

## Bericht

# Radonbelastung in der Bodenluft Flächen mit mit Funktion „Wohnnutzung“ ohne „Wohnen Bestand“ im Bebauungsplan „In der Bruchwiese“, Altenbamberg

Projektnummer 20210621\_Rn222\_ABB

**GeoConsult Rein**



Gartenstrasse 26-28  
55276 Oppenheim  
www.geoanalysis.eu

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

Auftraggeber:

Ortsgemeinde Altenbamberg  
Zum Frauenkopf 8  
55585 Altenbamberg

25.08.2021

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

|  |          |
|--|----------|
| <b>GLIEDERUNG</b>  | <b>2</b> |
| 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<br>in Gebäuden      | 5        |
| 3.3. Radonraumluftkonzentration – Grenzwerte/Richtwerte                                | 6        |
| 4. Lage und Zustand der Untersuchungsfläche  | 7        |
| 5. Vorgehen  | 8        |
| 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<br>einem Meter Tiefe | 20       |
| 7. Bewertung der Ergebnisse und Empfehlung   | 25       |

## Abbildungsverzeichnis

|                    |   |           |
|--------------------|---|-----------|
| <b>Abbildung 1</b> | Lage der Untersuchungsfläche.   | <b>8</b>  |
| <b>Abbildung 2</b> | Gammastrahlungsaktivität in 1 Meter Höhe über dem Boden.  | <b>11</b> |
| <b>Abbildung 3</b> | Ausgewählte Wetterdaten für die Station Meddersheim.  | <b>17</b> |
| <b>Abbildung 4</b> | Ausgewählte Wetterdaten für die Station Oppenheim.  | <b>18</b> |
| <b>Abbildung 5</b> | Schwankung der Radonkonzentration an der GCR-Referenzstation Oppenheim über den Messzeitraum in Altenbamberg. | <b>19</b> |
| <b>Abbildung 6</b> | Radonaktivitätskonzentrationen in einem Meter Tiefe im Boden.   | <b>22</b> |

## Tabellenverzeichnis

|                  |   |           |
|------------------|---|-----------|
| <b>Tabelle 1</b> | Schichtenverzeichnis der Bohrungen  | <b>12</b> |
| <b>Tabelle 2</b> | Radonmesspunkte mit Bodenfeuchte zum Zeitpunkt der Radonmessungen.                | <b>14</b> |
| <b>Tabelle 3</b> | Radonaktivitätskonzentrationen und Radonverfügbarkeit                             | <b>21</b> |
| <b>Tabelle 4</b> | Radonvorsorgegebietsklassifizierung des Bundesamtes für Strahlenschutz (veraltet) | <b>25</b> |

## 1. Auftrag

Die Ortsgemeinde Altenbarnberg beauftragte für einen Teil des Bebauungsplanes „In der Bruchwies“ (Abgrenzung in Abb. 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/ Städtebauliches Konzept (Vorentwurf, M1:1000, Stand 02.06.2021) zum Bebauungsplan „In der Bruchwies / Neuordnung“
- /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 6212 (1984).
- /4/ Wetterdaten des DLR RLP der Stationen Meddersheim, Norheim 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  $100 \text{ Bq/m}^3$ . Bei einer  $\text{Rn}222$ -Raumluftkonzentration von  $800 \text{ Bq/m}^3$  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**

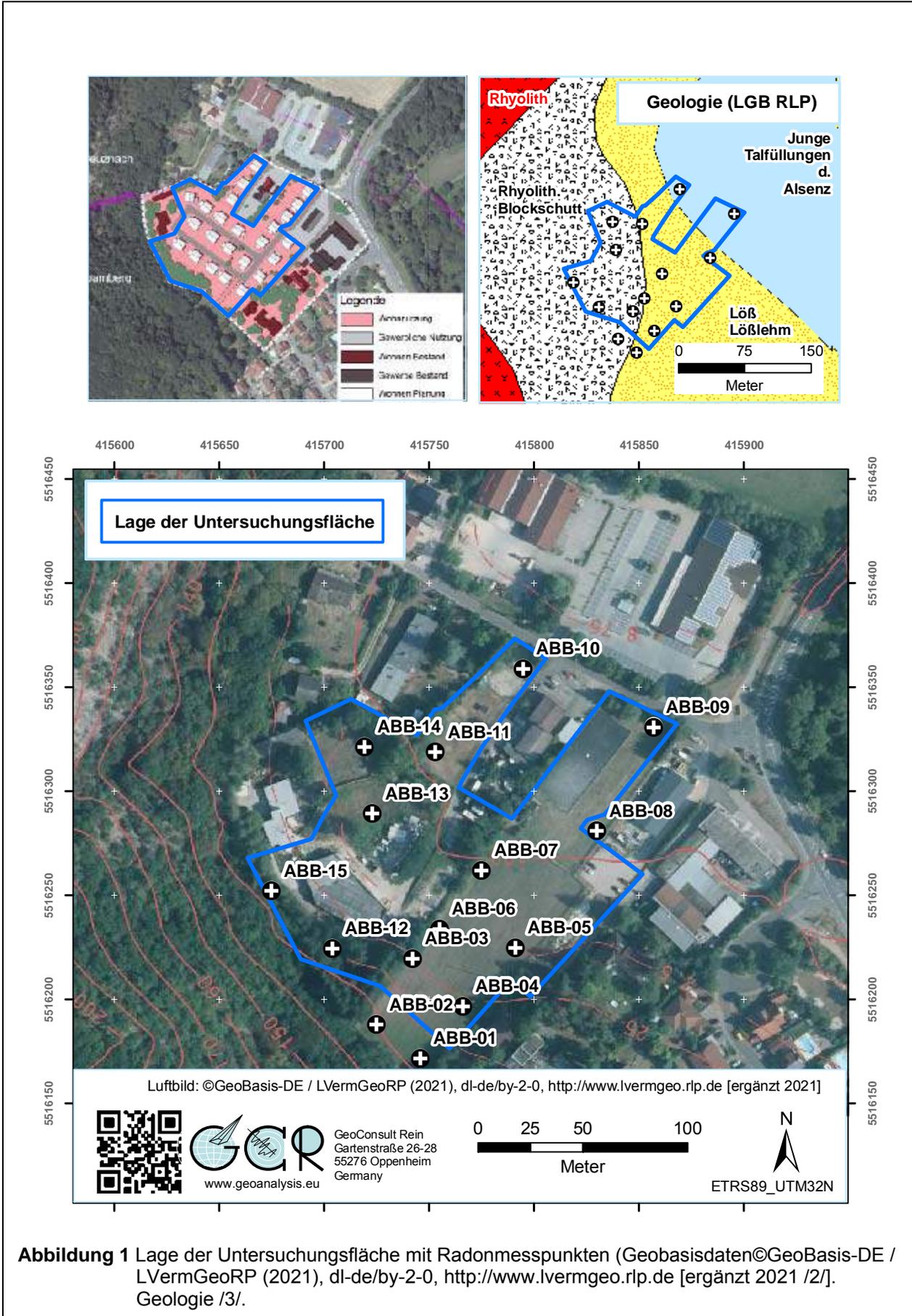
Das Thema Radon gewinnt neben gesundheitlichen Aspekten auch zunehmende Bedeutung für den Werterhalt einer Immobilie, welche durch entsprechende Abdichtmaßnahmen gewährleistet werden kann.

