Bericht

Radonbelastung in der Bodenluft

88-BK5 – Humperdinckstraße, Bad Kreuznach

GCR-Projektnummer 20210813_Rn222_KHHD

GeoConsult Rein

Gartenstrasse 26-28
55276 Oppenheim
www.geoanalysis.eu

Bericht:
Privatdozent Dr. rer. nat. habil. Bert Rein

Auftraggeber:

DBA Deutsche Bauwert Objektgesellschaft Rheinland-Pfalz mbH
Im Rollfeld 44
76532 Baden-Baden

14.10.2021

Das Gutachten ist nur in seiner Gesamtheit gültig.
Die Verwendung und Weitergabe von Gutachtenteilen oder Kürzungen bedürfen der schriftlichen Genehmigung des Autors.

GLIEDERUNG 2

1. Auftrag 4

2. Verwendete ortsbezogene Materialien 4

3 Grundlagen zum Thema Radon 4
3.1. Was ist und woher kommt Radon? 4
3.2. Geologische und bauliche Einflüsse auf die Radonkonzentration in Gebäuden 5
3.3. Radonraumluftkonzentration – Grenzwerte/Richtwerte 6

4. Lage und Zustand der Untersuchungsfläche 7

5. Vorgehen 9

6. Ergebnisse 10
6.1. Gammastrahlungsaktivität 10
6.2. Geologie und Böden der untersuchten Flächen 10
6.3 Bodenfeuchte 13
6.4 Gaspermeabilität 14
6.5 Witterungseinflüsse während des Messzeitraumes 15
6.6 Radon-222-Aktivitätskonzentrationen und Radonverfügbarkeit in einem Meter Tiefe 19

7. Bewertung der Ergebnisse und Empfehlung 25

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Lage der Untersuchungsfläche. **8**

Abbildung 2 Gammastrahlungsaktivität in 1 Meter Höhe über dem Boden. **11**

Abbildung 3 Ausgewählte Wetterdaten für die Station Bad Kreuznach 007 (Winzenheim). **16**

Abbildung 4 Ausgewählte Wetterdaten für die Station Oppenheim. **17**

Abbildung 5 Schwankung der Radonkonzentration an der GCR-Referenzstation Oppenheim über den Messzeitraum in Bad Kreuznach. **18**

Abbildung 6 Radonaktivitätskonzentrationen in einem Meter Tiefe im Boden. **22**

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Schichtenverzeichnis der Bohrungen **12**

Tabelle 2 Radonmesspunkte mit Bodenfeuchte zum Zeitpunkt der Radonmessungen. **14**

Tabelle 3 Radonaktivitätskonzentrationen und Radonverfügbarkeit **20-21**

Tabelle 4 Radonvorsorgegebietsklassifizierung des Bundesamtes für Strahlenschutz (veraltet) **25**

1. Auftrag

Die DBA Deutsche Bauwert Objektgesellschaft Rheinland-Pfalz mbH beauftragte für das Projektgebiet (Abgrenzung in Abb. 1; Quelle /1/) Radonmessungen mit gutachterlicher Stellungnahme. Anlass für die Beauftragung war der Hinweis des Landesamtes für Geologie und Bergbau, dass für die Fläche eventuell ein Radonrisiko besteht.

Deshalb sollte die Radonsituation im Boden untersucht werden, um festzustellen, ob und in welchem Umfang Maßnahmen zum Schutz vor Radon für das Bauvorhaben zu empfehlen sind.

2. Verwendete ortsbezogene Materialien

- /1/ Lageplan (M 1: 1000; 15-135_Lageplan_1_1000_2021-04-26.pdf)
- /2/ LANIS RLP / Geoportal RLP / LVERMGEO RLP (©GeoBasis-DE / LVermGeoRP (2021), dl-de/by-2-0, http://www.lvermgeo.rlp.de [ergänzt 2021])
- /3/ Geologische Karte GK25 6113 (1926).
- /4/ Wetterdaten des DLR RLP der Stationen Bad Kreuznach-Winzenheim (007), und Oppenheim.

3. Grundlagen zum Thema Radon

3.1 Was ist und woher kommt Radon?

Radon ist nach dem Rauchen die zweithäufigste Ursache für Lungenkrebs mit jährlich rund 2000 auf Radon zurückzuführenden Lungenkrebstoten in Deutschland. Von allen bekannten Innenraumschadstoffen ist Radon der nachweislich Gesundheitsgefährdendste.

Sind Menschen längerfristig erhöhten Radonkonzentrationen ausgesetzt, erhöht sich das Risiko einer Erkrankung an Lungenkrebs um jeweils 10% mit einem jeweiligen Anstieg der Radonraumluft um 100 Bq/m^3. Bei einer Rn222-Raumluftkonzentration von 800 Bq/m^3 hat sich das Lungenkrebsrisiko bereits verdoppelt. Das Risiko einer Erkrankung an Lungenkrebs steigt mit der Radonkonzentration und der Dauer des Aufenthaltes in erhöhten Radonkonzentrationen.

Radon-222 ist ein radioaktives Edelgas, das aus dem natürlich vorkommenden, radioaktiven Schwermetall Uran über das Zwischenprodukt Radium entsteht. Uran und Radium sind, wenn auch nur in geringer Konzentration, überall in der Erdkruste vorhanden, weshalb auch Radon als dessen Folgeprodukt dort überall entsteht.

Anders als das gasförmige Radon, das mit der Bodenluft über Klüfte im Gestein in und durch den Porenraum der Gesteine und Böden in Gebäude wandern kann, sind die radioaktiven Zerfallsprodukte von Radon allesamt Feststoffe, wie Polonium, Blei und Wismut. Diese lagern sich in der Raumluft an feinste Teilchen (Aerosole) an und können lange Zeit in der Luft schweben und sich in der Lunge festsetzen.

Radioaktive Stoffe wie Radon senden ionisierende Strahlen aus, die die Zellen eines lebenden Organismus schädigen können. Beim Atmen werden die Luft-getragenen Aerosole mit den anhaftenden Radon-Folgeprodukten hauptsächlich in den Bronchien der Lunge abgelagert. Die radioaktiven Radon-Folgeprodukte zerfallen dort in der direkten Nähe der Zellen und schädigen dadurch das empfindliche Lungengewebe. Radon und seine Folgeprodukte verursachen in bereits niedrigen Konzentrationen mindestens 40 % der Strahlenbelastung beruflich nicht besonders strahlenexponierter Personen.

3.2. Geologische und bauliche Einflüsse auf die Radonkonzentration in Gebäuden

Die Radon(aktivitäts)konzentrationen in Gebäuden und in der Bodenluft können sehr starken täglichen und witterungsbedingten Schwankungen unterliegen.

