

### Radiologische Vorerkundung für das Bauvorhaben „Wohnungsbaustandort „Fürstenberg“ in 01662 Meißen“

**Auftraggeber:** M.U.T. Meißner Umwelttechnik GmbH  
Ingenieurbüro für angewandten Umweltschutz  
Ossietzkystraße 37 A  
01662 Meißen

**Projektname:** Radiologische Vorerkundung für das Bauvorhaben  
„Wohnungsbaustandort „Fürstenberg“ in 01662 Meißen“

**Projektnummer:** 220413-01/2

**Auftragnehmer:** IAF-Radioökologie GmbH

**Autor:** Dipl.-Ing. (BA) R. Baumert

Radeberg, den 06.10.2022



Dr. rer. nat. habil. Hartmut Schulz  
Geschäftsführer



Die Akkreditierung gilt für die in Abschnitt 3 des Berichtes dargestellten Ergebnisse der ODL-Messungen (SOP 4-01, 2014-08), Messungen der Radonkonzentration in der Bodenluft (SOP 4-02, 2018-11) und Radionuklidanalysen (SOP 3-09, 2018-11). Die im Bericht enthaltenen Bewertungen basieren auf diesen Ergebnissen.

Wilhelm-Rönsch-Str. 9  
01454 Radeberg  
Tel. +49 (0) 3528 48730-0  
Fax +49 (0) 3528 48730-22  
E-Mail [info@iaf-dresden.de](mailto:info@iaf-dresden.de)

Geschäftsführer:  
Dr. rer. nat. habil. Hartmut Schulz  
Dr. rer. nat. Christian Kunze  
Dipl.-Ing. (BA) René Baumert  
Handelsregister: HRB 9185  
Amtsgericht Dresden

Bankverbindung:  
HypoVereinsbank Dresden  
IBAN: DE92 8502 0086 5360 1794 29  
SWIFT (BIC): HYVEDEMM496

---

**Inhalt**

1	Veranlassung und Aufgabenstellung.....	3
2	Zur rechtlichen Situation .....	4
3	Radiologische Erkundung des Baugrunds .....	4
3.1	Baugrundsituation .....	4
3.2	Messverfahren zur Einschätzung der radiologischen Situation .....	5
3.3	Darstellung der Messergebnisse und Berechnungen .....	6
3.3.1	Messung der Ortsdosisleistung der Gammastrahlung (ODL) .....	6
3.3.2	Messung der Radonkonzentration in der Bodenluft und der Gaspermeabilität des Bodens.....	7
3.3.3	Radionuklidanalysen der Bodenproben .....	8
3.3.4	Abschätzung der Radonkonzentration in der Bodenluft .....	9
3.4	Bewertung des Radonrisikos.....	10
4	Zusammenfassung und Empfehlungen zur praktischen Bauausführung.....	14
5	Literaturverzeichnis.....	15

**Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1:	Statistische Kennwerte zu den ODL-Werten, angegeben als Umgebungs- Äquivalentdosis $H^*(10)$ .....	6
Tabelle 2:	Ergebnisse der Messungen der Radonkonzentrationen in der Bodenluft ( $C_{Rn-Boden}$ ) und der Gaspermeabilitäten ( $k$ ) des Bodens .....	8
Tabelle 3:	Spezifische Aktivitäten (Messunsicherheit 10% - 35%) der relevanten Radionuklide in den Proben, bezogen auf die Trockenmasse.....	9
Tabelle 4:	Einteilung der Radonklasse nach dem Radonverfügbarkeitsindex RVI .....	11
Tabelle 5:	Einschätzung des Baugrunds nach dem Radonverfügbarkeitsindex (RVI) und der Radonaktivitätszahl $R_{na}$ .....	12
Tabelle 6:	Einschätzung des Radonpotenzials des Baugrunds .....	13

**Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1:	Lage des geplanten Wohnungsbaustandortes .....	3
Abbildung 2:	Teilansichten für den Wohnungsbaustandort vorgesehenen Fläche .....	5
Abbildung 3:	Räumliche Verteilung der gemessenen ODL-Werte (nSv/h) .....	6
Abbildung 4:	Räumliche Lage der Messpunkte zur Bestimmung der Radonkonzentration in der Bodenluft und der Gaspermeabilität des Bodens (BL) sowie der Ramm-kernsondierungen (RKS), aus denen Proben für die Radionuklidanalysen entnommen wurden .....	7
Abbildung 5:	Abhängigkeit der Radonaktivitätszahl ( $R_{na}$ ) bzw. der Radonklasse von der Radonkonzentration in der Bodenluft und der Permeabilität des Bodens.....	11



