

**Bericht**  
**Orientierende Untersuchung der**  
**Radonbelastung in der Bodenluft**  
Gemarkung Selzen,  
Westteil Flur 14, Flurst. 36,  
Bauvorhaben Stiftung Senfkorn

**GeoConsult Rein**



Gartenstrasse 26-28  
55276 Oppenheim  
[www.geoanalysis.eu](http://www.geoanalysis.eu)

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

**Auftraggeber:**  
Hans Robert Seemann  
Kirschgartenstraße 9  
55278 Selzen

2. Juli 2015

---

<b>GLIEDERUNG</b>	<b>2</b>
<b>1. Auftrag</b>	<b>4</b>
<b>2. Verwendete ortsbezogene Materialien</b>	<b>4</b>
<b>3 Grundlagen zum Thema Radon</b>	<b>4</b>
<b>3.1. Was ist und woher kommt Radon?</b>	<b>4</b>
<b>3.2. Geologische und bauliche Einflüsse auf die Radonkonzentration in Gebäuden</b>	<b>5</b>
<b>3.3. Radonraumluftkonzentration – Grenzwerte/Richtwerte</b>	<b>6</b>
<b>4. Lage und Zustand der Untersuchungsfläche</b>	<b>7</b>
<b>5. Methoden</b>	<b>7</b>
<b>6. Ergebnisse der Feldarbeiten</b>	<b>9</b>
<b>6.1. Gammastrahlungsaktivität</b>	<b>9</b>
<b>6.2. Geologie und Böden der untersuchten Flächen</b>	<b>11</b>
<b>7. Laborergebnisse</b>	<b>11</b>
<b>7.1 Bodenfeuchte</b>	<b>11</b>
<b>7.2 Gaspermeabilität</b>	<b>12</b>
<b>7.3 Witterungseinflüsse während des Messzeitraumes</b>	<b>13</b>
<b>7.4 Radon-222-Aktivitätskonzentrationen</b>	<b>17</b>
<b>8. Bewertung der Ergebnisse und Empfehlung</b>	<b>20</b>

## Abbildungsverzeichnis

<b>Abbildung 1</b>	Lage der Untersuchungsfläche	<b>8</b>
<b>Abbildung 2</b>	Gamma-Strahlungsaktivität in 1 Meter Höhe über dem Boden	<b>10</b>
<b>Abbildung 3</b>	Ausgewählte Wetterdaten für die Station Selzen (070)	<b>14</b>
<b>Abbildung 4</b>	Ausgewählte Wetterdaten für die Station Oppenheim (008)	<b>15</b>
<b>Abbildung 5</b>	Schwankung der Radonkonzentration an der GCR-Referenzstation Oppenheim	<b>16</b>
<b>Abbildung 6</b>	Radon-222-Aktivitätskonzentration im Boden in einem Meter Tiefe	<b>19</b>

## Tabellenverzeichnis

<b>Tabelle 1</b>	Radonmesspunkte mit Bodenfeuchte zum Zeitpunkt der Radonmessungen	<b>12</b>
<b>Tabelle 2</b>	Radonaktivitätskonzentrationen	<b>18</b>
<b>Tabelle 3</b>	Radonvorsorgegebietsklassifizierung des Bundesamtes für Strahlenschutz	<b>18</b>

## 1. Auftrag

Herr Hans Robert Seemann bat um Radonmessungen mit gutachterlicher Stellungnahme zu der in Abbildung 1 umrissenen Grundfläche eines Seniorenwohnheims im westlichen Teil des Flurstückes 36, Flur 14 in der Gemarkung Selzen.

Die Radonkonzentration im Boden sollte orientierend untersucht werden, um festzustellen, ob und in welchem Umfang Massnahmen zum Schutz vor Radon bei der Bebauung des Geländes zu empfehlen sind.

## 2. Verwendete ortsbezogene Materialien

- /1/ Bebauungsplan
- /2/ LANIS RLP
- /3/ Online-Karten, Landesamt für Geologie und Bergbau
- /4/ Geologische Karte GK25 6115 Udenheim LGB RLP 1972)
- /5/ Wetterdaten des DLR der Stationen Oppenheim (008) und Selzen (070)

## 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.

Sind Menschen längerfristig erhöhten Radonkonzentrationen ausgesetzt, erhöht sich das Risiko einer Erkrankung an Lungenkrebs um jeweils 10% mit einem jeweiligen Anstieg der Radonraumlufte um  $100 \text{ Bq/m}^3$ . Bei einer Rn222-Raumluftekonzentration 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 strahlen-exponierter Personen.

### **3.2. Geologische und bauliche Einflüsse auf die Radonkonzentration in Gebäuden**

Die Radon(aktivitäts)konzentration 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.

Außerhalb von Gebäuden wird das aus dem Boden austretende Radon sofort durch die Atmosphärenluft auf sehr niedrige Konzentrationen verdünnt. Innerhalb von Gebäuden können aber aufgrund des Bauuntergrundes und der Bauweise erhebliche

Radonkonzentrationen auftreten. Die Radonkonzentration in Gebäuden 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 wird in naher Zukunft neben gesundheitlichen Aspekten auch zunehmende Bedeutung für den Werterhalt einer Immobilie gewinnen. Radonsanierungsmaßnahmen kosten in der Regel das Mehrfache von Radonpräventionsmaßnahmen.

Am 5.12.2013 verabschiedete der Rat der Europäischen Union eine neue EU-Grundnorm, die als wesentliche Neuerung eine EU-weite Regelung enthält, die

spätestens ab dem 1. Januar 2018 eine Radonraumluftkonzentration von maximal 300 Bq/m<sup>3</sup> zulässt. Im Bereich von öffentlich zugänglichen Gebäuden und Arbeitsplätzen greift dieser Wert über die Arbeitsstättenchutzverordnung, im Bereich privaten Wohnungsbaus wird spätestens bei Vermietung und Verkauf einer Immobilie diese Regelung zum Tragen kommen (vgl. Energiepass). Radonprävention schützt deshalb nicht nur die Gesundheit der Gebäudenutzer, sondern sichert auch den Werterhalt der Immobilie.

Den EU-Mitgliedsstaaten bleibt es überlassen gegebenenfalls auch schärfere nationale Grenzwerte unterhalb 300 Bq/m<sup>3</sup> festzulegen und diese auch früher in Kraft zu setzen.