In Gebäuden sind diese Schwankungen durch das Nutzungsverhalten der Räume, sowie im Haus entstehende Sogwirkungen (Kamineffekte) verursacht. Durch thermisch (z.B. Heizen) oder dynamisch und meteorologisch erzeugte Luftdruckunterschiede im Gebäude, kann verstärkt Radon mit der Bodenluft durch erdberührende Wände und durch die Bodenplatte ansaugt werden. Über Schächte, Mauerdurchführungen und Treppenhaus kann das Radon auch in höhere Stockwerke migrieren. Der Eintritt von Radon in ein Gebäude kann jedoch durch entsprechende Abdichtungen vermieden werden.

Außerhalb von Gebäuden wird das aus dem Boden austretende Radon sofort durch die Atmosphärenluft auf sehr niedrige Konzentrationen verdünnt. Innerhalb von Gebäuden können aber bei fehlender Abdichtung aufgrund des Bauuntergrundes und der Bauweise nicht unerhebliche Radonkonzentrationen auftreten. Die Radonkonzentration in Gebäuden ohne sorgfältig ausgeführte Abdichtung hängt von den folgenden Faktoren ab:

Technische Einflüsse des Bauwerks (vereinfachte Darstellung):

- Dichtigkeit des Gebäudes gegen Radoneintritt durch die Bodenplatte und erdberührende Wände (v.a. Mikro- und Makrorisse, Wanddurchführungen von Rohren, Porosität des Baumaterials).
- Luftdichtigkeit der Fenster und Türen sowie das Lüftungsverhalten der Benutzer.
- Vertikale Wegsamkeiten innerhalb des Gebäudes über Treppenhäuser und Schächte und Versorgungsleitungen.

Geologische Eigenschaften des Baugrunds (vereinfachte Darstellung):

- Radiumgehalt der Gesteine und Böden im näheren und tieferen Baugrund. →Radonmenge, die im Boden entsteht.
- Korngrößen- und Kornform, Spaltbarkeit und Trennflächen in den Mineralen, sowie Lage des Entstehungsortes von Radon zur Kornoberfläche und Trennflächen, Bodenfeuchte.
  → Radonmenge, die in die Bodenluft freigesetzt wird.
- Schichtlagerung und Schichtenfolge, Wegsamkeiten für Radon im Boden/Gestein wie beispielsweise über tektonische Störungen, Klüfte sowie die Porosität und Feuchte des Gesteins/Bodens im Untergrund.
  → Wie gut kann Radon im Untergrund wandern und zum Gebäude gelangen.

3.3 Radonraumluftkonzentration – Grenzwerte/Richtwerte

Das Thema Radon gewinnt neben gesundheitlichen Aspekten auch zunehmende Bedeutung für den Werterhalt einer Immobilie, welche durch entsprechende Abdichtmaßnahmen gewährleistet werden kann.

Am 5.12.2013 verabschiedete der Rat der Europäischen Union eine neue EU-Richtlinie, die als wesentliche Neuerung eine EU-weite Regelung enthält, die eine Radonraumluftkonzentration von maximal 300 Bq/m^3 vorsieht. Den EU-Mitgliedstaaten blieb es überlassen gegebenenfalls auch schärfere nationale Zielwerte unterhalb 300 Bq/m^3 festzulegen und diese auch früher in Kraft zu setzen. Am 3. Juli 2017 erfolgte die Veröffentlichung des Bundesgesetzes vom 27. Juni 2017 „Gesetz zur Neuordnung des Rechts zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung“ in dem der Referenzwert für Deutschland auf 300 Bq/m^3 festgelegt wurde. Der Gesetzgeber folgt damit nicht den Empfehlungen des Bundesamtes für Strahlenschutz und der Weltgesundheitsorganisation, die einen Referenzwert von 100 Bq/m^3 vorgeschlagen haben.

4. Lage und Zustand der Untersuchungsfläche

Die Untersuchungsfläche (Abb. 1) liegt westlich und östlich der geplanten Verlängerung (Planstraße) der Humperdinckstraße. Das Luftbild in Abbildung 1 entspricht weitgehend der Flächennutzung zum Zeitpunkt der Radonmessungen. Östlich der Planstraße und in einem Streifen unmittelbar westlich angrenzend ist das Areal bewaldet bzw. mit hochwüchsigem Gebüsch bestanden. Innerhalb dieser Fläche gibt es ehemalige Grünflächen, die zum Zeitpunkt der Radonmessungen aber stark verkrautet und verbuscht waren. Der nordwestliche Teil der Untersuchungsfläche war ebenfalls hochwüchsig verkrautet und z.T. auch verbuscht. Die Areale südlich und westlich der Untersuchungsfläche sind durch Reihenhäuser und im Westen durch mehrstöckige Mehrfamilienhäuser bebaut.

Die Untersuchungsfläche fällt nahezu gleichförmig von Südosten (161 m NHN) nach Nordwesten (145 m NHN) ein.

Aufgrund der topografischen Lage, hochwüchsigen Vegetation und Umbauung ergibt sich für die Fläche eine windgeschützte Lage.

Abbildung 1 Lage der Untersuchungsfläche mit Radonmesspunkten (Geobasisdaten©GeoBasis-DE / LVermGeoRP (2021), dl-de/by-2-0, http://www.lvermgeo.rlp.de [ergänzt 2021 /2/]. Geologie /3/.

5. Vorgehen

Als Planungsgrundlage für die auszuführenden Messungen wurde die unter /1/ benannte Quelle genutzt.

Die Untersuchungsfläche wurde am 13.08.2021 in 1 Meter Höhe über dem Boden auf Anomalien der Gammastrahlung untersucht, um Hinweise auf oberflächennahe Materialwechsel des Baugrundes zu erhalten. Die Einmessung der Messpunkte erfolgte mit GPS.

Die Gaspermeabilität wurde am 18.08.2021 in einem Meter Tiefe mit einem Radon-JOK gemessen.

Die Ansatzpunkte der Gaspermeabilitätssonden wurden am 19. und 20. August überbohrt, sodass Gaspermeabilitätsmessung und Radonmessung an identischem Ort und in identischer Tiefe erfolgten. Die 15 Radonmessbohrungen zur Aufnahme der Messsonden hatten einen Durchmesser von 60 mm und reichten bis in 1 Meter Tiefe. Der Einbau der Kernspurdetektoren in die Basis der Bohrungen erfolgte unmittelbar nach deren Aufbereitung in speziell zur Langzeit-Radonmessung von GeoConsult Rein entwickelten Schutzsonden.

Die Langzeitmessungen der Radon-222-Aktivitätskonzentration (in der Folge verkürzt auch als Radonkonzentration oder Radonaktivitätskonzentration bezeichnet) erfolgten mit zertifizierten Kernspurdetektoren und entsprechend einem weiterentwickelten Verfahren, das auf Messmethoden aufbaut, die von GeoConsult Rein (GCR) für das Land Rheinland-Pfalz entwickelt wurden und das auch für die Untersuchungen zur Ausweisung der Radonvorsorgegebiete in RLP genutzt wurde.

Das Bohrgut aus der Lagerungstiefe der Dosimeter wurde als Probe für Korngrößenanalysen und zur Bestimmung des Wassergehaltes entnommen, des Weiteren Oberflächenproben (15-20 cm Tiefe) zur Bestimmung des Wassergehaltes.