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  $300 \text{ Bq/m}^3$  vorsieht. Den EU-Mitgliedstaaten blieb es überlassen gegebenenfalls auch schärfere nationale Zielwerte unterhalb  $300 \text{ Bq/m}^3$  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  $300 \text{ Bq/m}^3$  festgelegt wurde. Der Gesetzgeber folgt damit nicht den Empfehlungen des Bundesamtes für Strahlenschutz und der Weltgesundheitsorganisation, die einen Referenzwert von  $100 \text{ Bq/m}^3$  vorgeschlagen haben.

#### **4. Lage und Zustand der Untersuchungsfläche**

Die Untersuchungsfläche (Abb. 1) liegt im nördlichen Teil von Altenbamburg. Das Luftbild in Abbildung 1 entspricht weitgehend der Flächennutzung zum Zeitpunkt der Radonmessungen. Der höchste Punkt ( $132 \text{ m NHN}$ ) liegt im Bereich der Wiese an der Südgrenze der Untersuchungsfläche, von wo das Gelände zunehmend verflachend bis in den Bereich des Zaunes auf  $119 \text{ m NHN}$  abfällt. Nördlich anschließend bleibt das Gelände bis zur Straße „In der Bruchwies“ eben ( $119 \text{ m NHN}$ , Abb. 1). Der orographische Übergang zu dem im südlichen Teil tieferliegenden, zum Teil bebauten Teil der Untersuchungsfläche, verläuft in einer künstlichen Geländestufe. Die Wiese unmittelbar westlich dieser Geländestufe war durch Fahrzeuge und Wohnwagen eines Zirkus belegt, sodass diese Fläche von den Untersuchungen ausgenommen werden musste.

Nach Westen und Südwesten grenzt der Bebauungsplan an steil aufsteigende Felswände aus Rhyolith bzw. Rhyolithschutt. Aufgrund dieser Rahmenbedingungen, der umliegenden Bebauung und hochwüchsigen Vegetation ist die Fläche windgeschützt gelegen.



## 5. Vorgehen

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

Die Untersuchungsfläche wurde am 21.06.2021 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 jeweils unmittelbar vor der Anfertigung der Radonmessbohrungen in einem Meter Tiefe mit einem Radon-JOK gemessen.

Die Ansatzpunkte der Gaspermeabilitätssonden wurden anschließend überbohrt, sodass Gaspermeabilitätsmessung und Radonmessung an identischem Ort und in identischer Tiefe erfolgten.

Die 15 Radonmessbohrungen wurden am 21.06.21, am 22.06.21 und am 28. Juni 2021 abgeteuft. Die Bohrungen 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 unter der Radonmesssonde sowie des Oberbodens erfolgten am 09.07.2021. Die Auslagedauer betrug somit 11-18 Tage.

## 6. Ergebnisse

### 6.1. Gammastrahlungsaktivität

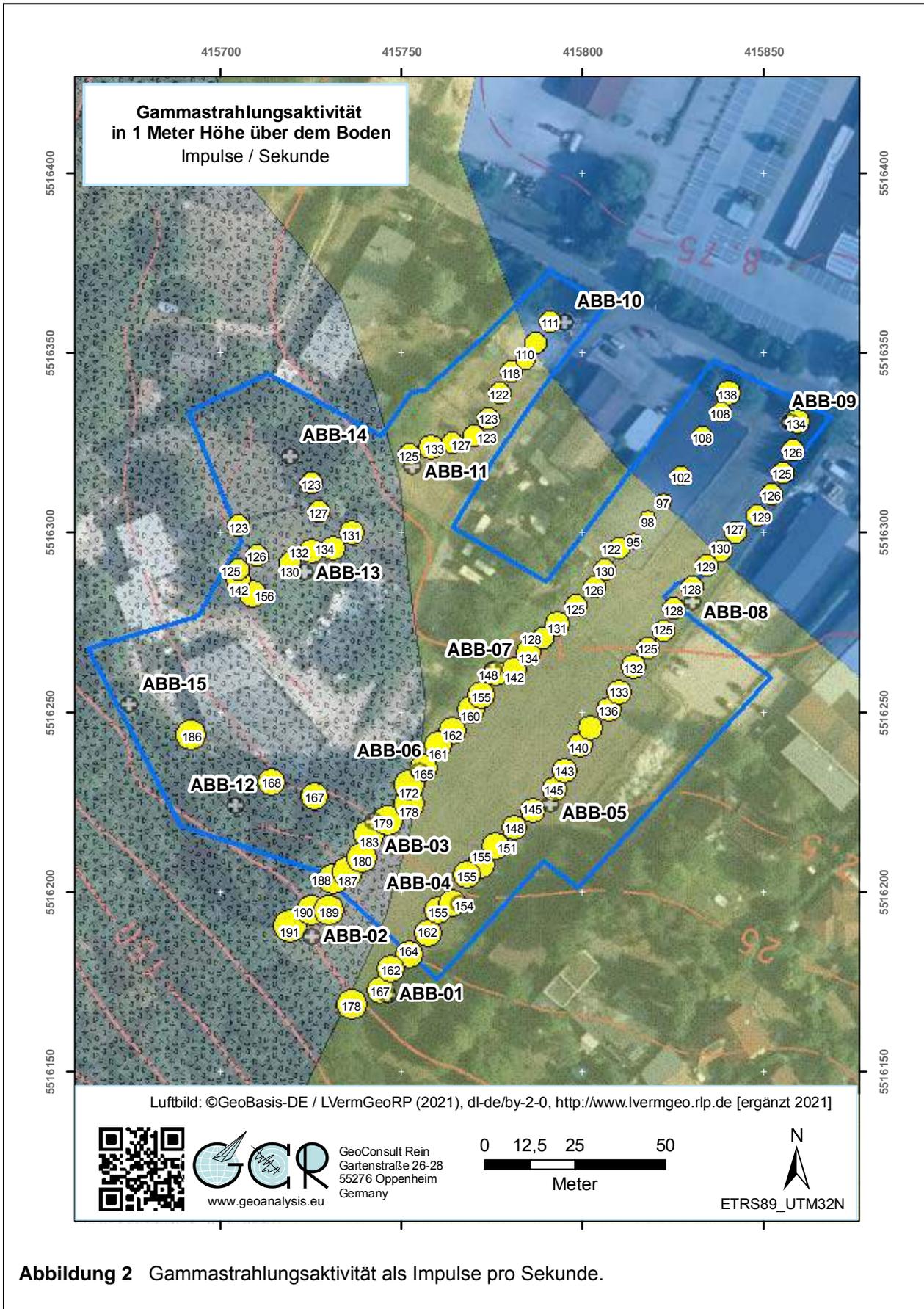
Die Gammastrahlungsaktivität kann Hinweise auf natürliche und anthropogen verursachte Materialwechsel/Strahlungsanomalien vor allem in den oberen 40 cm des Baugrundes geben, die auf Gesteinswechsel, Kontaminationen oder tektonisch-strukturelle Inhomogenitäten hinweisen können. Auch in größerer Tiefe 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) beeinflusst 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).