Die Weltgesundheitsorganisation und das Bundesumweltministerium empfehlen für Neubauten einen Richtwert von 100 Becquerel/m<sup>3</sup>.

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

Die zu untersuchende Fläche liegt am östlichen Ortsrand von Selzen im Unterhang eines nach Westen exponierten schwach geneigten Hanges. Die topografische Höhe beträgt innerhalb der Untersuchungsfläche 134-135 m NN. Die Fläche war zum Zeitpunkt der Radonmessungen von 60-80 cm hohem Getreide bewachsen. Der Boden war in einem Abstand von 1-2 Meter von tiefreichenden Schrumpfrissen durchzogen. In den zum Teil 1-2 cm weiten Rissen konnte ein Zollstock bis in 40-50 Zentimeter Tiefe geführt werden.

#### **5. Methoden**

Als Planungsgrundlage für die auszuführenden Arbeiten wurde der Bebauungsplan genutzt, aus dem die Baugrenze als zu untersuchende Fläche übernommen wurde.

Die Einmessung aller Messpunkte erfolgte mit GPS. Die Positionsgenauigkeit der Koordinaten beträgt gemäß GPS-Statistik ± 3 Meter. Die GPS-Koordinaten, der zur Kontrolle vermessenen Grundstückseckpunkte bestätigen und belegen eine ausreichende Lagegenauigkeit mit oben genannter Präzision.

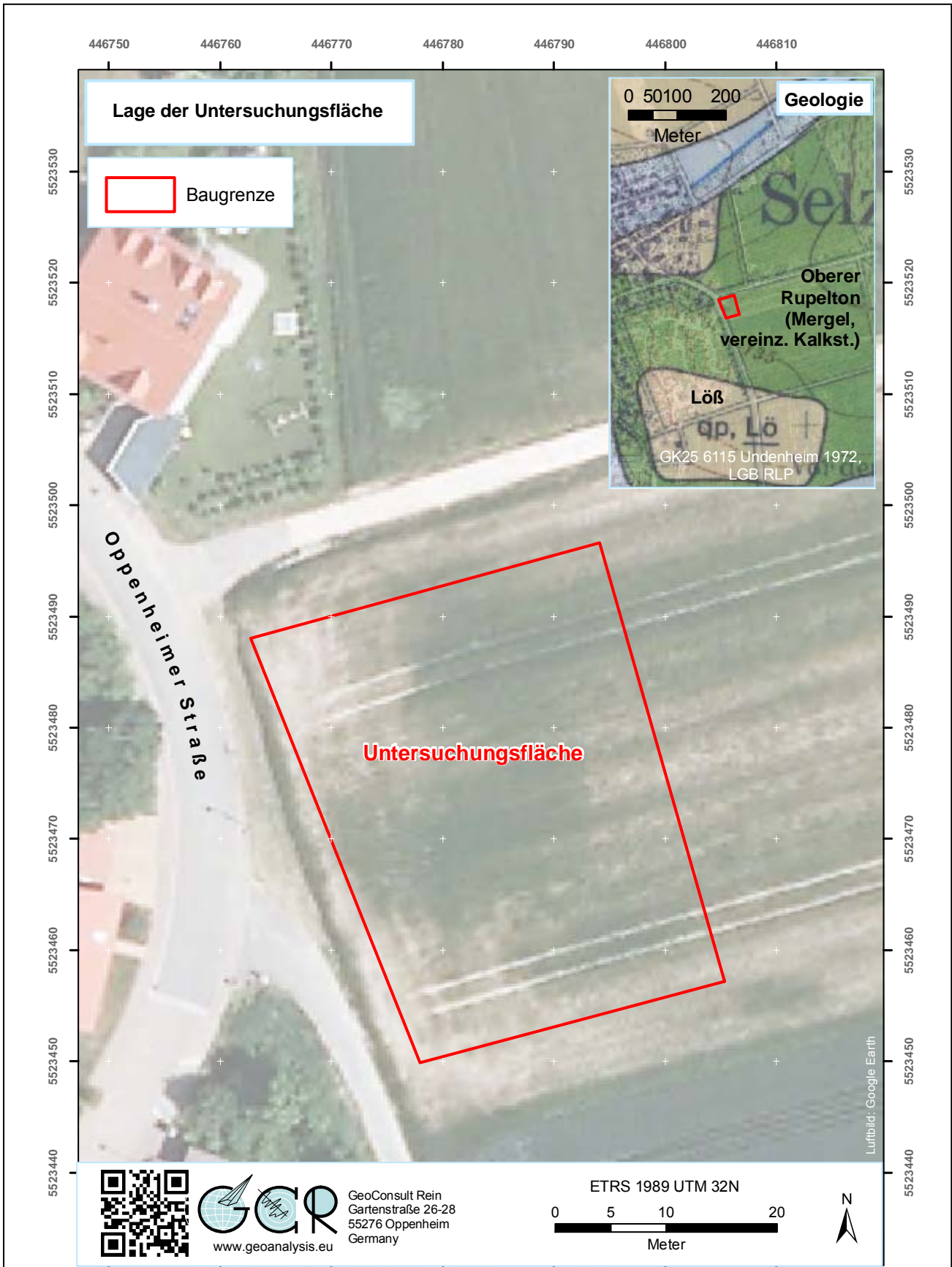


Abbildung 1 Lage der Untersuchungsfläche.



Gesteinswechsel, anthropogene Auffüllungen oder tektonische Störungen verursachte Heterogenitäten im oberflächennahen Untergrund zu finden. Die Integrationszeit je Messpunkt betrug 50 Sekunden.

Wegen des engen Zeitplanes wurden die Radonmessungen als Kurzzeitmessungen mit einem Alphaspektrometer (RTM 1688-2) ausgeführt. Dazu wurde am 23. Juni an jedem Messpunkt eine Serie von mindestens vier unmittelbar aufeinander folgenden Messungen ausgeführt. Gemessen wurde im Durchfluß über jeweils 10 Minuten (mindestens 40 Minuten je Messpunkt). An den Messpunkten SSK 1, SSK2 und SSK5 wurden die Messungen am 29. Juni in gleicher Weise wiederholt. Die Ansaugtiefe der Bodenluftproben betrug 120 cm.