Für eine belastbare Bewertung des Radonrisikos sind auf der Fläche Überblicksmessungen der Ortsdosisleistung (ODL) der Gammastrahlung sowie In-situ-Messungen zur Bestimmung der Radonkonzentration in der Bodenluft und der Gaspermeabilität des Bodens durchzuführen. Zusätzlich werden die spezifischen Aktivitäten der relevanten natürlichen Radionuklide in Materialproben im akkreditierten Labor der IAF bestimmt. Die Bodenproben wurden durch den AG im Rahmen der Baugrunduntersuchungen mittels Rammkernsondierungen (RKS) entnommen und IAF zur Verfügung gestellt. Die Ergebnisse der radiologischen Untersuchungen bilden die Grundlage für entsprechende Schlussfolgerungen hinsichtlich eines bestehenden Radonrisikos des zu bebauenden Baugrunds. In Abhängigkeit von den Untersuchungsergebnissen sind Empfehlungen für eine radongeschützte Bauweise am geplanten Wohnungsbaustandort zu unterbreiten. Die Untersuchungsergebnisse werden im Abschnitt 3 diskutiert.

## **2 Zur rechtlichen Situation**

Nach dem Strahlenschutzgesetz (StrlSchG) [2] vom 27.06.2017 und der novellierten Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) [3] vom 29.11.2018 gelten erweiterte Regelungen bzgl. des Radonschutzes (§§121 - 132 StrlSchG, §§153 - 158 StrlSchV). Für Aufenthaltsräume und Arbeitsplätze wurde ein Referenzwert von 300 Bq/m<sup>3</sup> (Jahresmittelwert) als Radoninnenraumkonzentration fixiert.

Nach §123 Abs. 1 Satz 1 des StrlSchG ist derjenige, der ein Gebäude mit Aufenthaltsräumen oder Arbeitsplätzen errichtet (in der Regel ist das der Bauherr), verpflichtet, geeignete Maßnahmen zu treffen, um den Zutritt von Radon aus dem Baugrund zu verhindern oder erheblich zu erschweren. Aufgrund der geologischen Bedingungen ist es in Deutschland in großen Gebieten aber nicht wahrscheinlich, dass durch den Zutritt von Bodenluft in die Gebäude in Aufenthaltsräumen und an Arbeitsplätzen der Referenzwert von 300 Bq/m<sup>3</sup> (§124, StrlSchG) überschritten wird. Dort sind die Maßnahmen, die heute Stand der Technik sind, ausreichend um das Schutzziel zu erreichen, dass durch das StrlSchG angestrebt wird. Deshalb sind in diesem Fall erforderliche Maßnahmen zum Radonschutz als erfüllt anzusehen, wenn die nach den anerkannten Regeln der Technik erforderlichen Maßnahmen zum Feuchteschutz durchgeführt worden sind (§123 Abs. 1 Ziff. 1, StrlSchG).

Die radiologische Vorerkundung für das Bauvorhaben zielt darauf ab, dass eventuell bestehende Radonrisiko durch entsprechende radiologische Messungen, die Grundlage für ein belastbares Bewertungsschema sind, einzuschätzen und ausgehend von den Ergebnissen entsprechende Empfehlungen für Maßnahmen zur Minimierung des Radonrisikos geben zu können.

## **3 Radiologische Erkundung des Baugrunds**

### **3.1 Baugrundsituation**

Der Standort für den geplanten Wohnungsbaustandort befindet sich in Meißen und wird von der Max-Dietel-Straße, der Max-Kamprath-Straße und dem Waldpark begrenzt. Die Fläche war zum Zeitpunkt der Messungen unbebaut und brachliegend. Das Gelände ist kuppig-hängig und fällt von Süd-West nach Nord-Ost von 150 ü. NHN auf 132,5 m ü. NHN ab [1]. Einen optischen Eindruck vom Standort zum Zeitpunkt der radiologischen Untersuchungen vermittelt die Abbildung 2.





Abbildung 2: Teilansichten für den Wohnungsbaustandort vorgesehenen Fläche

Aus den durch den AG erstellten Baugrundgutachten [1] geht hervor, dass unter den 0,1 m bis 0,3 m mächtigen Oberboden pleistozäne Deckschichten in Form von Gehängelehmen (Schluff, fein- bis mittelsandig, feinkiesig) sowie Gehängesanden (Feinsand, schluffig, grobsandig, feinkiesig) vorliegen, die bis in eine Tiefe von ca. 0,6 m uGOK bis 3,0 m uGOK reichen. Darunter folgt bis zur maximalen Endteufe von 4,0 m uGOK zersetzter bis verwitterter Fels. Stellenweise fehlen die pleistozänen Deckschichten und der zersetzte bis verwitterte Fels liegt direkt unter dem Oberboden an.