Im Bereich der Untersuchungsfläche wurden erwartungsgemäß, aufgrund des rhyolithischen Schuttes und Bodenbildungen auf rhyolithischem Ausgangsmaterial, deutlich erhöhte Gammastrahlungsaktivitäten gemessen. Die maximalen Aktivitäten wurden im südlichen Teil der Untersuchungsfläche gemessen. Nach Norden nehmen die Gammastrahlungsaktivitäten zwar ab, bleiben aber immer noch auf einem erhöhten Niveau. Im Übergang zu der Talaue (blau in Abb. 2) ist wieder ein Anstieg der Gammastrahlungsaktivitäten zu verzeichnen.

### 6.2 Geologie und Böden der untersuchten Flächen

Die in den Radonmessbohrungen angetroffenen Bodenhorizonte sind in Tabelle 1 beschrieben. Den oberflächennahen natürlichen Untergrund bildet gemäß der geologischen Karten (/3/) im südlichen Bereich Blockschutt aus den westlich anstehenden Rhyolithhängen. Die im mittleren Teil der Untersuchungsfläche in der geologischen Karte ausgewiesenen Löss- und Lößlehme entsprechen auf der Untersuchungsfläche nicht deren typischer Ausprägung. Vielmehr bestehen die Böden überwiegend aus Grus, Steinen und Sand. Schluff- und Lehmenteile fehlen weitgehend und sind in den Bodenprofilen, in denen sie enthalten sind immer untergeordnete



**Abbildung 2** Gammastrahlungsaktivität als Impulse pro Sekunde.

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

| Bohrung | X<br>ETRS89<br>UTM32N | Y<br>ETRS89<br>UTM32N | Tiefenangaben in cm              |  |
|---------|-----------------------|-----------------------|----------------------------------|--|
| ABB-01  | 415746                | 5516172               | 0-25<br>25-75<br>75-100          | Grus, lehmig, mittelbraun; feu2<br>Grus, lehmig, mittelbraun; feu3<br>Grus, lehmig, mittelbraun; feu3-4  |
| ABB-02  | 415725                | 5516188               | 0-100                            | Grus, sandig; feu1-2   |
| ABB-03  | 415742                | 5516220               | 0-45<br>45-100                   | Grus, sandig, mittelbraun; feu2<br>Grus, sandig, rhyolithfarben; feu1<br>Locker gelagert   |
| ABB-04  | 415766                | 5516197               | 0-25<br>25-80<br>80-100          | Sand, grusig, sehr schwach tonig<br>Lehm, stark sandig, grusig, rötlich braun;<br>feu2-3<br>Grus, lehmig, rötlich braun; feu3  |
| ABB-05  | 415791                | 5516225               | 0-35<br>35-75<br>75-100          | S, schwach grusig, mittelbraun; feu2<br>Sand, lehmig, mittelbraun-rotstichig; feu2-3<br>Sand, lehmig, rotbraun; feu3   |
| ABB-06  | 415755                | 5516234               | 0-30<br>30-100                   | Grus, sandig, mittelgraubraun<br>Grus, sandig, schwach schluffig, schwach<br>tonig, mittelgraubraun; feu3  |
| ABB-07  | 415775                | 5516262               | 0-10<br>10-100                   | Sand, grusig (u.a. Ziegelscherben), braun;<br>feu3<br>Sand, schwach grusig (u.a. Ziegelscherben),<br>z.T. dünne Lagen schwach tonig, braun; feu3                           |
| ABB-08  | 415830                | 5516281               | 0-15<br>15-20<br>20-70<br>70-100 | Sand, schluffig; feu1-2<br>Industrieschlacken +Rhyolithschotter; feu1-2<br>Sand, schwach grusig; feu2<br>Sand, lehmig; feu3  |
| ABB-09  | 415857                | 5516331               | 0-95<br>95-100                   | Grus, sandig, kiesig, mittelbraun; feu2<br>Lehm, grusig, mittelbraun; feu3   |
| ABB-10  | 415795                | 5516359               | 0-10<br>10-80<br>80-100          | Auffüllung:<br>Sanddecke Dressurplatz<br>Grus, sandig, z.T. schwach lehmig<br>Lehm, schwach grusig, ed, dunkelrostfarben   |
| ABB-11  | 415753                | 5516319               | 0-100                            | Auffüllung:<br>Grus/Steine/Sand, schwach lehmig, feu2  |
| ABB-12  | 415704                | 5516224               | 0-35<br>35-100                   | Grus, sandig, mittelbraun; feu2<br>Grus/Steine, sandig, rhyolithfarben; feu2   |
| ABB-13  | 415723                | 5516289               | 0-20<br>20-60<br>60-100          | Sand, lehmig, grusig (u.a. Ziegelsplitter); feu2<br>Sand, grusig, schwach lehmig, rötlich braun;<br>feu3<br>Sand, grusig-steinig, sehr schwach lehmig;<br>feu3             |
| ABB-14  | 415719                | 5516322               | 0-25<br>25-55<br>55-100          | Grus, sandig, schw. lehmig, mittelbraun; feu2<br>Sand, grusig, dünne Ton-/Lehmlagen,<br>rhyolithfarben<br>Sand, stark grusig bis grusiger Sand, gräulich<br>rhyolithfarben |
| ABB-15  | 415675                | 5516252               | 0-15<br>15-100                   | Lehm, steinig/grusig, rotlich braun, feu2<br>Grus/Steine, sandig, schwach schluffig  |

Bestandteile. Die in den Bohrungen ABB-09 und ABB-10 erwarteten jungen lehmig-sandig kiesigen Talfüllungen wurden dort auch in den Bohrungen angetroffen.

### 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 Radonverteilungsungleichgewichtes 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 Bodenfeuchtwerte der zu Beginn und Ende der Radonmessungen entnommenen Bodenproben sind in Tabelle 2 zusammengestellt.

Die Böden waren zu Beginn der Radonmessungen in der Radonmesstiefe in einem Meter Tiefe trocken bis erdfeucht. Beim Vergleich der Bodenfeuchte zwischen den Bohrungen sind dabei die unterschiedlichen Bodenarten (Korngrößenzusammensetzung) zu beachten (Tab. 1). In grusdominierten Böden ist die Bodenfeuchte schon allein aufgrund der Korngrößen und damit der Feuchtebindemöglichkeit geringer als in schluffigen und lehmigen Bodenhorizonten. Nach wiederholten Regenfällen waren die Böden in der Radonmesstiefe nach Ende der Radonmessungen feuchter als zu Beginn der Radonmessungen. Besonders beachtet werden muss die Radonmessbohrung ABB-10, in der am Ende der Radonmessungen Wasser bis 40 cm unter die Geländeoberkante stand. Die in dieser Bohrung gemessenen Radonkonzentrationen sind somit durch den Wasserstand beeinträchtigt.