Günstige Messzeitpunkte für die Kurzzeitmessungen wurden anhand der Radonzeitreihe der Radonreferenzstation von GeoConsult Rein in Oppenheim ausgewählt.

Am 23.06.2015 wurden an allen Radonmesspunkten 60 mm durchmessende Bohrungen bis in 1,2 Meter Tiefe angefertigt, aus denen Bodenproben aus der Basis der Bohrung und aus 10-15 cm Tiefe entnommen wurden. Am 29.06.2015 wurde diese Beprobung an den Messpunkten SSK 1, SSK 2 und SSK 5 wiederholt.

## **6. Ergebnisse der Feldarbeiten**

### **6.1. Gammastrahlungsaktivität**

Die Gammastrahlungsaktivität kann als Relativmessung 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 werden über die Strahlung der Radon-Tochternuklide durch diese Kartierung meist abgebildet.

Die Gammastrahlungsaktivität ist wegen beitragender Nuklide, die in keiner Verbindung zu Radon stehen, und wegen der geringen Tiefenreichweite, die zudem durch temporär wechselnde Faktoren (z.B. Bodenfeuchte) beeinflusste ist, kein direkter Proxy für die Radonkonzentration im Untergrund. Die Messgröße Impulse pro

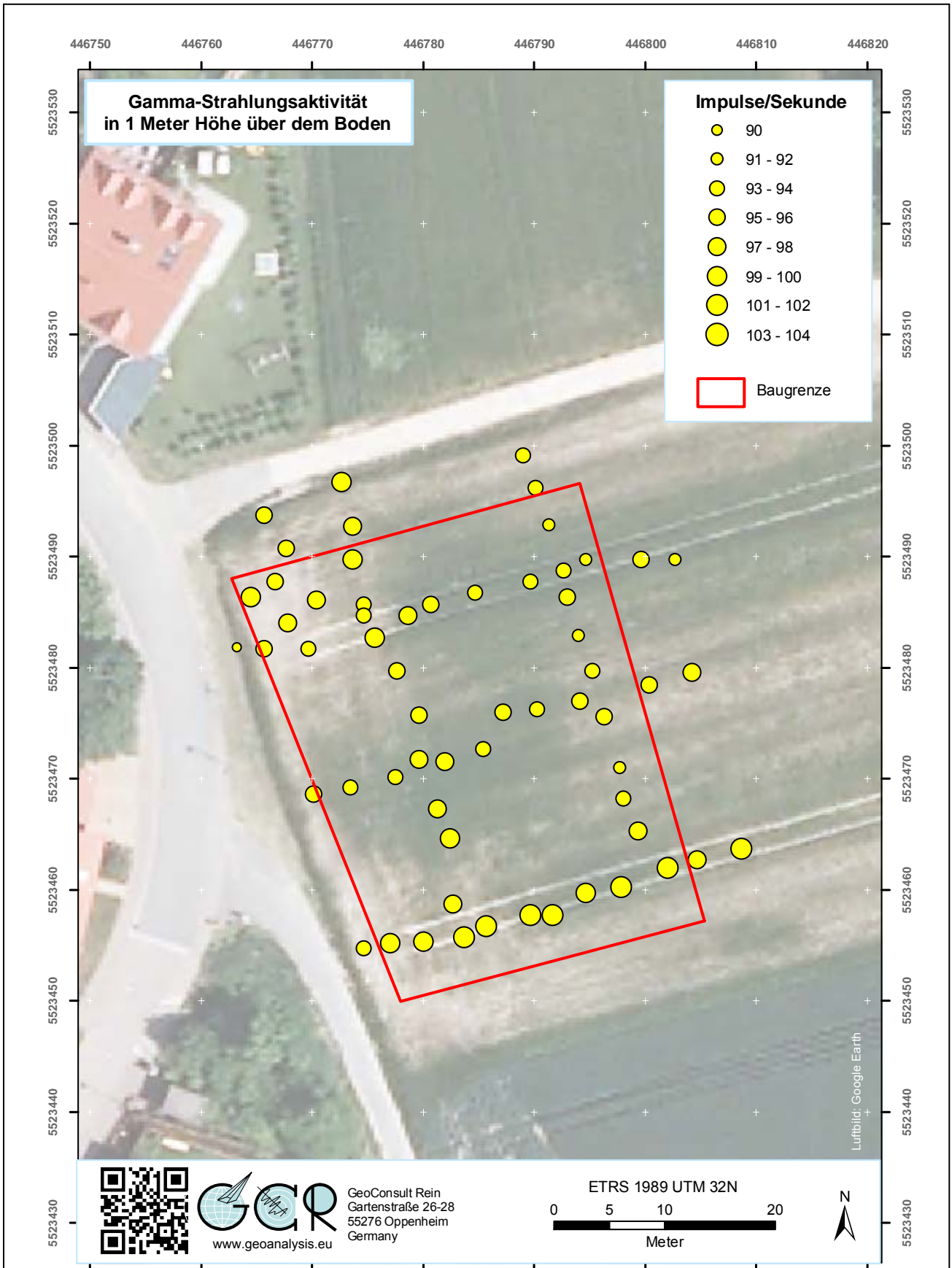


Abbildung 2 Gammastrahlungsaktivität in 1 Meter Höhe über dem Boden.

Sekunde ist geräteabhängig (Detektorgröße). 100 IPS entsprechen einer Ortsdosisleistung von 130 nSv/h.

Die gemessenen Gammastrahlungsaktivitäten (Abb. 2) überdecken einen engen Wertebereich von 90 - 104 Impulse pro Sekunde (IPS). Anomalien sind in den gemessenen Gammastrahlungsaktivitäten nicht erkennbar. Die Strahlungswerte sind für diese geologische Einheit (oberer Rupelton) im regionalen Vergleich eher gering.

## 6.2 Geologie und Böden der untersuchten Flächen

Die Untersuchungsfläche liegt gemäß der geologischen Karte GK25 6115 (Abb. 1) auf Sedimenten des Oberen Rupeltons, bestehend aus tonig karbonatischen Sedimenten mit sandigen Einschaltungen und gelegentlich Kalksteinen. Vor allem stärker bituminöse tonige Sedimente innerhalb dieser Gesteine sind lokal für hohe Radonkonzentrationen verantwortlich.