Nach [1] können in der Gründungsschicht je nach geplanter Gründungstiefe Gehängelehme, Gehängesande oder Felszersatz angeschnitten werden, wobei alle Schichten ggf. nach geeigneter Bearbeitung (Verdichtung, Gründungspolster) für die Gründung geeignet sind. Unterhalb der erreichten Endtiefen ist angewitterter bis kompakter Fels nicht auszuschließen und entsprechend zu berücksichtigen.

### 3.2 Messverfahren zur Einschätzung der radiologischen Situation

Die Messverfahren zur Einschätzung der radiologischen Situation des Baugrunds basieren hauptsächlich auf den nachfolgend aufgeführten Kenngrößen:

- Die Ortsdosisleistung (ODL) der Gammastrahlung wird mit einem geeichten Dosisleistungsmessgerät der Firma AUTOMESS ca. 1 m über der Geländeoberfläche bestimmt und als Umgebungs-Äquivalentdosis  $H^*10$  in nSv/h angegeben.
- Die spezifischen Aktivitäten von Bodenproben ( $A_{\text{Boden}}$  in Bq/kg) werden im akkreditierten Labor der IAF mittels Gammaskpektrometrie bestimmt.
- Die Messung der Radonkonzentration in der Bodenluft ( $C_{\text{Rn-Boden}}$  in kBq/m<sup>3</sup>) wird mit dem Radonmonitor RTM (Fa. Sarad) durchgeführt, wobei vorzugsweise Bodenluft aus einer Tiefe von ca. 1,0 m angesaugt wird.
- Die Gaspermeabilität des Bodens ( $k$  in m<sup>2</sup>) wird aus der erforderlichen Zeit, ein definiertes Bodenluftvolumen bei konstantem Unterdruck anzusaugen, bestimmt [4].

### 3.3 Darstellung der Messergebnisse und Berechnungen

#### 3.3.1 Messung der Ortsdosisleistung der Gammastrahlung (ODL)

Die radiologischen Vor-Ort-Messungen erfolgten am 12.04.2022 und 25.04.2022. Die an der Geländeoberkante gemessenen ODL-Werte in 1 m Höhe sind in der Abbildung 3 räumlich eingeordnet. Die statistischen Kennwerte zu den ODL-Messungen sind in der Tabelle 1 zusammengefasst.