Nach Einbringen der Sonden wurden die Bohrungen mit dem gekernten Bodenmaterial rückverfüllt. Die Bergung der Dosimeter und eine erneute Bodenprobenentnahme unmittelbar <u>unter</u> der Radonmesssonde sowie des Oberbodens erfolgten am 03.09.2021. Die Auslagedauer betrug somit 14-15 Tage.

6. Ergebnisse

6.1. Gammastrahlungsaktivität

Die Gammastrahlungsaktivität kann Hinweise auf natürliche und anthropogen verursachte Materialwechsel/Strahlungsanomalien vor allem in den oberen 40 cm des Baugrundes geben, die auf Gesteinswechsel, Kontaminationen oder tektonisch-strukturelle Inhomogenitäten hinweisen können. Auch in größerer Tiefe lagernde starke Radonemanenten können durch die Gammastrahlungs-Kartierung meist abgebildet werden. Die Gammastrahlungsaktivität ist wegen der geringen Tiefenreichweite, die zudem durch temporär wechselnde Faktoren (z.B. Bodenfeuchte) beeinflusste ist, kein Annäherungswert (Proxy) für die Radonkonzentration im Untergrund.
Die Messgröße Impulse pro Sekunde (IPS) ist geräteabhängig (Detektorgröße). 100 IPS entsprechen bei dem verwendeten Instrument einer Ortsdosisleistung von 130 nSv/h (0,130µS/h).

Aus den Gammastrahlungsaktivitätsmessungen ergibt sich eine Zweiteilung der Untersuchungsfläche. Im nordwestlichen Teil der Untersuchungsfläche wurden erwartungsgemäß höhere Gammastrahlungsaktivitäten gemessen als im westlichen Teil mit mächtigerer Überdeckung durch ältere Naheschotter. Ausgeprägte Anomalien, die bei der Anordnung der Radonmesspunkte besonders hätten berücksichtigt werden müssen, wurden nicht detektiert. Deshalb orientiert sich die Anordnung der Radonmesspunkte im östlichen bewaldeten und stark verbuschten Teil auch an der Zugänglichkeit.

6.2 Geologie und Böden der untersuchten Flächen

Die geologische Karte weist für die Untersuchungsfläche Sedimente der pleistozänen Mittelterrasse der Nahe aus. Im tieferen nordwestlichen Bereich stehen sehr viel ältere tertiäre Sedimente der Stadecken-Formation an, die früher als Schleichsande bezeichnet wurden und horizontweise als starke Radonemanenten bekannt sind. Sie bestehen vorwiegend aus Mergeln und sandigen Mergeln. Diese werden oberflächennah (die Geologische Karte zeigt die Verhältnisse in etwa 2 Meter unter Geländeoberkante) von Hangschutt aus Terrassensedimenten überdeckt.

Abbildung 2 Gammastrahlungsaktivität als Impulse pro Sekunde.

Tabelle 1: Schichtenverzeichnis der Bohrungen (Lage der Bohrpunkte s. Abb. 1)

Bohrung	X ETRS89 UTM32N	Y ETRS89 UTM32N	Tiefenangaben in cm	
KHHD-01	420320	5521066	0-90	Kies, sandig, schluffig; feu1-2
			90-100	Kies, sandig, schwach lehmig
KHHD-02	420327	5521098	0-60	Schluff, kiesig; feu1
			60-97	Kies, schluffig; feu1
			97-100	Kies, schluffig, rostfarben, feu2
KHHD-03	420305	5521115	0-40	Schluff, grusig; feu1
			40-85	Grus, sandig, schwach schluffig; feu1
			85-100	Grus, schwach lehmig; feu3
KHHD-04	420335	5521271	0-45	Sand/Schluff, kiesig; feu1-2
			45-85	Grus, sandig; feu1-2
			85-100	Kies, lehmig, rostfarben; feu3
KHHD-05	420284	5521289	0-25	Sand, schluffig, schwach kiesig; feu1
			25-70	Schluff, schwach kiesig; feu1-2
			70-85	Grus
			85-100	Schluff, feu3 (Löß)
KHHD-06	420252	5521240	0-35	Sand/Schluff, sehr schwach kiesig; feu2
			35-85	Kies/Schluff; feu1-2
			85-100	Kies, sandig, schluffig; feu2, eh-es
KHHD-07	420292	5521214	0-20	Schluff, schwach lehmig (Lößlehm); feu2
			20-40	Schluff, schwach lehmig (Lößlehm), kiesig; feu2
			40-100	Schluff (Löß); feu2
KHHD-08	420294	5521262	0-28	Schluff, schwach lehmig (Lößlehm); feu2
			28-30	Kies
			30-60	Schluff, schwach lehmig (Lößlehm); feu2
			60-75	Grus/Schluff; feu2
			75-85	Schluff (Löß); feu2
			85-97	Kies/Schluff; feu2
			97-100	Mergel/Kies; feu3/ko3
KHHD-09	420400	5521230	0-45	Schluff, stark grusig; feu1
			45-100	Grus, kiesig, sandig, schluffig; feu1
KHHD-10	420381	5521181	0-45	Schluff, stark sandig, grusig/kiesig; feu1
			45-85	Kies, schluffig; feu1
			85-100	Kies, schluffig, feu1-2
KHHD-11	420348	5521131	0-65	Kies, stark kiesig; feu1
			65-92	Kies, schluffig; feu1
			92-100	Kies, schluffig, leicht roststichig, feu1-2
KHHD-12	420346	5521172	0-30	Schluff, grusig/kiesig, feu1
			30-55	Grus/Kies, sandig, schluffig, feu1
			55-100	Grus/Kies, stark sandig, schwach schluffig, feu1-2
KHHD-13	420363	5521212	0-25	Schluff, grusig/kiesig; feu1
			25-65	Grus, stark sandig, schwach schluffig; feu1
			85-100	Grus, sandig, schwach schluffig; feu2
KHHD-14	420307	5521192	0-20	Grus/Kies, schluffig, feu1
			20-100	Kies, sandig, schwach schluffig, feu1
KHHD-15	420355	5521251	0-50	Grus/Steine; lehmig, feu1
			50-75	Grus, kiesig, schluffig, feu1
			75-100	Kies/Schluff, feu1-2

Tatsächlich zeigt nur eine der 15 Radonmessbohrungen (KHHD-08) an der Basis Anzeichen tertiärer Sedimente, die in geringerer als einem Meter Tiefe unter der Oberfläche anstehen.
Die in den Radonmessbohrungen angetroffenen Bodenhorizonte sind in Tabelle 1 beschrieben.