In den Bohrungen wurden solche Sedimente nicht angetroffen.

In den Bohrungen bestand der Boden bis in etwa 30-40 cm Tiefe aus dem Ap-Horizont, gebildet aus schwach sandigen, schwach tonigen Schluffen. In SKK 1, SKK 4 und SKK 5 (Abb. 6) bestehen die Böden unter dem Pflughorizont aus beige-braunen bis grauen sandigen, z.T. tonigen Schluffen mit Kalksteinchen in der Sand- bis Fein-/Mittelkiesfraktion. In SKK2 und SKK3 sind die Schluffe toniger als in den anderen Bohrungen und zur Tiefe werden sie dunkler und toniger. Nach der Trocknung sind diese Böden olivgrau.

## 7. Laborergebnisse

### 7.1 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.

Die Werte für den Wassergehalt der Böden sind in Tabelle 1 dargestellt.

Die Bodenproben waren, gemessen an der Bodenart, zu beiden Probennahmezeitpunkten trocken bis mäßig feucht. Die Regenfälle vor der ersten

Beprobung (15 Liter / Quadratmeter verteilt über 5 Tage) haben damit zu keiner effektiven dauerhaften Durchfeuchtung des Oberbodens und auch nicht über Versickerung über die Schrumpfrisse in der Tiefe geführt.

Aufgrund der geringen Bodenfeuchte während der Radonmessungen sind überdurchschnittliche Emanationsraten auszuschließen. Andererseits ist aufgrund des geringen Diffusionswiderstandes in den trockenen Böden mit vergleichsweise höherer Exhalation von Radon in die Atmosphäre als in feuchten Böden zu rechnen. Nach Überbauung ist die Radonexhalation durch die Bodenplatte dann stark eingeschränkt und es können sich höhere als im derzeitigen Zustand gemessene Radonkonzentrationen an der Gebäudesohle einstellen.

**Tabelle 1:** Radonmesspunkte mit Bodenfeuchte zum Zeitpunkt der Radonmessungen.

Messpunkt	X ETRS89 UTM32N	Y ETRS89 UTM32N	Bohrtiefe cm	Bodenfeuchte (Wassergehalt %)			
				100-110 cm		10-15 cm	
				23.06.15	29.06.15	23.06.15	29.06.15
SSK 01	446792	5523494	120	11	12	14	12
SSK 02	446766	5523486	120	15	15	12	14
SSK 03	446781	5523454	120	13	13	14	14
SSK 04	446800	5523460	120	11	11	10	9
SSK 05	446780	5523474	120	11	10	11	9

## 7.2 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, aus dem Radon in Richtung des Gebäudes strömen und dieses erreichen kann. Niedrige Radonkonzentrationen, aber hohe Gasdurchlässigkeit (Kiese/Steine/Sande) im Untergrund können zu höheren Radonkonzentrationen im Gebäude führen als in solchen Gebäuden, die auf gasdichtem Untergrund (sehr feinkörnige Böden, Tone) mit hoher Radonkonzentration errichtet sind. Bereits wenige Diskontinuitäten wie Klüfte, Schichtflächen, Risse, Hohlräume und Ähnliches können die Gaspermeabilität des Untergrundes aber um mehrere

Größenordnungen erhöhen. Desweiteren haben vertikale Änderungen der Gaspermeabilität entscheidenden Einfluß auf die Möglichkeit der Radonexhalation.

In den tonigen Schluffen (in der Messtiefe) auf der Fläche liegen die Gasdurchlässigkeiten aufgrund der Korngrößenverteilung in einem Meter Tiefe in einem niedrigen Bereich von  $k = 10^{-15} \text{ m}^2$ . Der Boden neigt aber bei Austrocknung zu tiefgründiger Rissbildung, die sich auch in sehr trockenen Monaten an einer flach gründenden Gebäudesohle (ohne Unterkellerung) einstellen könnte. Dann sind die Gaspermeabilitäten über die Rißreichweite um mehrere Größenordnungen höher.

Während der Radonmessungen war der Boden in einem engmaschigen Netz (1-2 Meter Abstand) von Schrumpfrissen durchzogen. In die breiteren Schrumpfrisse konnte ein Zollstock 40-50 Zentimeter tief geführt werden.

Die durch die Risse gute Belüftung, die Verlagerung der Exhalationsfront und die mögliche Radonabreicherung im Boden in der Messtiefe zum Zeitpunkt der Radonmessungen ist zu beachten.