Die zum Beginn der Radonmessungen noch trockenen Böden waren mit Ausnahme der oberflächennah Korngrößenbedingt (vgl. Tab. 1) scheinbar trockenen Bohrung ABB-10 zumindest erdfeucht.

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

| Messpunkt | Radonmessperiode | Bodenfeuchte (Wassergehalt %) |      |          |      |
|-----------|------------------|-------------------------------|------|----------|------|
|           |                  | Basis Bohrung                 |      | 15-20 cm |      |
|           |                  | Anfang                        | Ende | Anfang   | Ende |
| ABB-01    | 21.06 – 09.07.21 | 9,9                           | 10,2 | 10,8     | 14,9 |
| ABB-02    | 21.06 – 09.07.21 | 6,5                           | 12,6 | 6,8      | 19,6 |
| ABB-03    | 21.06 – 09.07.21 | 4,9                           | 11,2 | 5,6      | 18,7 |
| ABB-04    | 21.06 – 09.07.21 | 10,2                          | 14,6 | 11,3     | 18,3 |
| ABB-05    | 21.06 – 09.07.21 | 13,2                          | 18,6 | 10,7     | 15,9 |
| ABB-06    | 21.06 – 09.07.21 | 10,6                          | 14,2 | 8,3      | 19,8 |
| ABB-07    | 22.06 – 09.07.21 | 13,1                          | 15,1 | 9,8      | 22,0 |
| ABB-08    | 22.06 – 09.07.21 | 15,3                          | 17,4 | 8,0      | 19,9 |
| ABB-09    | 22.06 – 09.07.21 | 14,7                          | 14,7 | 6,8      | 22,3 |
| ABB-10    | 28.06 – 09.07.21 | 14,3                          | 26,2 | 8,5      | 9,5  |
| ABB-11    | 28.06 – 09.07.21 | 12,1                          | 19,3 | 13,2     | 13,8 |
| ABB-12    | 22.06 – 09.07.21 | 10,4                          | 11,4 | 9,2      | 12,2 |
| ABB-13    | 22.06 – 09.07.21 | 12,0                          | 13,8 | 8,1      | 19,3 |
| ABB-14    | 28.06 – 09.07.21 | 11,1                          | 11,7 | 7,9      | 16,8 |
| ABB-15    | 22.06 – 09.07.21 | 12,1                          | 11,5 | 9,9      | 13,1 |

## 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 in den grusigen, steinigen und sandigen Böden hoch bis sehr hoch. Die sehr hohen Gaspermeabilitäten ( $>1,4E-11$ ) sind messtechnisch nur unscharf zu erfassen. Die mit  $>1,01E-10$  m<sup>2</sup> in Tabelle 3 angegebenen Gaspermeabilitäten sind in diesen Fällen als minimale Gaspermeabilitäten zu verstehen, die aufgrund der Korngrößenverteilung tatsächlich auch 1-2 Größenordnungen (E-09 bis E-08 m<sup>2</sup>) höher liegen können. Geringe Gaspermeabilitäten wurden nur in den lehmigen Sanden der Bohrungen ABB-05 und ABB-08 gemessen.

Die überwiegend grusig-sandigen Böden über der Radonmesstiefe setzen der Radonexhalation aus dem Boden einen nur geringen Widerstand entgegen. Für die Bewertung der gemessenen Radonkonzentrationen (Kap. 7) ist deshalb die zukünftige Versiegelung der Böden durch die Bodenplatte der Bauvorhaben unbedingt zu berücksichtigen. Unter Versiegelung werden die Radonkonzentrationen deshalb unter den Gebäuden höher sein als derzeit gemessen.

## 6.5 Witterungseinflüsse während des Messzeitraumes

Die Wetterstation Meddersheimheim (169 m NN) liegt im südwestlichen Teil von Meddersheim auf einer Wiese eines landwirtschaftlichen Betriebes. Aufgrund der Tallage, der umseitigen Bebauung und umliegenden hochwüchsigen Vegetation ist die Lage der Wetterstation als windgeschützt zu charakterisieren. Die Entfernung zur Untersuchungsfläche beträgt 16 Kilometer. Die näher gelegene Wetterstation Norheim (Entfernung 2,8 km) zwischen Norheim und Hüffelsheim ist wegen der extrem

windexponierten Lage für die Verwendung in diesem Gutachten ungeeignet. Zudem werden an dieser Station keine Bodentemperaturen aufgezeichnet.

Die Wetterstation Oppenheim DLR liegt am Übergang vom Mittel- zum Unterhang eines ostexponierten Weinberges bei 128 m NN. Diese Wetterstation liegt nahe der Radonreferenzstation von GCR.

Die Abbildungen 3-4 geben einen Überblick über die Witterungsbedingungen an oben genannten Wetterstationen während des Zeitraums der Radonlangzeitmessungen auf der Untersuchungsfläche.

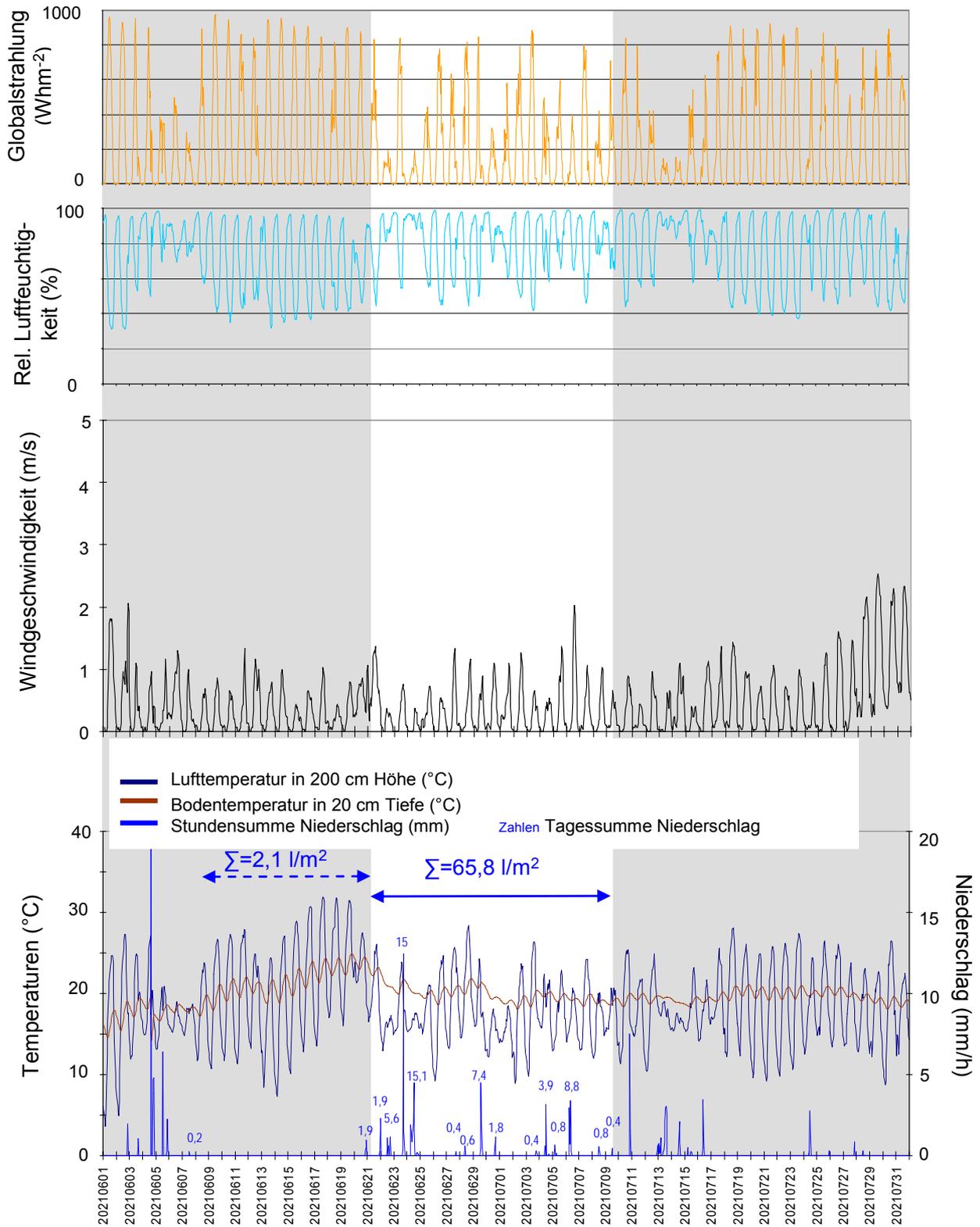
Die in einer Höhe von 2 m über dem Boden gemessenen stündlich gemittelten Lufttemperaturen und die gleichermaßen in einer Tiefe von 20 cm ermittelten Bodentemperaturen sind zusammen mit den Stundensummen (Kurve) des Regenfalles dargestellt. Die blauen Zahlen über der Niederschlagskurve geben die Tagessummen des Niederschlages an.