6.3 Bodenfeuchte

Der Bodenwassergehalt beeinflusst (neben Kornform, Korngröße, Verteilung der Mutternuklide im Mineralkorn) die Radonemanationsrate (Freisetzung von Radon aus dem Mineralkorn in die Bodenluft) und die Migrationsmöglichkeiten für Radon/Bodengase im Porenraum des Bodens. Aufgrund des Radonverteilungs-ungleichgewichtes zwischen Wasser und Luft (in der Bodenluft) tritt Radon bei 10°C (regionale mittlere Temperatur in 1 Meter Tiefe) in der Bodenluft in etwa 3-fach höherer Konzentration auf als im mit der Bodenluft im Gleichgewicht stehenden Bodenwasser. Bei fehlender oder geringer Bodenfeuchte erfolgt deshalb eine temporär vermehrte Verdünnung der Radonkonzentration in der Bodenluft. Umgekehrt steigt, bei Einengung des luftgefüllten Porenraumes des Bodens durch Bodenwasser, die Radonkonzentration in der Bodenluft an. Radon kann auch mit Grund- und Hangwasser herangeführt werden und freigesetzt werden. Nasser oder wassergesättigter Boden kann wiederum diffusionshemmend bzw. als Diffusionssperre für den Aufstieg und die Migration von Radon wirken. Die Bodenfeuchte beeinflusst in beide Richtungen, neben der Migrationsmöglichkeit, auch die Emanationsrate (Übertritt von Radon aus dem Mineralkorn in den Porenraum) und damit die gemessene, aber temporär variable Radonkonzentration.

Die Bodenfeuchtewerte der zu Beginn und Ende der Radonmessungen entnommenen Bodenproben sind in Tabelle 2 zusammengestellt.
Die Böden waren zu Beginn und Ende der Radonmessungen trocken bis sehr trocken. Beim Vergleich der Bodenfeuchte zwischen den Bohrungen sind dabei die unterschiedlichen Bodenarten (Korngrößenzusammensetzung) zu beachten (Tab. 1). In kies- und grusdominierten Böden ist die Bodenfeuchte schon allein aufgrund der

Korngrößen und damit der Feuchtebindemöglichkeit geringer als in Böden mit höherem Feinkornanteil.

Die Regenfälle während der Radonmessungen hatten in einem Meter Tiefe nur an wenigen Bohrpunkten (s. Tab. 2) eine Zunahme der Bodenfeuchte zur Folge.

Tabelle 2: Radonmesspunkte mit Bodenfeuchte zum Beginn und Ende der Radonmessungen.

Messpunkt	Radonmessperiode	Bodenfeuchte (Wassergehalt %)			
		Basis Bohrung		15-20 cm	
		Anfang	Ende	Anfang	Ende
KHHD-01	19.08 – 03.09.21	5,9	9,3	3,5	6,9
KHHD-02	19.08 – 03.09.21	5,3	7,3	3,6	7,9
KHHD-03	19.08 – 03.09.21	10,3	7,8	5,0	5,6
KHHD-04	19.08 – 03.09.21	14,2	7,3	7,3	5,8
KHHD-05	19.08 – 03.09.21	11,6	11,9	14,5	11,8
KHHD-06	19.08 – 03.09.21	5,1	10,8	10,0	6,9
KHHD-07	19.08 – 03.09.21	14,8	12,6	13,1	9,7
KHHD-08	19.08 – 03.09.21	7,0	11,5	12,6	8,1
KHHD-09	20.08 – 03.09.21	7,2	11,5	12,6	8,1
KHHD-10	20.08 – 03.09.21	6,3	7,5	5,6	4,8
KHHD-11	20.08 – 03.09.21	5,2	6,0	4,1	5,0
KHHD-12	20.08 – 03.09.21	5,8	6,9	4,3	7,7
KHHD-13	20.08 – 03.09.21	7,0	8,0	4,5	4,8
KHHD-14	20.08 – 03.09.21	5,4	7,8	4,1	5,9
KHHD-15	20.08 – 03.09.21	6,0	5,9	3,5	4,2

6.4 Gaspermeabilität

Die Gaspermeabilität ist eine wichtige Größe zur Abschätzung der Radonverfügbarkeit im Untergrund. Die Radonkonzentration ist ein Maß für die im Untergrund pro Raumeinheit anstehende Radonmenge. Die Gaspermeabilität gibt dagegen Auskunft darüber wie groß das potentielle Einzugsgebiet ist und wie schnell Radon in Richtung des Gebäudes strömen und dieses erreichen kann. Niedrige Radonkonzentrationen, aber hohe oder sehr hohe Gasdurchlässigkeit (Kiese/Steine/Sande) im Untergrund können zu höheren Radonkonzentrationen im Gebäude führen als in solchen Gebäuden, die auf gasdichtem Untergrund (feinkörnige, bindige Böden → tonige Lehme, Tone) mit hoher Radonkonzentration errichtet sind. Bereits wenige Diskontinuitäten wie Klüfte, Schichtflächen, (Schrumpf)Risse, Hohlräume und Wühlgänge können die Gaspermeabilität des Untergrundes aber um mehrere Größenordnungen erhöhen. Auch temporäre Variablen, wie unterschiedliche

Bodenfeuchten, können bei gleicher Bodenart im Extremfall Gaspermeabilitätsänderungen von 1-3 Größenordnungen bedingen (Gaspermeabilität ist höher in trockenen Böden). Des Weiteren haben vertikale Änderungen der Gaspermeabilität entscheidenden Einfluss auf die Möglichkeit der Radonexhalation, nicht nur aufgrund geringerer Wassergehalte im Porenraum und deshalb erhöhter Gaswegsamkeit, sondern auch wegen der Ausbildung von Schrumpfgefügen (u.a. Trockenrissen) vor allem in bindigen Böden (Lehme, Tone) bei Bodentrockenheit.

Die auf der Untersuchungsfläche in einem Meter Tiefe an den Messpunkten gemessenen Gaspermeabilitäten sind mit Ausnahme der in Mergeln (KHHD-08) gemessenen Gaspermeabilität auch deshalb hoch (Tab. 3, Spalte 5), weil die Böden trocken waren. Unter erdfeuchten Bedingungen ist im Jahresdurchschnitt mit geringeren Gaspermeabilitäten zu rechnen.

6.5 Witterungseinflüsse während des Messzeitraumes

Die Wetterstation Bad Kreuznach 007 (184 m NHN), zwischen Winzenheim und Hargesheim, liegt auf einem nach Süden einfallenden Hang in einer kleinen Grünfläche umgeben von Weinanbau. Aufgrund der topografischen Lage und dem Fehlen hochwüchsiger Vegetation oder Bebauung im Umfeld der Wetterstation ist die Wetterstation als allseitig windoffen gelegen zu klassifizieren. Die Entfernung zu der Untersuchungsfläche beträgt 3,9 Kilometer.

Die Wetterstation Oppenheim (128 m NHN) liegt nur wenige hundert Meter entfernt von der Radonreferenzstation GCR-Oppenheim. Abbildung 5 zeigt die Zeitreihe der Radonkonzentrationen an der von GeoConsult Rein betriebenen Radonreferenzstation, wo stündlich die Radonkonzentration in einem Meter Tiefe seit dem 1. April 2012 gemessen wird.