### **7.3 Witterungseinflüsse während des Messzeitraumes**

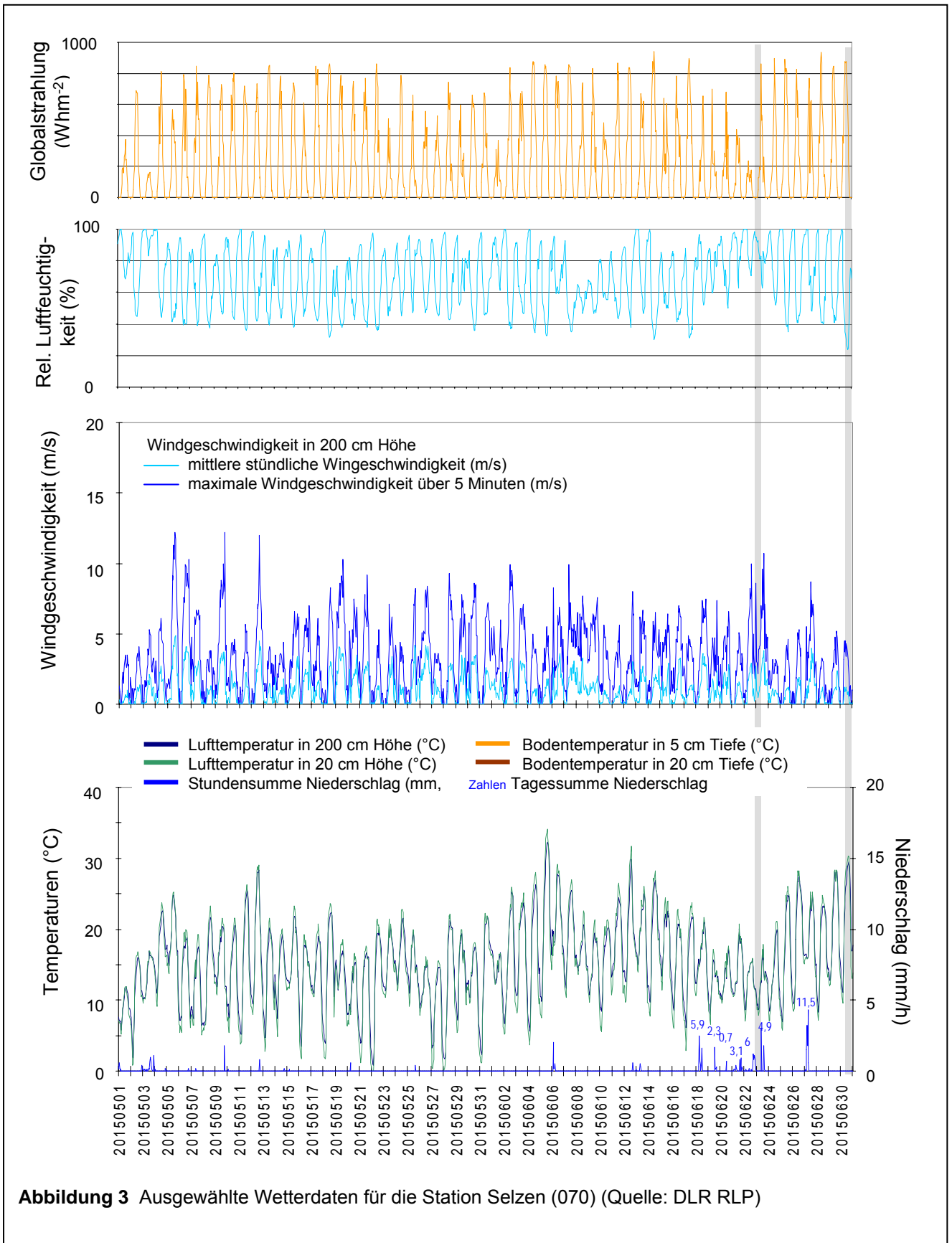
Die Wetterstation Selzen (DLR-Nr.70) (123 m NN) liegt nördlich Hahnheim und der Selz in ebener Lage in einer Wiese.

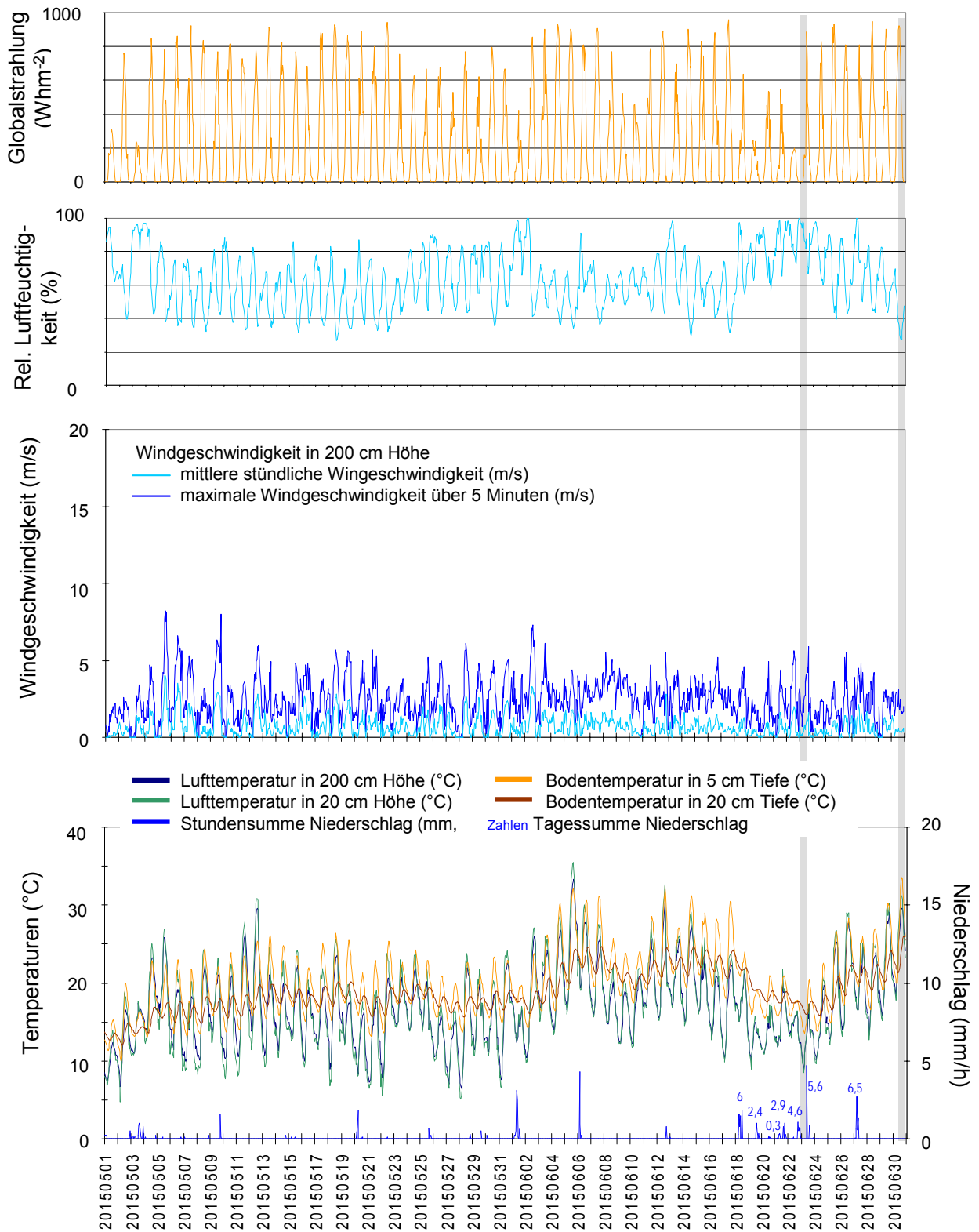
Die Wetterstation Oppenheim liegt am Übergang vom Mittel- in den Unterhang in einem ostexponierten Weinberg (128 m NN). Diese Wetterstation liegt nahe der Radonreferenzstation von GCR.