In dem darüber folgenden Diagramm ist die stündliche durchschnittliche Windgeschwindigkeit dargestellt. Die beiden oberen Diagramme zeigen die stündliche Veränderung der relativen Luftfeuchte und der Globalstrahlung.

Die Zeiträume vor und nach der Radonmessung sind grau hinterlegt.

An den Wetterstationen waren die Verläufe von Globalstrahlung, relativer Luftfeuchte, Luft- und Bodentemperaturen und Temperaturgradienten vergleichbar.

Sowohl in Oppenheim als auch in Meddersheim (und Norheim) ging den Radonmessungen in Altenbamburg eine 14-tägige trockene Periode voraus. Während der Radonmessungen in Altenbamburg fielen aber an allen Wetterstationen an den gleichen Tagen Regenfälle, insgesamt 65,8 l/m<sup>2</sup> in Meddersheim und 71,4 l/m<sup>2</sup> in Oppenheim. Aufgrund des ähnlichen Witterungsverlaufes kann für die Untersuchungsfläche in Altenbamburg eine ähnliche zeitliche Dynamik der Entwicklung der Radonkonzentration im Boden wie in Oppenheim angenommen werden.



**Abbildung 3** Ausgewählte Wetterdaten für die Station Meddersheim - DLR (Quelle: DLR RLP).

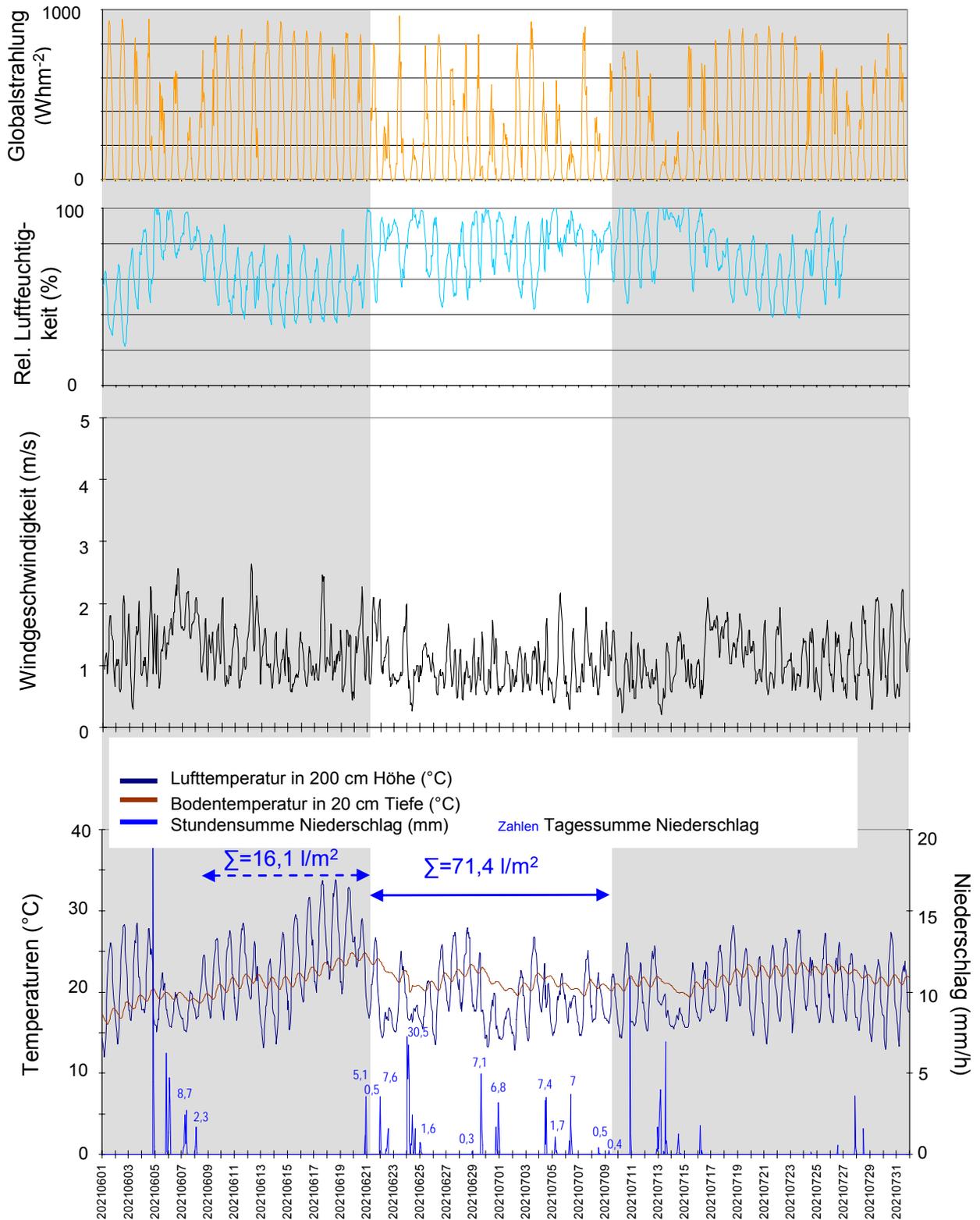
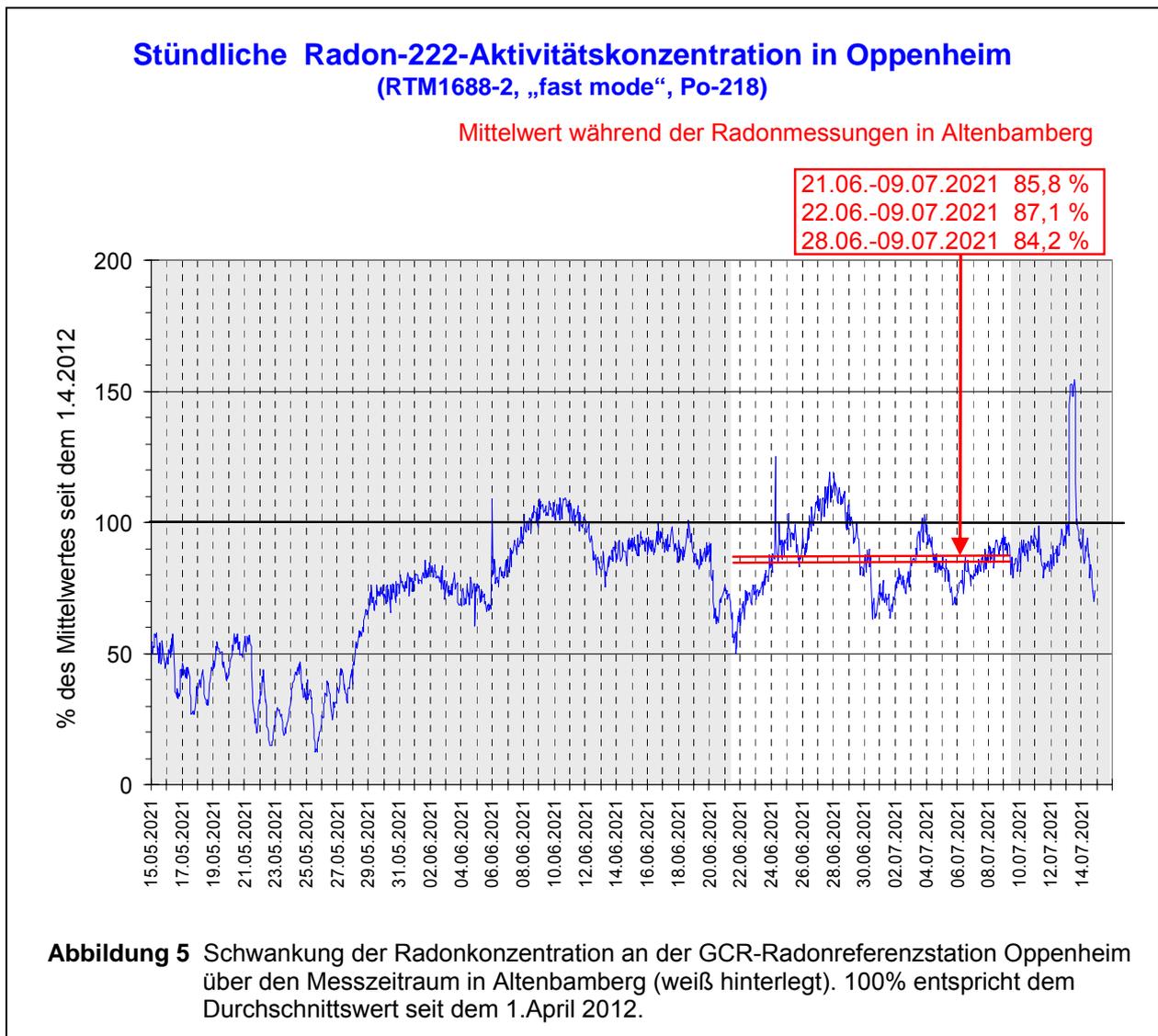