Hinsichtlich Globalstrahlung, relativer Luftfeuchte und Temperaturen sind die zeitlichen Verläufe der Wetterdaten an beiden Wetterstationen vergleichbar. An der windoffen gelegenen Wetterstation nahe Winzenheim sind die Windgeschwindigkeiten systematisch höher als an der Wetterstation in Oppenheim und sicher auch höher als an der windgeschützt gelegenen Untersuchungsfläche in Bad Kreuznach. Mit Ausnahme der ersten vier Tage der Radonmessung in Bad Kreuznach war die zeit-

Abbildung 3 Ausgewählte Wetterdaten für die Station Bad Kreuznach 007 Winzenheim - DLR (Quelle: DLR RLP).

Abbildung 4 Ausgewählte Wetterdaten für die Station Oppenheim (Quelle: DLR RLP).

Abbildung 5 Schwankung der Radonkonzentration an der GCR-Radonreferenzstation Oppenheim über den Messzeitraum in Bad Kreuznach (weiß hinterlegt). 100% entspricht dem Durchschnittswert seit dem 1.April 2012.

liche Dynamik der Windgeschwindigkeitsänderungen an beiden Wetterstationen jedoch vergleichbar.

Währen der 10 Tage vor Beginn der Radonmessungen in Bad Kreuznach fielen an beiden Wetterstationen nur geringfügige Niederschläge (5,7 l/m^3 in KH, 5,4 l/m^3 in Oppenheim). Während der Radonmessungen fielen in Oppenheim (29,1 l/m^3) mehr Niederschläge als an der Station Winzenheim (11,5 l/m^3) und auch an anderen Stationen im Raum Bad Kreuznach. Von besonderer Bedeutung für die Interpretation der Radonmesswerte der Untersuchungsfläche ist, dass die stärkeren Niederschläge am 28./29. August in Oppenheim kein entsprechend starkes Äquivalent im Raum Bad Kreuznach hatten. Die Niederschläge am 28./29. August hatten an der Radondauerbeobachtungsstation in Oppenheim (Abb. 5) einen rapiden Anstieg der

Radonkonzentration im Boden zur Folge, weil durch die Niederschläge der oberflächennahe Porenraum versiegelt und damit die Entgasung von Radon aus dem Boden behindert bzw. unterbunden wurde.

Innerhalb der Radonmessperiode in Bad Kreuznach betrug, die über den Zeitraum der Radonlangzeitmessungen gemittelte Radonkonzentration an der Referenzstation je nach Messzeitraum 83,3 – 85,1 % des 9-jährigen Mittelwertes (Abb. 5). Berücksichtigt man die fehlenden Starkniederschläge des 28./29. August und die damit ausbleibende Versiegelung des Oberbodens an diesen Tagen auf der Untersuchungsfläche, dann ergeben sich für die Untersuchungsfläche korrigierte Mittelwerte von 79,3 – 81,1 %. Die langfristige mittlere Radonaktivitätskonzentration der Untersuchungsfläche wird somit durch die Radonlangzeitmessungen im August/September 2021 witterungsbedingt unterschätzt. Deshalb war eine Witterungskorrektur der in Bad Kreuznach gemessenen Radonkonzentrationen erforderlich.

6.6 Radon-222-Aktivitätskonzentrationen und Radonverfügbarkeit in 1 Meter Tiefe

Die ermittelten Radon-222-Aktivitätskonzentrationen sind in Tabelle 3 dargestellt. Die Aktivitätskonzentrationsangabe erfolgt in Kilobecquerel (1 Kilobecquerel entspricht 1000 zerfallenden Radon-222-Atomen pro Sekunde) je Kubikmeter.

Die gemessenen mittleren Radon-222-Aktivitätskonzentrationen liegen in einem Aktivitätskonzentrationsbereich von 27,1 kBq/m^3 ±15% bis 57,7 kBq/m^3 ±15% (2sigma) (Tab. 3, Spalte (2)).

Nach approximierter Witterungskorrektur unter Berücksichtigung, dass das Oberflächen-versiegelnde Regenereignis des 28./29. August in Bad Kreuznach ausgeblieben ist, ergeben sich die in Tabelle 3 – Spalte (3) mit vorangehendem Asterix (*) dargestellten Radonaktivitätskonzentrationen (C_{Rn} wk) mit Werten zwischen 34,2 ±15% bis 72,4 kBq/m^3 ±15% (2sigma).

Die höchsten Werte wurden in den Bohrungen KHHD-08 und KHHD-14 gemessen. In KHHD-08 wurde in der Basis der Bohrung die Grenze zu den unter den Naheterrassenschottern lagernden tertiären (sandigen) Mergeln erreicht.

Tabelle 3a: Radonaktivitätskonzentrationen und Radonverfügbarkeit in 1 Meter Tiefe. Beginn der Radonmessung am 19. August 2021.

Messpunkt	Radon-222-Aktivitätskonzentration [kBq/m³] ±15% (2sigma)			Gasperm [m²]	Radonverfügbarkeit (Radonpotential) Klassifizierung auf Zielwert **251Bq/m³**		Radonpotenzial Bundesamt f. Strahlenschutz Zukünftiger EU-weiter Bewertungs-massstab für Erst-Ausweisung Risikogebiete
		BfS-Klassifizierung auf Zielwert **411Bq/m³**					
	(2)	**(3)**	(4)		**(6)**	**(7)**	(8)
	C_{Rn} +/-15% (**ohne** Witterungs-korrektur) **ohne** RVK-Wertung	**C_{Rn} wk +/-15%** * ohne Versiegelung	C_{Rn} wk +/-15% Wertung unter Berücksichti-gung hoher Gaspermea-bilität		RVI (Bq/m) (Surbeck) **RVI C_{Rn} wk**	Rna (dimensionslos) (Slunga) **Rna C_{Rn} wk**	RP (dimensionslos) (BfS/Neznal) **RP C_{Rn} wk** **Radonrisiko**
KHHD-01	41,3	**49,6 *52,1**	49,6 52,1	9,55E-12	**4,73E-07 *4,97E-07**		48,6 *51,0
KHHD-02	27,1	**32,6 *34,2**	32,6 34,2	1,40E-11	**4,56E-07 *4,79E-07**		38,2 *46,1
KHHD-03	31,9	**38,2 *40,2**	38,2 40,2	1,00E-11	**3,82E-07 *4,02E-07**		38,2 *46,2
KHHD-04	30,4	**36,5 *38,3**	**36,5 *38,3**	9,10E-12	**3,32E-07 *3,49E-07**		35,0 *42,3
KHHD-05	43,0	**51,6 *54,2**	**51,6 *54,2**	1,00E-11	**5,16E-07 *5,42E-07**		51,6 *62,3
KHHD-06	38,3	**46,0 *48,3**	**46,0 *48,3**	1,40E-11	**6,44E-07 *6,76E-07**		53,9 *65,1
KHHD-07	34,7	**41,7 *43,8**	**41,7 *43,8**	1,40E-11	**5,84E-07 *6,13E-07**		48,9 *59,0
KHHD-08	57,4	**68,9 *72,4**	**68,9 *72,4**	7,30E-12	**5,03E-07 5,28E-07**		60,6 *73,2
KHHD-08	57,4	**68,9 *72,4**	**68,9 *72,4**	>1,00E-14		**>1,8 >2,08**	17,2 *20,8

