorsitzende KORA e.V.
Freischützstraße 42
01259 Dresden
email: reinholduhlig@gmx.de

Prof. Dr.-Ing. Habil. Roland Stenzel

Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden
D-01069 Dresden, Friedrich-List-Platz 1
Telefon: 0351 / 462 -3101 Telefax: 0351 / 462 -2185
www.htw-dresden.de email: stenzel@htw-dresden.de

Herbert Wolff

Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft
D-01097 Dresden, Archivstraße 1
www.smul.sachsen.de email: poststelle@smul.sachsen.de

Dr. Benjamin Klein

Referent im Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
Referat RS II 2 Grundsatzangelegenheiten des Strahlenschutzes
Robert-Schumann-Platz 3
53175 Bonn
www.bmub.bund.de email: Benjamin.klein@bmub.bund.de

Tino Patzelt

chemmedia AG
Business Development
Telefon: 0371 49370 197 email: patzelt@chemmedia.de
09120 Chemnitz Parkstr. 35
www.chemmedia.de

Dipl.-Ing. (BA) Karin Leicht

Zertifizierte Sachverständige für Schäden an Gebäuden (EIPOSCERT)
LEICHT Sachverständige
97299 Zell a. Main, Cäcilienstraße 8
www.leicht-sv.de email: leicht@leicht-sv.de

Michael Schäfer

Leiter Anwendungstechnik der VEDAG, Vorsitzender Ausschuss Technik des vdd, Mitarbeiter
der Normungs-Ausschüsse DIN 18531, 18533, 18534, 18535 sowie DIN SPEC 18117
VEDAG GmbH, Geisfelder Str. 85-91, 96050 Bamberg,
www.vedag.com, email: m.schaefer@vedag.com

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

GEOPRAX Bergtechnisches Ingenieurbüro Bernd Leißring und Nick Leißring GbR
D-09114 Chemnitz, Max-Planck-Str. 18
Telefon: 0371 / 336 - 2788 Telefax: 0371 / 336 - 2789
www.geoprax.com email: bernd@leissring.de

Dr. Günther Just

Forschungsbüro Radonbalneologie (FRB)
04463 Großpösna, Seifertshainer Straße 6
email: dr.g.just@carbotest.de
Tel. : 0049 34297 86368
Mobil : 0049 15234 193 273

Herausgeber:

Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (SMUL)
Postfach 10 0510, 01076 Dresden
Bürgertelefon: +49 351 564-6814
E-Mail: info@smul.sachsen.de
www.smul.sachsen.de

Redaktionsschluss: 07. September 2017

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