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

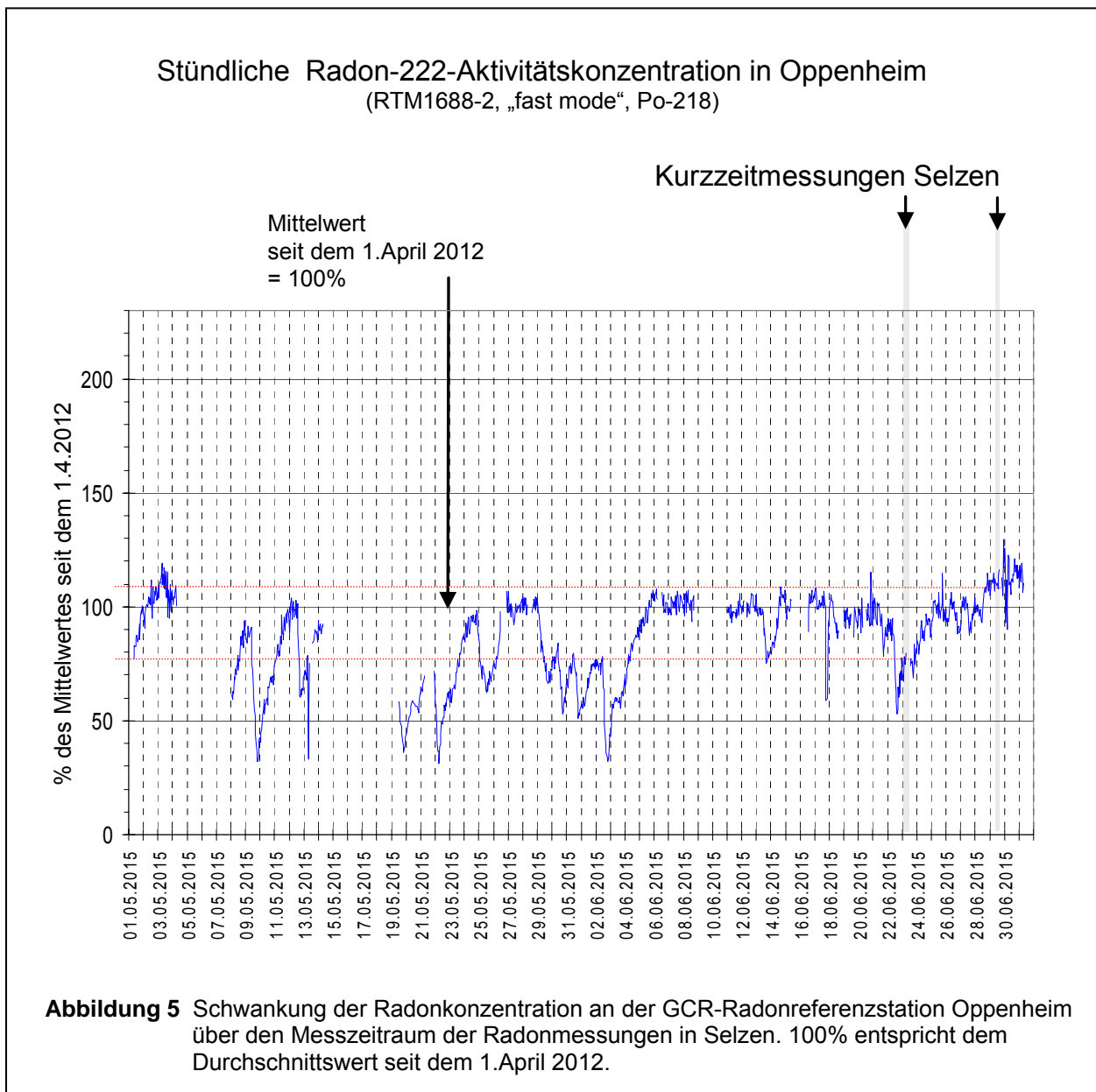
Die in einer Höhe von 2 m und 20 cm über dem Boden gemessenen stündlich gemittelten Lufttemperaturen und die gleichermaßen in Tiefen von 5 cm und 20 cm ermittelten Bodentemperaturen (nur Oppenheim), sind zusammen mit den Stundensummen (Kurve) des Regenfalls dargestellt. Die blauen Zahlen über der Niederschlagskurve geben die Tagessummen des Niederschlages an.

Im darüber folgenden Diagramm ist die stündliche durchschnittliche und die durchschnittliche maximale Windgeschwindigkeit (über 5 Minuten) dargestellt.





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



Die beiden oberen Diagramme zeigen die stündliche Veränderung der relativen Luftfeuchte und der Globalstrahlung.

Der Zeitraum der Radonmessungen ist grau hinterlegt. In gleicher Weise wurden auch in Abbildung 5 die Messzeiten in Selzen markiert.

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.

An der Referenzstation beträgt die Gasdurchlässigkeit des Bodens  $k=10^{-13} \text{ m}^2$  und liegt damit 2 Größenordnungen höher als in Selzen. Entgegen der Situation in Selzen



fehlten an der Referenzstation in Oppenheim aber Schrumpfungsrisse, die in Selzen zu einer tiefgründigen Belüftung des Bodens und zu einer schwer quantifizierbaren Erhöhung der Gasdurchlässigkeit des Untergrundes geführt haben.

Die Witterungsverläufe an den Stationen Selzen und Oppenheim sind in hohem Maße vergleichbar (Abb. 2-3), wobei die Windgeschwindigkeiten der windoffen gelegenen Station Selzen allgemein höher sind.

Dem ersten Messtag waren mehrere Tage mit leichten Regenfällen vorausgegangen. Am ersten Radonmesstag auf der Untersuchungsfläche lagen die Radonkonzentrationen in Oppenheim aufgrund des Windeinflusses (Abb. 3 u. 4) und des trotz der vorangegangenen Regenfälle trockenen Bodens bei etwa 75% des langfristigen Mittelwertes der Referenzstation (Abb. 5). Die Messungen endeten mit Einsetzen der Regenfälle des 23. Juni (vgl. Abb. 4).