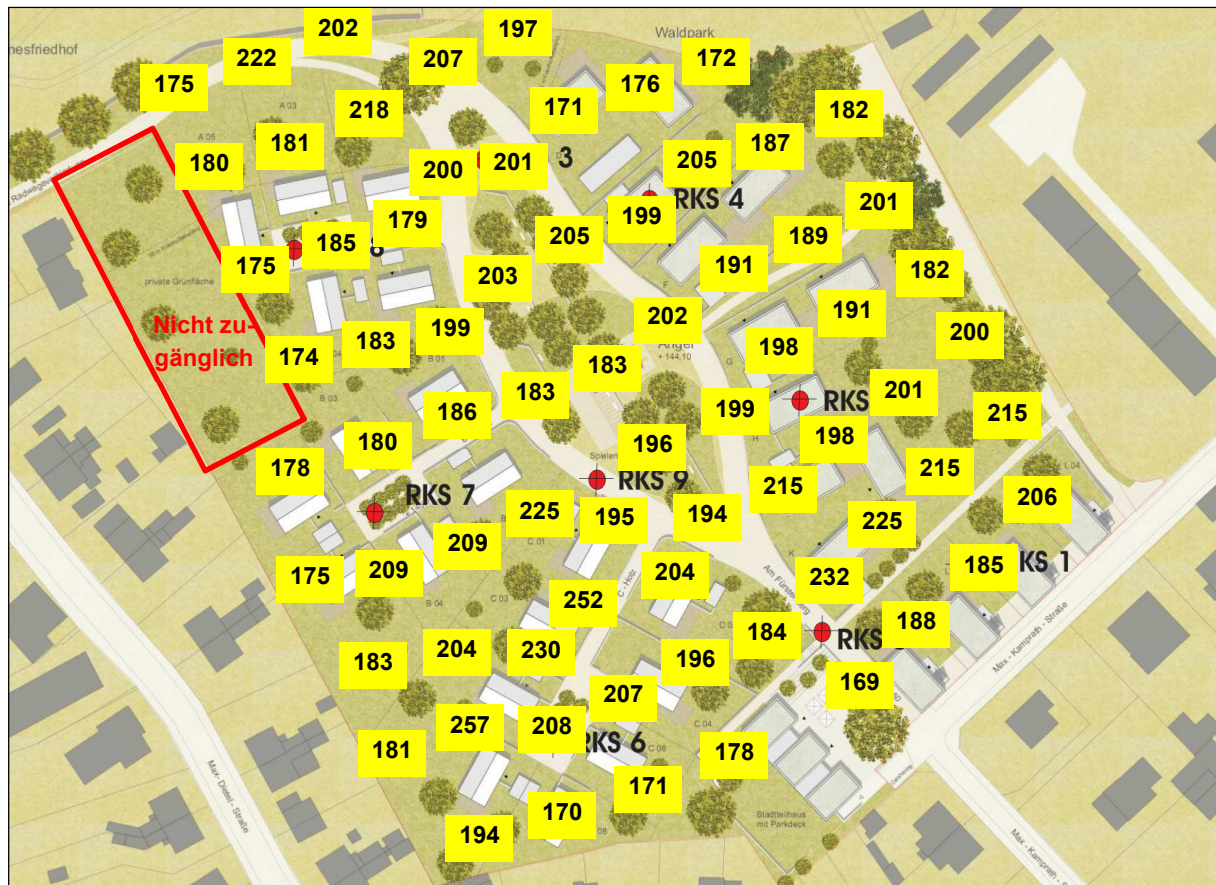


Abbildung 3: Räumliche Verteilung der gemessenen ODL-Werte (nSv/h)

Tabelle 1: Statistische Kennwerte zu den ODL-Werten, angegeben als Umgebungs-Äquivalentdosis  $H^*(10)$

Anzahl der Messpunkte	Min [nSv/h]	Max [nSv/h]	Mittelwert [nSv/h]	Median [nSv/h]
72	169	257	196	196

Die Ergebnisse der ODL-Messungen zeigen, dass die Messwerte in einem Bereich von 169 nSv/h bis 257 nSv/h variieren (arithmetischer Mittelwert: 196 nSv/h) und deuten darauf hin, dass im Untergrund Substrate mit erhöhten Radionuklidgehalten vorhanden sind. Diese In-situ-Messergebnisse werden durch die Ergebnisse der Radionuklidanalysen von Bodenproben, die aus unterschiedlichen Tiefen stammen, bestätigt (vgl. Abschnitt 3.3.3).



### 3.3.2 Messung der Radonkonzentration in der Bodenluft und der Gaspermeabilität des Bodens

Die Bodenluftmessungen wurden in ca. 1,0 m Tiefe durchgeführt, wobei zur Abschätzung der Gesamtradonsituation noch zusätzlich Bodenproben analysiert (vgl. Kapitel 3.3.3). Die räumliche Lage der Messpunkte zur Bestimmung der Radonkonzentrationen in der Bodenluft ( $C_{\text{Rn-Boden}}$ ) und der Gaspermeabilitäten des Bodens ( $k$ ) (Beprobungspunkte BL1 bis BL11) sind in der Abbildung 4 dargestellt.