Abbildung 4 Ausgewählte Wetterdaten für die Station Oppenheim (Quelle: DLR RLP).

Die Wetterstation Oppenheim 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.



Innerhalb der Radonmessperiode in Altenbamburg betrug, die über den Zeitraum der Radonlangzeitmessungen gemittelte Radonkonzentration an der Referenzstation je nach messzeitraum rund 84 - 87 % des 9-jährigen Mittelwertes (Abb. 5). Die langfristige mittlere Radonaktivitätskonzentration der Untersuchungsfläche wird somit durch die Radonlangzeitmessungen witterungsbedingt unterschätzt. Deshalb war eine

Witterungskorrektur der in Altenbarnberg 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  $13 \text{ kBq/m}^3 \pm 15\%$  bis  $132 \text{ kBq/m}^3 \pm 15\%$  (2sigma) (Tab. 3, Spalte (2)).

Nach approximierter Witterungskorrektur ergeben sich die in Tabelle 3 – Spalte (3) dargestellten Radonaktivitätskonzentrationen ( $C_{Rn \text{ wk}}$ ) mit Werten zwischen  $15,4 \pm 15\%$  bis  $153,8 \text{ kBq/m}^3 \pm 15\%$  (2sigma).

Die niedrigste Radonkonzentration wurde in der bis 40 cm unter Geländeoberkante im Wasser stehenden Bohrung ABB-10 gemessen. Hier hat radonarmes Niederschlagswasser den Zutritt von Radon in die Messsonde eingeschränkt.

Bei Betrachtung der „Radonkonzentration“ als alleinigem Kriterium ergibt sich bei einem weniger anspruchsvollen, aber veralteten Zielwert der Radonkonzentration von  $400 \text{ Bq/m}^3$  (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 höchsten Radonvorsorgeklassen RVK II und RVK III (Spalte 3, Tabelle 3). Eine Ausnahme stellt aus oben erwähnten Gründen die Messbohrung ABB-10 dar.

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 der Messpunkte ABB-5 und ABB-08 ergibt sich für die anderen Radonmesspunkte eine Erhöhung der Radonvorsorgeklasse (Spalte 4 der Tabelle 3) im Vergleich zur Wertung

in Spalte 3. Mit Ausnahme von ABB-05, ABB-08 und ABB-10 werden die anderen Radonmesspunkte danach der höchsten Radonpräventionsklasse zugeordnet.