Die Wiederholungsmessungen erfolgten am späten Nachmittag des 29. Juni. Zu diesem Zeitpunkt lagen die Radonkonzentrationen an der Referenzstation in Oppenheim bei 110% des langfristigen Mittelwertes. Zwei Tage zuvor waren an der Wetterstation Selzen 11 Liter Regen je Quadratmeter gefallen. An den Schrumpfrissen auf der Untersuchungsfläche war jedoch keine Veränderung festzustellen.

#### **7.4 Radon-222-Aktivitätskonzentrationen und Radonverfügbarkeit**

Die gemessenen Radon-222-Aktivitätskonzentrationen sind in Tabelle 2 dargestellt und in der Abbildung 6 den Bohrpunkten zugeordnet. Die Aktivitätskonzentrationsangabe erfolgt in Kilobecquerel ( $\text{kBq}/\text{m}^3$ ; ein Kilobecquerel = 1000 Radon-Zerfälle/Sekunde).

Wegen der Schrumpfrisse wurde die Radonkonzentration nicht in einem Meter, sondern in 1,2 Meter Tiefe gemessen.

Innerhalb der Untersuchungsfläche streuen die am 23. Juni gemessenen Radonaktivitätskonzentrationen zwischen  $17 - 53 \text{ kBq}/\text{m}^3$  und damit über drei Radonvorsorgegebietsklassen (RVK). Zum Zeitpunkt dieser Messungen betrug die Radonkonzentration an der Radonreferenzstation in Oppenheim (REF-OPP) 75% des 3-jährigen Mittelwertes. Die Wiederholungsmessungen an drei Messpunkten ergaben am 29. Juni (REF-OPP 110%) jeweils höhere Radonaktivitätskonzentrationen als am ersten Messtag (Tab. 2). Der Anstieg zwischen erstem und zweitem Messtag entspricht

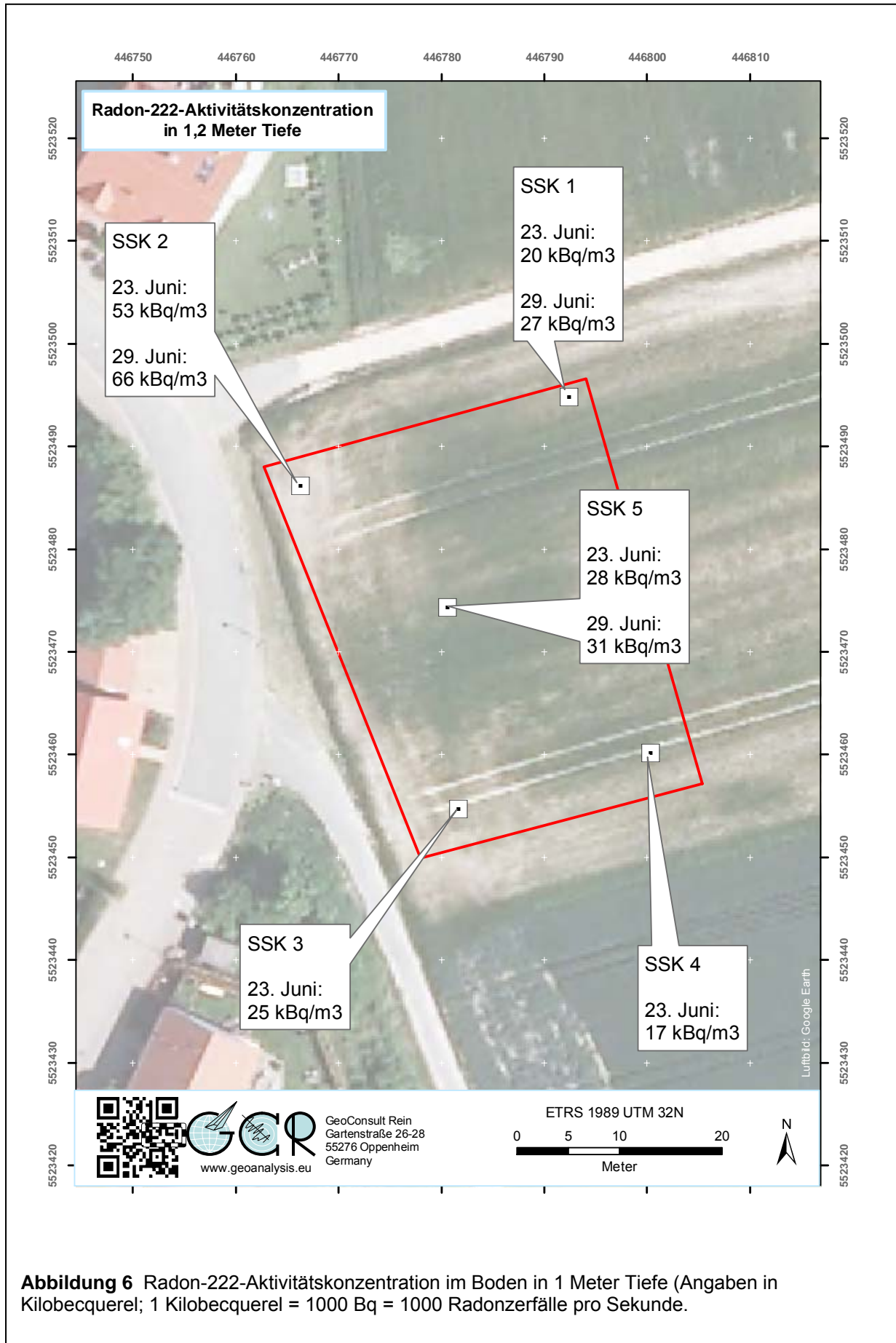
aber nicht ganz der Differenz an der Radonreferenzstation. Ursache dafür ist wahrscheinlich die zum Ausgleich der Schrumpfrisse um 20 cm größere Messtiefe, der tonige (dichtere) Boden mit geringeren Gaspermeabilitäten, die trotz Schrumpfungsrissen im Oberboden, damit eine geringere Witterungssensibilität auf der Untersuchungsfläche in der Messtiefe zur Folge haben. Unter Berücksichtigung einer Witterungskorrektur liegt auch SSK4 innerhalb der Klasse der Radonvorsorgegebietsklasse I (RVK I) (Tab. 2).