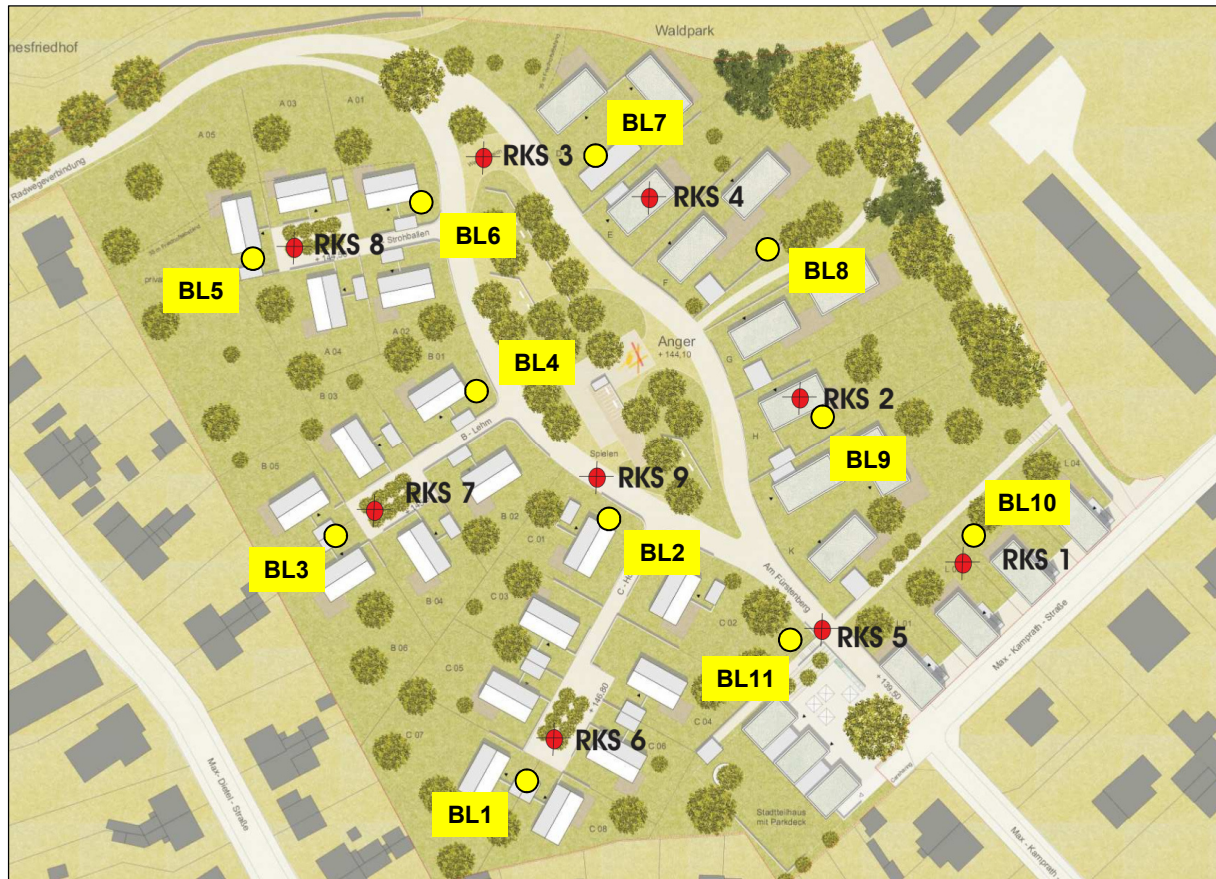


Abbildung 4: Räumliche Lage der Messpunkte zur Bestimmung der Radonkonzentration in der Bodenluft und der Gaspermeabilität des Bodens (BL) sowie der Rammkernsondierungen (RKS), aus denen Proben für die Radionuklidanalysen entnommen wurden

Die Ergebnisse der Bodenluftmessungen und der Messungen der Gaspermeabilität sind in der Tabelle 2 zusammengefasst. Die Radonkonzentrationen variierten auf einem sehr hohen Niveau in einem Bereich zwischen  $166 \text{ kBq/m}^3$  (BL8) und  $605 \text{ kBq/m}^3$  (BL9). Die Bestimmung der Gaspermeabilität des oberflächennahen Bodens führte zu Werten, die in einem Messwertbereich zwischen  $0,04 \cdot 10^{-11} \text{ m}^2$  (BL4) und  $1,4 \cdot 10^{-11} \text{ m}^2$  (BL2, BL6, BL7) anzusiedeln sind. Zusammenfassend kann somit festgestellt werden, dass der Boden ziemlich permeabel ist und die Radonkonzentrationen in der Bodenluft als signifikant hoch einzuschätzen sind.

Tabelle 2: Ergebnisse der Messungen der Radonkonzentrationen in der Bodenluft ( $C_{Rn-Boden}$ ) und der Gaspermeabilitäten (k) des Bodens

Messpunkt	Messtiefe	Radonkonzentration in der Bodenluft [kBq/m <sup>3</sup> ]	Gaspermeabilität [m <sup>2</sup> ]
BL1	ca. 1,0 m uGOK	232	$1,3 \cdot 10^{-11}$
BL2	ca. 1,0 m uGOK	201	$1,4 \cdot 10^{-11}$
BL3	ca. 1,0 m uGOK	496	$1,1 \cdot 10^{-11}$
BL4	ca. 1,0 m uGOK	170	$0,04 \cdot 10^{-11}$
BL5	ca. 1,0 m uGOK	346	$1,1 \cdot 10^{-11}$
BL6	ca. 1,0 m uGOK	210	$1,4 \cdot 10^{-11}$
BL7	ca. 1,0 m uGOK	191	$1,4 \cdot 10^{-11}$
BL8	ca. 1,0 m uGOK	166	$1,3 \cdot 10^{-11}$
BL9	ca. 1,0 m uGOK	605	$1,3 \cdot 10^{-11}$
BL10	ca. 1,0 m uGOK	185	$0,5 \cdot 10^{-11}$
BL11	ca. 1,0 m uGOK	350	$1,3 \cdot 10^{-11}$