RVK – Wertung	
RVK 1	**Keine** Radonschutzmaßnahmen erforderlich
RVK I	Radonvorsorgegebietsklasse I - **grundlegende** Radonschutzmaßnahmen erforderlich
RVK II	Bauen gemäß Radonvorsorgegebietsklasse II - **umfangreiche** Radonschutzmaßnahmen erforderlich
RVK III	Bauen gemäß Radonvorsorgegebietsklasse III – **sehr umfangreiche** Radonschutzmaßnahmen erforderlich
	Randbedingungen nicht gegeben
RP-Wertung	
<20	Radonrisiko - wahrscheinlich gering
>20-44	Radonrisiko - indifferent
>44	Radonrisiko - hoch

Bei Betrachtung der „Radonkonzentration“ als alleinigem Kriterium ergibt sich bei einem weniger anspruchsvollen, aber veralteten Zielwert der Radonkonzentration von 400 Bq/m³ (400 Radon-222-Zerfälle pro Sekunde und Kubikmeter Raumluft) in

Innenräumen und gemäß der ebenfalls veralteten, aber im Internet allgegenwärtigen Einordnung wie in Tabelle 4, eine Einordnung der witterungskorrigierten Radonkonzentrationen der Radonmesspunkten in die beiden Radonvorsorgeklassen RVK I und RVK II (Spalte 3, Tabelle 3).

Tabelle 3b: Radonaktivitätskonzentrationen und Radonverfügbarkeit in 1 Meter Tiefe. Beginn der Radonmessung am 20. August 2021.

Messpunkt	Radon-222-Aktivitätskonzentration [kBq/m³] ±15% (2sigma)			Gasperm [m²]	Radonverfügbarkeit (Radonpotential) Klassifizierung auf Zielwert **251Bq/m³**		Radonpotenzial Bundesamt f. Strahlenschutz Zukünftiger EU-weiter Bewertungs-massstab für Erst-Ausweisung Risikogebiete
		BfS-Klassifizierung auf Zielwert **411Bq/m³**					
	(2)	**(3)**	(4)		**(6)**	**(7)**	(8)
	C_{Rn} +/-15% (**ohne** Witterungs-korrektur) **ohne** RVK-Wertung	**C_{Rn} wk +/-15%** * ohne Versiegelung	C_{Rn} wk +/-15% Wertung unter Berücksichti-gung hoher Gaspermea-bilität		RVI (Bq/m) (Surbeck) **RVI C_{Rn} wk**	Rna (dimensionslos) (Slunga) **Rna C_{Rn} wk**	RP (dimensionslos) (BfS/Neznal) **RP C_{Rn} wk** **Radonrisiko**
KHHD-09	35,4	**41,6 *43,6**	**41,6 *43,6**	5,50E-12	**2,29E-07 *2,49E-07**		33,0 *39,8
KHHD-10	32,3	**38,0 *39,9**	**38,0 *39,9**	1,20E-11	**4,56E-07 *4,78E-07**		41,2 *49,8
KHHD-11	32,2	**37,8 *39,7**	**37,8 *39,7**	1,00E-11	**3,78E-07 *3,97 E-07**		37,8 *45,6
KHHD-12	36,8	**43,2 *45,4**	**43,2 *45,4**	1,40E-11	**6,05E-07 *6,35E-07**		50,6 *61,1
KHHD-13	45,4	**53,3 *56,0**	**53,3 *56,0**	1,20E-11	**6,40E-07 *6,72E-07**		57,9 *69,9
KHHD-14	57,7	**67,8 *71,2**	**67,8 *71,2**	9,10E-12	**6,17E-07 *6,48E-07**		65,2 *78,6
KHHD-15	44,7	**52,6 *55,2**	**52,6 *55,2**	8,20E-12	**4,31E-07 *4,52E-07**		48,4 *58,4

RVK – Wertung	
RVK 1	**Keine** Radonschutzmaßnahmen erforderlich
RVK I	Radonvorsorgegebietsklasse I - **grundlegende** Radonschutzmaßnahmen erforderlich
RVK II	Bauen gemäß Radonvorsorgegebietsklasse II - **umfangreiche** Radonschutzmaßnahmen erforderlich
RVK III	Bauen gemäß Radonvorsorgegebietsklasse III – **sehr umfangreiche** Radonschutzmaßnahmen erforderlich
	Randbedingungen nicht gegeben
RP-Wertung	
<20	Radonrisiko - wahrscheinlich gering
>20-44	Radonrisiko - indifferent
>44	Radonrisiko - hoch

Abbildung 6 Radonaktivitätskonzentrationen in einem Meter Tiefe im Boden.

Eine ältere Empfehlung des BfS (Bundesamt für Strahlenschutz) für Böden hoher Gaspermeabilität sieht in einem einfachen Ansatz eine generelle Erhöhung der RVK um eine Stufe im Vergleich zu der Zuordnung in Tabelle 4 vor. Mit Ausnahme von vier Radonmesspunkte werden nach dieser stark simplifizierten Vorgehensweise die meisten Radonmesspunkte der höchsten Radonpräventionsklasse RVK III zugeordnet.

Die **Radonverfügbarkeit** im Baugrund ist im Wesentlichen von drei Faktoren abhängig

- der Radonkonzentration im Boden,
- der Gasdurchlässigkeit des Bodens,
- dem Unterdruck, den das Gebäude im Baugrund erzeugt.

Durch diese Untersuchungen liegen Erkenntnisse zu den beiden ersten Faktoren vor, die zur Berechnung von Radonverfügbarkeitsindizes genutzt werden können.

Bei den durch die Untersuchungen beobachteten hohen Gaspermeabilitäten wird der Radonverfügbarkeitsindex von Surbeck als Bewertungsmaß verwendet (Spalte 6 in Tab. 3). Bei der geringen Gaspermeabilitäten in der Basis der Bohrung KHHD-08 wird die Radonzahl von Slunga verwandt (Spalte 7 in Tab. 3). Oberhalb einer Tiefe von 97 cm unter Geländeoberkante sind die Gaspermeabilitäten in KHHD-08 aber vergleichbar wie in den anderen Radonmessbohrungen. Deshalb werden die Ergebnisse für KHHD-08 unter Berücksichtigung hoher und niedriger Gaspermeabilitäten in Tabelle 3 dargestellt.

Der Zielwert der Klassifikation der Radonverfügbarkeitsindizes von 250 Bq/m^3 liegt unterhalb der Mindestanforderungen des Gesetzgebers von <300 Bq/m^3, aber über dem vom Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) und der Weltgesundheitsorganisation (WHO) empfohlenen Wert von <100 Bq/m^3.