**Tabelle 2:** Radonaktivitätskonzentrationen (KZM=Kurzzeitmessung, REF-OPP Referenzstation Oppenheim)

Messpunkt	Radon-222-Aktivitätskonzentration kBq/m <sup>3</sup> ± 1σ- error % (nur Zählfehler)	
	23.06.15 (REF-OPP 75%)	29.06.15 (REF-OPP 110%)
SSK 01	<b>20 ± 5%</b>	<b>27 ± 4%</b>
SSK 02	<b>53 ± 3%</b>	<b>66 ± 2%</b>
SSK 03	<b>25 ± 4%</b>	
SSK 04	<b>17 ± 5%</b>	
SSK 05	<b>28 ± 4%</b>	<b>31 ± 4%</b>
<b>RVK 0</b>	Keine spezifischen Radonschutzmassnahmen erforderlich	
<b>RVK I</b>	Bauen gemäß Radonvorsorgegebietsklasse I	
<b>RVK II</b>	Bauen gemäß Radonvorsorgegebietsklasse II	
<b>RVK III</b>	Bauen gemäß Radonvorsorgegebietsklasse III	
	Aufgrund Randbedingungen nicht verwendbar	

**Tabelle 3** Radonvorsorgegebietsklassifizierung des Bundesamtes für Strahlenschutz.

Klassifizierung	Radonaktivitätskonzentration (kBq/m <sup>3</sup> = Kilo-Becquerel/m <sup>3</sup> )
Radonvorsorgegebiet 0 (RVK 0)	<20 kBq/m <sup>3</sup> (<20 000 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>



**Abbildung 6** Radon-222-Aktivitätskonzentration im Boden in 1 Meter Tiefe (Angaben in Kilobecquerel; 1 Kilobecquerel = 1000 Bq = 1000 Radonzerfälle pro Sekunde).

## 8. Bewertung der Ergebnisse und Empfehlung

Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), sowie das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) empfehlen die in Tabelle 3 wiedergegebenen Klassen für eine Einstufung des geogenen Radonpotenzials mit entsprechend abgestuften Maßnahmen zur Radonvorsorge.

Durch die Empfehlung des Bundesamtes für Strahlenschutz ist nur die gemessene Radonkonzentration (Radonpotenzial) berücksichtigt, der Einfluss der Witterung, der Gaspermeabilität des Baugrundes u.a. Faktoren bleiben formell unberücksichtigt, obwohl auf deren Bedeutung explizit hinsichtlich Messergebnis und Radonverfügbarkeit hingewiesen wird. Eine entsprechende Novellierung, die auch die Gaspermeabilität des Baugrundes berücksichtigt ist in Bearbeitung.

Desweiteren ist zu berücksichtigen, dass die Klassifizierung in Tabelle 3 auf die Jahrtausendwende zurückdatiert und höhere Zielwerte (max. 400 Bq/m<sup>3</sup> in Innenräumen) als von der EU vorgesehen und zukünftig gültig als Bemessungsgrundlage verwandte.

Oben genannte Radonvorsorgegebietsklassen beziehen sich auf eine konventionelle Bauweise, eine entsprechende Klassifizierung für Niederenergie-/Passivhäuser oder vergleichbar energieeffiziente Gebäude, in denen die Radonkonzentration das Mehrfache dessen gegenüber konventioneller Bauweise betragen kann, liegt bisher nicht vor.

Die Einordnung in eine Radonvorsorgegebietsklasse durch dieses Gutachten erfolgt nicht alleine auf Grundlage der gemessenen Radonkonzentration, sondern berücksichtigt auch gleichzeitig gemessene bodenphysikalische Faktoren, den Bodenaufbau und temporäre Variablen wie Bodenfeuchte und Witterungseinflüsse, die die innerhalb eines Zeitraums gemessene Radonaktivitätskonzentration beeinflussen und Einfluß auf die Radonverfügbarkeit im Boden haben.

Aufgrund der gemessenen Radonkonzentrationen und der Radonverfügbarkeit wird der Baugrund in **Radonvorsorgegebietsklasse I** eingruppiert.

Das Gebäude sollte zum Schutz vor Radon nachfolgende Mindestanforderungen erfüllen:

1. Konstruktiv bewehrte, durchgehende Bodenplatte aus Beton (Dicke:  $\geq 15$  cm). Sollte die Bodenplatten aus Segmenten bestehen, sind die Dehnfugen gasdicht abzudichten. Das gleiche gilt für eventuelle Fugen zwischen Bodenplatte und aufsteigenden Wänden.
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 u.ä. von außen.
5. 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 des Schotterbettes zu gewährleisten. An erdberührten Wänden kann diese Funktion auch eine vliesbeschichtete Noppenfolie übernehmen. Sollte das Gebäude nicht unterkellert errichtet werden, wird eine passive Bodengasdrainage oder vergleichbare Massnahme empfohlen, weil dann Frostschrüzen den Luftaustausch behindern..

Sollte der Grundstücksbereich bei SSK 2 in den durch das Gebäude überbauten Bereich fallen, sind evtl. dort gesonderte Massnahmen gemäß **RVK II** erforderlich.

Diese ergeben sich daraus,

- ob dieser noch ggf. genauer auszugrenzende Bereich tatsächlich

Baugrund wird,

- wie tief die Gründung in den Untergrund eingreift und welche Art der Gründung gewählt wird.

Der Radongutachter sollte unbedingt hinzugezogen werden, wenn die nordwestliche Grundstücksecke durch Gebäudeteile überbaut wird.

Der Radongutachter kann im Bedarfsfall gemeinsam mit dem Architekten Radonpräventionsmassnahmen objektorientiert und damit kostenoptimierend projektieren und deren Ausführung überwachen.

Dieses Gutachten beruht auf punktuellen Messungen. Sollten durch bauvorbereitende Aushubarbeiten andere als hier beschriebene Bodenverhältnisse angetroffen werden, vor allem sollten bituminöse Tone in der Baugrube angeschnitten werden, oder sollten diese bis nahe an das Gebäude heranreichen (→ Ergebnisse der Baugrunduntersuchungen), sollte der Radongutachter hinzuzugezogen werden, um die Eignung der hier vorgeschlagenen Schutzmaßnahmen in diesem Bereich zu überprüfen.

  
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, 02.07.2015