**Tabelle 3:** Radonaktivitätskonzentrationen und Radonverfügbarkeit in 1 Meter Tiefe.

| Messpunkt            | Radon-222-Aktivitätskonzentration<br>[kBq/m <sup>3</sup> ] ±15% (2sigma)                                |                              |   | Gasperm [m <sup>2</sup> ] | Radonverfügbarkeit<br>(Radonpotential)<br>Klassifizierung<br>auf Zielwert<br><b>251Bq/m<sup>3</sup></b> |  | Radonpotenzial<br>Bundesamt f.<br>Strahlenschutz<br><br>Zukünftiger EU-<br>weiter<br>Bewertungs-<br>massstab für<br>Erst-Ausweisung<br>Risikogebiete |     |
|----------------------|---|------------------------------|---|---------------------------|---|--|--|-----|
|                      | BfS-Klassifizierung<br>auf Zielwert<br><b>411Bq/m<sup>3</sup></b>                                       |                              |   |                           | (6)   | (7)  |  | (8) |
|                      | (2)   | (3)                          | (4)   |                           |   |  |  |     |
|                      | C <sub>Rn</sub><br>+/-15%<br><br>(ohne<br>Witterungs-<br>korrektur)<br><br>ohne RVK-<br>Wertung         | C <sub>Rn wk</sub><br>+/-15% | C <sub>Rn wk</sub><br>+/-15%<br><br>Wertung<br>unter<br>Berücksichti-<br>gung<br>hoher<br>Gaspermea-<br>bilität |                           | RVI<br>(Bq/m)<br>(Surbeck)<br><br>RVI C <sub>Rn wk</sub>  | Rna<br>(dimensionslos)<br>(Slunga)<br><br>Rna C <sub>Rn wk</sub> | RP<br>(dimensionslos)<br>(BfS/Neznal)<br><br>RP C <sub>Rn wk</sub><br><br>Radonrisiko  |     |
| ABB-01               | 132,0   | 153,8                        | 153,8   | >1,01E-10                 | >1,55E-05   |  | -35.600  |     |
| ABB-02               | 66,2  | 77,2                         | 77,2  | >1,01E-10                 | >7,80E-06   |  | -17.862  |     |
| ABB-03               | 60,1  | 70,0                         | 70,0  | >1,01E-10                 | >7,07E-06   |  | -16.206  |     |
| ABB-04               | 66,5  | 77,5                         | 77,5  | 7,75E-12                  | 6,01E-07  |  | 70   |     |
| ABB-05               | 74,6  | 87,0                         |   | 5,46E-13                  |   | 2,1  | 38,4   |     |
| ABB-06               | 80,8  | 94,1                         | 94,1  | >5,00E-11                 | >4,71E-06   |  | 313  |     |
| ABB-07               | 74,6  | 85,6                         | 85,6  | 1,16E-11                  | 9,93E-07  |  | 92   |     |
| ABB-08               | 51,1  | 58,7                         |   | 4,95E-13                  |   | 1,9  | 26   |     |
| ABB-09               | 93,1  | 106,9                        | 106,9   | >1,01E-10                 | >1,08E-05   |  | -24.731  |     |
| ABB-10               | 13,0  | 15,4                         | 15,4  | >1,01E-10                 | >1,55E-06   |  | -3.562   |     |
| ABB-11               | 91,1  | 108,2                        | 108,2   | >1,01E-10                 | >1,09E-05   |  | -25.033  |     |
| ABB-12               | 57,5  | 66,1                         | 66,1  | 1,60E-11                  | 1,06E-06  |  | 83   |     |
| ABB-13               | 55,1  | 63,3                         | 63,3  | 9,55E-12                  | 6,04E-07  |  | 62   |     |
| ABB-14               | 75,1  | 89,2                         | 89,2  | 1,20E-11                  | 1,07E-06  |  | 97   |     |
| ABB-15               | 69,7  | 82,8                         | 82,8  | >1,01E-10                 | >8,36E-06   |  | -19.153  |     |
| <b>RVK – Wertung</b> |   |                              |   |                           |   |  |  |     |
| RVK 1                | Keine Radonschutzmaßnahmen erforderlich   |                              |   |                           |   |  |  |     |
| RVK I                | Radonvorsorgegebietsklasse I - <b>grundlegende</b> Radonschutzmaßnahmen erforderlich                    |                              |   |                           |   |  |  |     |
| RVK II               | Bauen gemäß Radonvorsorgegebietsklasse II - <b>umfangreiche</b> Radonschutzmaßnahmen erforderlich       |                              |   |                           |   |  |  |     |
| RVK III              | Bauen gemäß Radonvorsorgegebietsklasse III – <b>sehr umfangreiche</b> Radonschutzmaßnahmen erforderlich |                              |   |                           |   |  |  |     |
|                      | Randbedingungen nicht gegeben   |                              |   |                           |   |  |  |     |
| <b>RP-Wertung</b>    |   |                              |   |                           |   |  |  |     |
| <20                  | Radonrisiko - wahrscheinlich gering   |                              |   |                           |   |  |  |     |
| >20-44               | Radonrisiko - indifferent   |                              |   |                           |   |  |  |     |
| >44                  | Radonrisiko - hoch  |                              |   |                           |   |  |  |     |

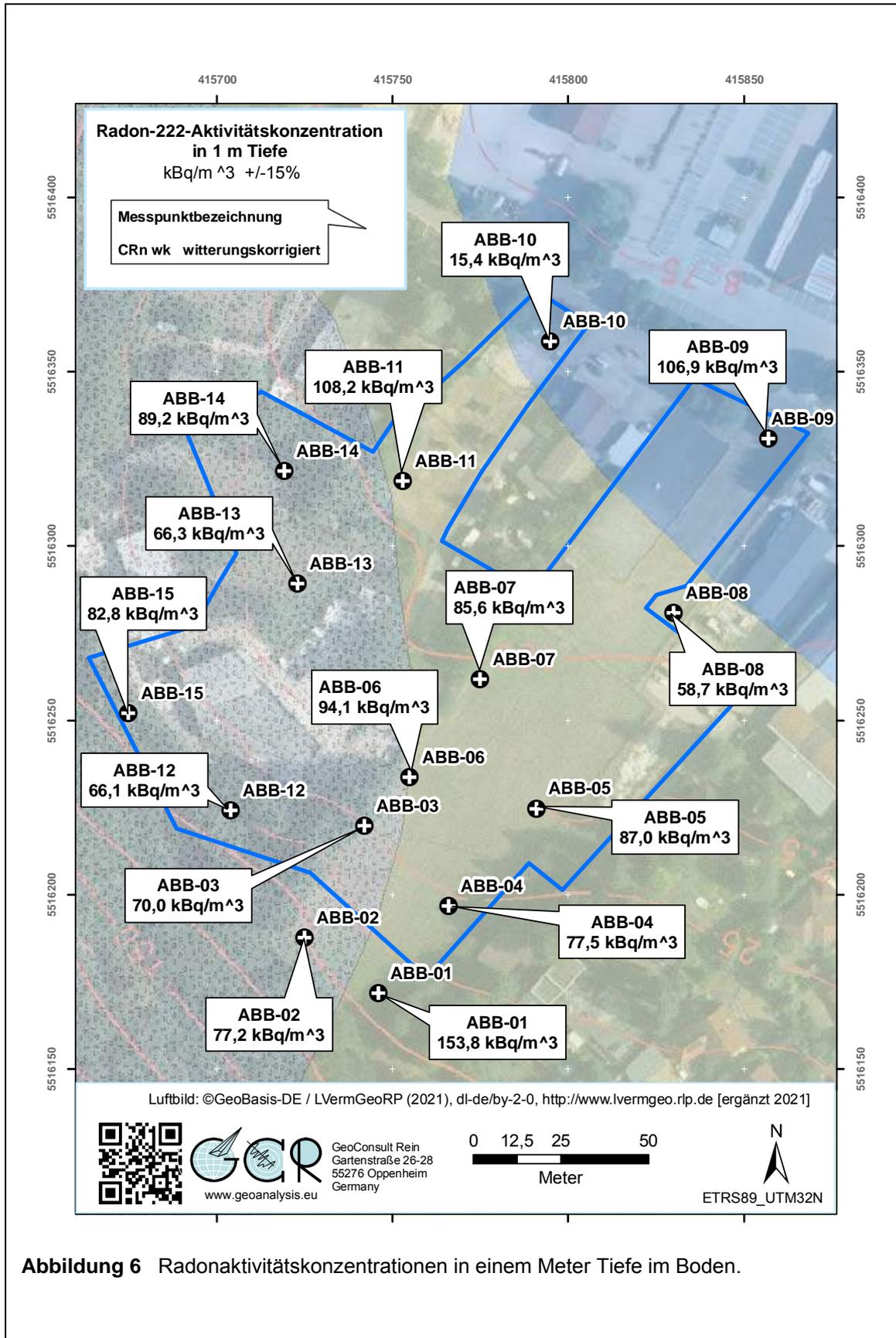


Abbildung 6 Radonaktivitätskonzentrationen in einem Meter Tiefe im Boden.