### 3.3.3 Radionuklidanalysen der Bodenproben

Das Radonpotenzial der im Baugrund lagernden Substrate wurde durch Radionuklidanalysen von Bodenproben spezifiziert. Das Probenmaterial entstammt Bohrungen, die durch den AG im Rahmen der Baugrunduntersuchung abgeteuft wurden. Die Probenahmepunkte sind in der Abbildung 4 dargestellt. Die Ergebnisse der Laboruntersuchungen sind in der Tabelle 3 zusammengefasst. Die Bestimmung der spezifischen Aktivitäten der relevanten Radionuklide der U-238-Zerfallsreihe (U-238 und Ra-226) und der Th-232-Zerfallsreihe (Ra-228 und Th-228) erfolgte im akkreditierten Labor der IAF.

Die Ergebnisse der Radionuklidanalysen können wie folgt zusammengefasst werden:

- Die erhöhten spezifischen Aktivitätskonzentrationen der einzelnen Bodensubstrate sind **natürlichen Ursprungs**. Das Strahlenschutzgesetz [2] regelt nicht den Umgang mit Bodenaushub natürlichen Ursprungs. Deshalb kann eine Empfehlung zum Austausch des Oberbodens nicht strahlenschutzrechtlich begründet werden.
- Die für die Abschätzung der Radonkonzentration in der Bodenluft entscheidende Ra-226-Aktivität variiert je nach vorliegendem Substrat in einem weiten Bereich zwischen 60 Bq/kg und 701 Bq/kg (vgl. Abschnitt 3.3.4).



Tabelle 3: Spezifische Aktivitäten (Messunsicherheit 10% - 35%) der relevanten Radionuklide in den Proben, bezogen auf die Trockenmasse

Aufschluss	Probenbezeichnung	Probenahmetiefe [m uGOK]	Substrat	U-238 [Bq/kg]	Ra-226 [Bq/kg]	Ra-228 [Bq/kg]	Th-228 [Bq/kg]
RKS1	S1c	1,0 - 1,9	Gehängelehm; Schluff, feinsandig, schwach mittelsandig, feinkiesig	122	209	72	74
RKS2	S2d	1,2 - 2,0	Felszersatz; Sand, kiesig, schluffig	506	701	125	122
RKS3	S3c	1,0 - 2,2	Felszersatz, Sand, kiesig, schluffig	211	262	140	136
RKS4	S4c	0,9 - 1,6	Gehängesand; Feinsand, schwach schluffig	45	60	31	31
RKS5	S5b	0,2 - 1,0	Gehängelehm; Schluff, schwach tonig, feinsandig, mittelsandig, schwach kiesig	108	183	39	39
RKS6	S6b	0,3 - 1,3	Gehängelehm; Schluff, tonig, feinsandig, schwach mittelsandig, feinkiesig	179	210	71	71
RKS7	S7c	0,7 - 1,6	Gehängesand; Feinsand, schwach schluffig	274	262	161	164
RKS8	S8b	0,3 - 1,0	Gehängesand, Feinsand, mittelsandig, schwach grobsandig, kiesig, schluffig	382	222	134	131
RKS9	S9c	0,6 - 1,3	Felszersatz; Sand, kiesig, schluffig	204	218	125	126

### 3.3.4 Abschätzung der Radonkonzentration in der Bodenluft

Die Abschätzung des Radonpotenzials des Baugrunds basiert vor allem auf den Ergebnissen der Radionuklidanalysen (vgl. Kapitel 3.3.3). Bei überwiegend durch Diffusion geprägten Transportprozessen im Baugrund sind in ca. 1,0 m Tiefe Messwerte der Radonkonzentration in der Bodenluft zu erwarten, die den Zusammenhang zwischen spezifischer Ra-226-Aktivität, Radon-Emanation und Bodenluftvolumen für die untersuchten Schichten im Rahmen der jeweiligen Messgenauigkeiten widerspiegeln.