Nach dieser, neben der Radonkonzentration auch die Gaspermeabilität berücksichtigenden Klassifikation und dem EU-Referenzwert von <300 Bq/m^3 in der Raumluft, werden die Messpunkte nach Surbeck einheitlich der Radonvorsorgeklassen RVK I zugeordnet. Die Radonzahl von Slunga klassifiziert die Basis der Bohrung KHHD-08 als RVK II.

Eine vom Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) herausgegebene, deutschlandweite Karte, berücksichtigt über einen vereinfachten Term ebenfalls die Gaspermeabilität und Radonkonzentration bei der großräumigen (für Verwaltungseinheiten) Radonrisikoabschätzung für den Baugrund von Bestandsgebäuden und Neubauten. Aufgrund der Mittelung über eine grobe Rastergröße (10 x 10 km) und der tatsächlich aber kleinräumigen Variabilität der Radonkonzentration und Gaspermeabilität im Boden, kann diese Karte für die Bauplanung nicht hinzugezogen werden. Die lokalen Begebenheiten können deutlich von den Prognosen in der Deutschlandkarte abweichen. Dieser Risikoabschätzung des Bundesamtes für Strahlenschutz liegen für die gesamte Fläche von Rheinland-Pfalz nur 353 Messpunkte zugrunde.

Für die Landesfläche von Rheinland-Pfalz wurden im Auftrag des Landes auf der Basis von 3400 Radonmessungen (GeoConsult Rein) in der Bodenluft landesweite Prognosekarten, sowie noch detailliertere Gebietskarten berechnet (Rein et al. 2021). Die Rheinland-Pfalz Karten ergeben ein sehr viel detaillierteres Bild, das in Bereichen, auch aufgrund der wesentlich höheren Untersuchungsdichte, deutlich von der Radonkonzentrationskarte und der Radonpotentialkarte des Bundesamtes für Strahlenschutz abweicht. Die Karten für Rheinland-Pfalz sind auf den Seiten des Landesamtes für Umwelt zu finden. Aber auch diese Karten sind für eine bauplatz-scharfe Prognose des Radonrisikos nicht entwickelt und nicht nutzbar.

Der Risikobewertung in den Rheinland-Pfalz - Karten liegt ebenfalls das vom BfS vorgeschlagene Radonpotential zugrunde (RP, siehe Spalte 8 in Tab. 3). In der Diskussion ist noch, welche Schwellwerte des Radonpotentials zukünftig in Anwendung zu bringen sind. Vorgeschlagen wird zurzeit vom BfS, dass Untergründe mit Radonpotentialen <=20 eher unwahrscheinlich Verwaltungsdistrikt-weit hohe Überschreitungsraten (>10%) des Radonreferenzwertes von 300 Bq/m3 in Gebäuden verursachen. Bei Radonpotentialen >20 – 44 ist keine gesicherte Aussage zu treffen und bei Werten > 44 und bei negativen Werten wird ein hohes Überschreitungsrisiko angenommen. Diese Klassifikation bezieht sich wohlgemerkt auf das durchschnittliche Risiko der Gesamtfläche einer Verwaltungseinheit (z.B. Verbandsgemeinde oder Landkreis).

Informativ sind in Spalte 8 der Tabelle 3 auch diese Radonpotentiale der Radonmesspunkte auf der Untersuchungsfläche widergegeben. Demnach ist der Mehrzahl der Radonmesspunkte auf der Untersuchungsfläche in Bad Kreuznach ein

hohes Radonrisiko zuzuordnen.

In Rheinland-Pfalz konnte wegen der relativ geringen Anzahl verfügbarer Raumluftmessungen in Gebäuden die Gültigkeit bzw. Bedeutung oben genannter Schwellwerte des Radonpotentials, die auch in hoher Abhängigkeit von der (regionalen) Bauweise steht, noch nicht überprüft oder verifiziert werden.

Für die **Bemessung der Radonpräventionsmaßnahmen** werden im Folgenden die **Ergebnisse aus den Spalten 6 und 7 der Tabelle 3** verwendet.

7. Bewertung der Ergebnisse und Empfehlung

Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), sowie das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) empfahlen in der Vergangenheit, die in Tabelle 4 wiedergegebenen Klassen für eine Einstufung der geogenen Radonkonzentration mit entsprechend abgestuften Maßnahmen zur Radonvorsorge.

Tabelle 4 Radonvorsorgegebietsklassifizierung des Bundesamtes für Strahlenschutz (**veraltet***, bisher ohne Ersatz, bei erhöhter Gaspermeabilität wird die sich aus der Radonkonzentration ergebende Vorsorgestufe um eine Stufe erhöht).

Klassifizierung (Zielwert Innenraumluftkonzentration <411 Bq/m^3)	Radonaktivitätskonzentration (kBq/m^3 = Kilo-Becquerel/m^3)
Radonvorsorgegebiet 1 (RVK 1)	<20 kBq/m^3 (<20000 Bq/m^3)
Radonvorsorgegebiet I (RVK I)	>20 – 40 kBq/m^3
Radonvorsorgegebiet II (RVK II)	>40 – 100 kBq/m^3
Radonvorsorgegebiet III (RVK III)	>100 kBq/m^3

***Diese veraltete Klassifizierung liegt u.a. der Radonkonzentrationskarte Deutschland zugrunde.**

Durch die Klassifizierung des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) war nur die zu einem diskreten Zeitpunkt gemessene Radonkonzentration berücksichtigt, der Einfluss der Witterung, der Gaspermeabilität des Baugrundes und anderer Einflussfaktoren auf die Radonkonzentration zum Messzeitpunkt blieben formell unberücksichtigt, obwohl

auf deren Bedeutung vom BfS schon früh explizit hinsichtlich Messergebnis und Radonverfügbarkeit hingewiesen wurde. Des Weiteren ist zu berücksichtigen, dass die einfache Klassifizierung in Tabelle 4 weit zurückdatiert und höhere Zielwerte (max. 400 Bq/m^3 in Innenräumen) als von der EU seit 2013 und seit Juni 2017 auch durch ein Bundesgesetz geregelt (300 Bq/m^3) als Bemessungsgrundlage verwandte.

Für die zukünftige Bewertung des mittleren Radonrisikos von Gebäuden eines Landkreises oder einer sonstigen Verwaltungseinheit schlägt das BfS das Radonpotential vor, das die Gaspermeabilität des Bodens und die Radonkonzentration berücksichtigt. Temporäre Effekte (z.B. Bodenfeuchte, Witterungseinflüsse) werden aber weiterhin mangels Datenerhebung nicht berücksichtigt.