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 den geringen Gaspermeabilitäten in den Bohrungen ABB-05 und ABB-08 wird die Radonzahl von Slunga verwandt (Spalte 7 in Tab. 3).

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

Nach dieser, neben der Radonkonzentration auch die Gaspermeabilität berücksichtigenden Klassifikation und dem EU-Referenzwert von  $<300 \text{ Bq/m}^3$  in der Raumluft, werden die Messpunkte den Radonvorsorgeklassen RVK I, RVK II und RVK III zugeordnet.

Eine vom Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) herausgegebene, deutschlandweite Karte, berücksichtigt über einen vereinfachten Term ebenfalls die Gaspermeabilität und Radonkonzentration bei der großräumigen (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  $\leq 20$  eher unwahrscheinlich Verwaltungsdistrikt-weit hohe Überschreitungsrate ( $>10\%$ ) des Radonreferenzwertes von  $300 \text{ Bq/m}^3$  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 wohlgerneht 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 wiedergegeben. Demnach ist fast allen Radonmesspunkten auf der Untersuchungsfläche in Altenbarnberg ein hohes Radonrisiko zuzuordnen.

In Rheinland-Pfalz konnte wegen der relativ geringen Anzahl verfügbarer Raumlufmessungen in Gebäuden die Gültigkeit bzw. Bedeutung oben genannter Schwellwerte, die auch in hoher Abhängigkeit von der 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<br>(Zielwert Innenraumluftkonzentration <411 Bq/m <sup>3</sup> ) | Radonaktivitätskonzentration<br>(kBq/m <sup>3</sup> = Kilo-Becquerel/m <sup>3</sup> ) |
|--|---|
| Radonvorsorgegebiet 1 (RVK 1)  | <20 kBq/m <sup>3</sup> (<20000 Bq/m <sup>3</sup> )                                    |
| Radonvorsorgegebiet I (RVK I)  | >20 – 40 kBq/m <sup>3</sup>   |
| Radonvorsorgegebiet II (RVK II)  | >40 – 100 kBq/m <sup>3</sup>  |
| Radonvorsorgegebiet III (RVK III)  | >100 kBq/m <sup>3</sup>   |

\*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<sup>3</sup> in Innenräumen) als von der EU seit 2013 und seit Juni 2017 auch durch ein Bundesgesetz geregelt (300 Bq/m<sup>3</sup>) als Bemessungsgrundlage verwandt.

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  $250 \text{ Bq/m}^3$  in der Raumluft, um den neuen Anforderungen des Gesetzgebers gerecht zu werden.

Wenn durch den jeweiligen Bauherren keine weiteren Untersuchungen der Radonsituation auf seinem Bauplatz vorgesehen sind, dann sind Radonpräventionsmassnahmen der Radonvorsorgegebietsklasse **RVK III** zu empfehlen.

Für alle Bauplätze auf denen schon durch dieses Gutachten Bedingungen der RVK III festgestellt wurden, sind Radonpräventionsmassnahmen der Radonvorsorgegebietsklasse **RVK III** zu empfehlen.

Für Bauplätze auf denen durch dieses Gutachten bisher keine Bedingungen der RVK III festgestellt wurden, wird eine individuelle und BV-bezogene Baugrunduntersuchung hinsichtlich der bauplatzscharfen Radonbelastung empfohlen, um festzustellen, ob kleinräumig (individueller Bauplatz) nicht Radonpräventionsmassnahmen gemäß **RVK II** ausreichend sind.

**Nur für den Fall**, dass durch bauplatzspezifische, weitergehende Untersuchungen nachgewiesen wird, dass Bedingungen der Radonpräventionsklasse **RVK II** auf dem jeweiligen Bauplatz gegeben sind, dann würden nachfolgende Radonpräventionsmassnahmen ausreichen:

1. Konstruktiv bewehrte, durchgehende Bodenplatte aus Beton (Dicke:  $\geq 20 \text{ cm}$ ).

2. Radondichte, komplett geschlossene Hülle im erdberührten Perimeterbereich des Gebäudes oder im Innenbereich mit gasdichter Anbindung an alle erdberührten Mediendurchführungen.
3. Eine passive oder aktive Bodengasdrainage wird dringend empfohlen zur Erzeugung eines Unterdruckes unter dem Gebäude, zur Druckgradientenumkehr und Ableitung von Bodengas in die Drainage, sofern diese nicht im Einfluss von Hangwasser und Quellhorizonten liegt.
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.

Radonpräventionsmassnahmen gemäß **RVK III** umfassen **zusätzlich zu obigen Massnahmen individuelle Anpassungen, die letztendlich nur gebäudespezifisch sinnvoll zu projektieren sind.**

**Über RVK II hinausgehende und für RVK III mindestens erforderliche Massnahmen** sind z.B.

6. Auf Aufenthaltsräume im Kellergeschoss sollte verzichtet werden.
7. Kein Treppenaufgang vom Kellergeschoss in die Wohnetagen. Zugang zum Keller nur von außen. Sollte trotzdem ein Treppenaufgang geplant sein, sollte der Einbau einer gasdichten Schleuse realisiert werden.
8. Mediendurchführungen vom Kellergeschoss in höhere Etagen sind hermetisch (gasdicht) abzudichten.
9. Auf die Durchführung von Zu- und Ableitungen im erdberührten Bereich sollte verzichtet werden.

10. Für nicht unterkellerte Gebäude sind erdberührte Durchdringungen der Gebäudehülle unbedingt zu vermeiden.

Solange für das jeweilige Bauprojekt detaillierte Pläne zum geologischen Untergrund (inkl. Radon) und zum Gründungsaufbau nicht vorliegen, ist obiger Massnahmenkatalog als allgemeine Empfehlung zu betrachten. Welche Radonpräventionsmassnahmen davon am konkreten Bauprojekt umgesetzt werden sollten, bzw. durch welche anderen Massnahmen ein kostengünstigerer und gleichermaßen effektiver Radonschutz erreicht wird, kann nach Vorliegen der Pläne abgestimmt werden, um einen optimierten Wirkungs-/Kosteneffekt bei der Radonprävention zu erreichen.

  
GeoConsult Rein  
GGR  
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, 25.08.2021