In guter Näherung kann die zu erwartende Radonkonzentration  $\bar{C}_{Rn}$  in der Bodenluft für die abgelagerten mineralischen Substrate über folgende Beziehung abgeschätzt werden:

$$\bar{C}_{Rn} = \frac{A_{Ra-226} \cdot E \cdot \rho}{n}, \quad (1)$$

wobei

$A_{Ra-226}$ : spezifische Aktivität von Ra-226 im untersuchten Boden [Bq/kg]

$\rho$ : Dichte des Bodens bzw. Baugrunds [kg/m<sup>3</sup>]

$E$ : Emanationskoeffizient des Bodens bzw. Baugrunds und

$n$ : Porosität des Bodens bzw. Baugrunds sind.

Bei einer geschätzten Bodendichte von 1,5 g/cm<sup>3</sup>, einer Radon-Emanation von  $E = 0,2$  und einer typischen Porosität von  $n = 0,3$  ergibt sich die einfache Näherungsformel

$$\bar{C}_{Rn} \approx A_{Ra-226} \left[ \frac{\text{kBq}}{\text{m}^3} \right] \quad (2)$$

Die nach (1) oder (2) berechnete Radonkonzentration in der Bodenluft  $\bar{C}_{Rn}$  wird für die weitere quantitative Abschätzung des Radonrisikos herangezogen, um eine quantitative Diskussion führen zu können.

Für die im Baugrund vorhandenen Substrate können somit auf Grundlage der Radionuklidanalytik (vgl. Abschnitt 3.3.3) die zu erwartenden Radonkonzentrationen abgeschätzt werden, wobei auch eine Schwankung der bodenphysikalischen Parameter und der Emanation um jeweils 30% in Betracht gezogen werden muss. Es ist somit für den Baugrund unter Betrachtung der spezifischen Ra-226-Aktivitäten (vgl. Tabelle 3), ein Wertebereich der Radonkonzentrationen in der Bodenluft von 27 kBq/m<sup>3</sup> bis 1.540 kBq/m<sup>3</sup> zu prognostizieren, welcher sehr gut mit den Ergebnissen der In-situ-Messungen übereinstimmt (vgl. Abschnitt 3.3.2).

### 3.4 Bewertung des Radonrisikos

Für die Bewertung des Radonrisikos des Baugrunds ist die Radonverfügbarkeit in der Gründungsschicht entscheidend, die auf der Kenntnis der Radonkonzentration in der Bodenluft und der Gaspermeabilität basiert. In Anlehnung an die Darstellung von Roßbander et al. [5] sowie Schulz et al. [6] wird das Radonrisiko für den Baugrund bei bindigen Böden mit Permeabilitätswerten  $k \leq 10^{-12} \text{ m}^2$  über die **Radonaktivitätszahl**  $R_{na}$  nach Slunga [7] und bei Böden mit Permeabilitätswerten von  $k > 10^{-12} \text{ m}^2$  über den **Radonverfügbarkeitsindex RVI** (s. a. [8], [9], [10]) bewertet.

Die **Radonaktivitätszahl**  $R_{na}$  ist durch

$$R_{na} = \log[6 \cdot C_0 \cdot k^{1/13}] - 3 \quad (3)$$

definiert, wobei  $C_0$  die bei einer Mehrfachbeprobung ermittelte maximale Radonkonzentration im Boden oder die um den Faktor 2 vergrößerte mittlere Radonkonzentration in etwa 0,8 m Tiefe darstellt. Der Normalbereich (*normal*) ist durch Radonaktivitätszahlen definiert, die im Bereich  $1 < R_{na} < 2$  liegen. Der entsprechende Wertungsmaßstab, der von *normal* bis *sehr hoch* reicht, sowie die Abhängigkeit der Radonkonzentration in der Bodenluft von der

Gaspermeabilität bei vorgegebener Radonaktivitätszahl  $R_{na}$  ist in Abbildung 5 dargestellt, die auch entsprechende Kommentare zur empfohlenen bautechnischen Ausführung hinsichtlich des Radonschutzes enthält.