Die Einordnung der Radonmessbohrungen in eine Radonvorsorgegebietsklasse durch dieses Gutachten erfolgt nicht alleine auf Grundlage der gemessenen Radonkonzentration, sondern berücksichtigt auch die gleichzeitig gemessenen bodenphysikalischen Faktoren, die Gaspermeabilität, den Bodenaufbau, temporäre Variablen wie Bodenfeuchte und Witterungseinflüsse, die die innerhalb eines Zeitraums gemessene Radonaktivitätskonzentration beeinflussen und die Einfluss auf die Radonverfügbarkeit im Boden haben, sowie die zukünftige Versiegelung der Fläche durch die Bauvorhaben. Die hier verwendete Zuordnung durch die Maßzahlen für die Radonverfügbarkeit beruht bereits auf einem verschärften Zielwert von maximal 250 Bq/m^3 in der Raumluft, um den neuen Anforderungen des Gesetzgebers gerecht zu werden.

Für die Bebauung des Areals werden **bei Gründung in den Terrassenschottern** der Nahe (schluffig-sandige Kiese) Radonpräventionsmassnahmen der RVK I empfohlen. Präventivmassnahmen in einen **Radonvorsorgebiet RVK I** umfassen nachfolgende Kombination von Massnahmen:

1. Konstruktiv bewehrte, durchgehende Bodenplatte aus Beton (Dicke: ≥ 18 cm). Sollte eine durchgehende Bodenplatte aufgrund der Bauart, der Notwendigkeit von Dehnfugen etc. nicht möglich sein, ist auf deren gasdichte Ausführung zu achten.
2. Abdichtung von Böden und Wänden im erdberührten Bereich gegen von außen

angreifende Bodenfeuchte in Anlehnung an DIN 18195 mit Materialien, die auch zur Radonabwehr geeignet sind.

3. Abdichtung von Zu- und Ableitungen im erdberührten Bereich mit radondichten Materialien bzw. Verwendung gasdichter Komponenten für Durchführungen.
   Durchführungen durch die Bodenplatte und durch erdumlagerte Wände sind für den Radonschutz von besonderer Bedeutung, weil bereits kleinste Leckagen zu einem bedeutenden Zustrom von Bodenluft und Radon führen können. Diese Abdichtungsmaßnahmen umfassen sowohl die gasdichte Abdichtung des Anschlusses von Rohrdurchführungen zum Mauerwerk, aber auch die häufig unterschätzten, freibleibenden Wegsamkeiten innerhalb der, durch die Leitungen nur teilgefüllten Leerrohre. Auch wenn diese nur einen kleinen Durchmesser besitzen, können Sie unsachgemäß abgedicht, bedeutende Radonmengen in das Gebäude liefern.

4. Zuführung der Verbrennungsluft für Heizkessel, Kaminöfen u.ä. von außen zur Reduktion des Gebäudeunterdruckes.

Tiefgründung in den tertiären Mergeln

Bei Tiefgründung der Bauvorhaben erreichen diese unter Umständen die sandigen Mergel der früher als Schleichsande bezeichneten Stadecken-Formation. In diesen kann die Radonkonzentration horizontweise sehr hohe Werte von auch deutlich >200-500 kBq/m^3 annehmen. Über dünne sandige Zwischenlagen ist dann bei trockenen Bodenbedingungen auch eine erhöhte Gaspermeabilität möglich.
Deshalb sollten bei Gründung in den Schleichsanden mindestens Radonpräventionsmassnahmen der Stufe **RVK II** ergriffen werden.
Präventivmassnahmen in einen **Radonvorsorgebiet RVK II** umfassen mindestens nachfolgende Massnahmenkombination:

1. Konstruktiv bewehrte, durchgehende Bodenplatte aus Beton (Dicke: ≥ 20 cm).

2. Radondichte, komplett geschlossene Hülle im erdberührten Perimeterbereich des Gebäudes oder im Innenbereich mit gasdichter Anbindung an alle erdberührten Mediendurchführungen.

3. Abdichtung von Zu- und Ableitungen im erdberührten Bereich mit radondichten Materialien, bzw. Verwendung gasdichter Komponenten für Durchführungen.
   Durchführungen durch die Bodenplatte und durch erdumlagerte Wände sind für den Radonschutz von besonderer Bedeutung, weil bereits kleinste Leckagen zu einem bedeutenden

Zustrom von Bodenluft und Radon führen können. Diese Abdichtungsmaßnahmen umfassen sowohl die gasdichte Abdichtung des Anschlusses von Rohrdurchführungen zum Mauerwerk, aber auch die häufig unterschätzten, freibleibenden Wegsamkeiten innerhalb der, durch die Leitungen nur teilgefüllten Leerrohre. Auch wenn diese nur einen kleinen Durchmesser besitzen, können Sie unsachgemäß abgedicht, bedeutende Radonmengen in das Gebäude liefern.

4. Hinterfüllung vor erdberührten Außenwänden mit nicht-bindigen Materialien und Gewährleistung, dass die Hinterfüllung einen Anschluß an die kapillarbrechende Schicht unter der Bodenplatte besitzt, um eine Entlüftung der letzteren zu gewährleisten. An den erdberührten Wänden kann diese Funktion auch eine vliesbeschichtete Noppenfolie übernehmen.

5. Zuführung der Verbrennungsluft für Heizkessel, Kaminöfen u.ä. von außen zur Reduktion des Gebäudeunterdruckes.

6. Eine ergänzende Massnahme könnte eine passive oder aktive Bodengasdrainage sein, zur Erzeugung eines leichten Unterdruckes unter dem Gebäude, zur Druckgradientenumkehr und Ableitung von Bodengas in die Drainage, sofern diese nicht im Einfluss von Hangwasser und Quellhorizonten liegt.

Sorgfalt bei der Radonabwehr sollte ganz besonders für Gebäude ohne Unterkellerung deshalb gelten, weil in diesen im statistischen Mittel die Radonkonzentrationen im Erdgeschoss höher als in unterkellerten Gebäuden sind.

Dieses Gutachten beruht auf punktuellen Messungen. Sollten durch bauvorbereitende Aushubarbeiten andere als hier beschriebene Bodenverhältnisse angetroffen werden, wird dringend empfohlen den Radongutachter hinzuzuziehen, um die Eignung der hier vorgeschlagenen Schutzmaßnahmen in diesem Bereich zu überprüfen.

Solange für das jeweilige Bauprojekt detaillierte Pläne zum geologischen Untergrund und zum Gründungsaufbau nicht vorliegen, ist obiger Massnahmenkatalog als allgemeine vorläufige Empfehlung zu betrachten.
Welche Radonpräventionsmassnahmen am konkreten Bauprojekt umgesetzt werden können und welche zusätzlichen Massnahmen ggf. in Anpassung an das Bauprojekt

erforderlich werden, bzw. durch welche anderen Massnahmen ein kostengünstigerer und gleichermaßen effektiver Radonschutz erreicht wird, sollte nach Vorliegen der Pläne mit einem Radongutachter abgestimmt werden.

GeoConsult Rein

Priv.-Doz. Dr. rer. nat. habil. Bert Rein
Gartenstraße 26-28
55276 Oppenheim
06133-9242-41
www.geoanalysis.eu

Privat-Doz. Dr. rer. nat. habil. Bert Rein Oppenheim, 14.10.2021