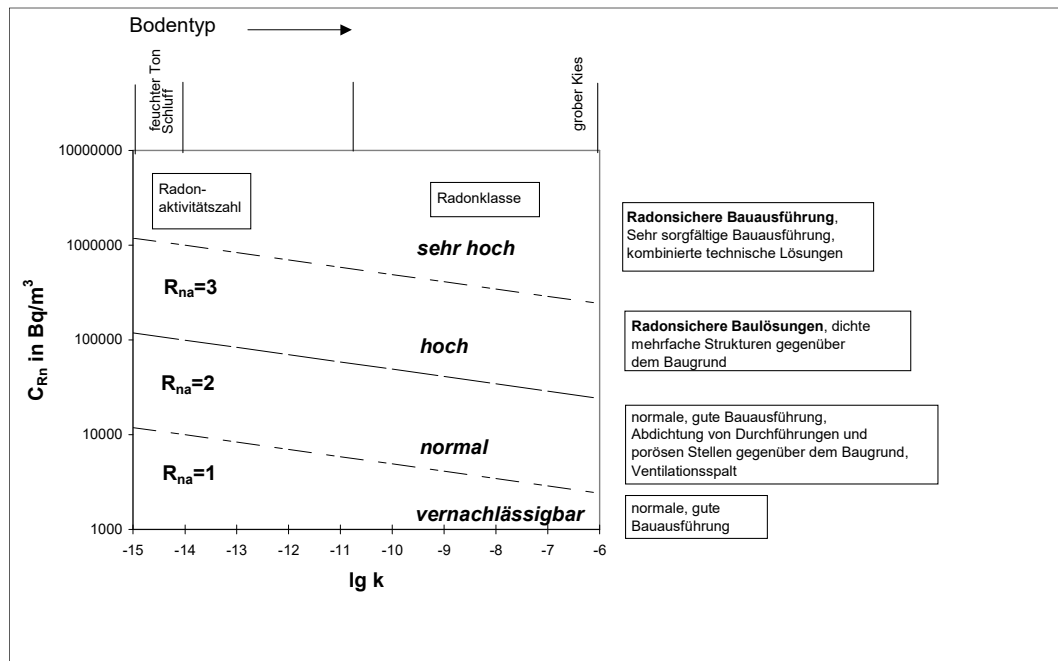


Abbildung 5: Abhängigkeit der Radonaktivitätszahl ( $R_{na}$ ) bzw. der Radonklasse von der Radonkonzentration in der Bodenluft und der Permeabilität des Bodens

Der **Radonverfügbarkeitsindex RVI** ist durch

$$RVI [Bq/m] = C_{Rn} [Bq/m^3] \cdot k [m^2] \quad (4)$$

definiert. Der entsprechende Wertungsmaßstab (Einteilung der Radonklasse nach Radonverfügbarkeitsindex RVI), der von niedrig bis hoch reicht, ist in der Tabelle 4 angegeben.

Tabelle 4: Einteilung der Radonklasse nach dem Radonverfügbarkeitsindex RVI

RVI	Bewertung des Radonrisikos
$RVI < 10^{-8} \text{ Bq/m}$	<b>NIEDRIG</b>
$10^{-8} \text{ Bq/m} < RVI \leq 10^{-6} \text{ Bq/m}$	<b>NORMAL</b>
$RVI > 10^{-6} \text{ Bq/m}$	<b>HOCH</b>

Die Ergebnisse der Gaspermeabilitätsmessungen der oberen Bodenschicht in ca. 1,0 m Tiefe variieren zwischen  $0,04 \cdot 10^{-11} \text{ m}^2$  und  $1,4 \cdot 10^{-11} \text{ m}^2$ . Für die Einordnung des Baugrunds hinsichtlich seines Radonrisikos werden deshalb je nach Permeabilität die Radonaktivitätszahl ( $R_{na}$ ) oder Radonverfügbarkeitsindex bzw. im Übergangsbereich beide Verfahren als Bewertungsmaßstab ins Kalkül gezogen. Für die Ermittlung des Radonrisikos anhand der Ergebnisse der Radionuklidanalysen von Bodenproben wurde eine Gaspermeabilität von  $1,0 \cdot 10^{-11} \text{ m}^2$  berücksichtigt. Die resultierenden Bewertungen des Radonrisikos für den Baugrund sind in der Tabelle 5 zusammengestellt.



Tabelle 5: Einschätzung des Baugrunds nach dem Radonverfügbarkeitsindex (RVI) und der Radonaktivitätszahl  $R_{na}$ 

Messpunkt	Radonkonzentration in der Bodenluft [kBq/m <sup>3</sup> ]	Gaspermeabilität [m <sup>2</sup> ]	RVI [Bq/m]	Bewertung des Radonrisikos nach RVI	Radonaktivitätszahl $R_{na}$	Radon-Klasse nach $R_{na}$
BL1	232	$1,3 \cdot 10^{-11}$	$2,9 \cdot 10^{-6}$	HOCH	-	-
BL2	201	$1,4 \cdot 10^{-11}$	$2,9 \cdot 10^{-6}$	HOCH	-	-
BL3	496	$1,1 \cdot 10^{-11}$	$5,5 \cdot 10^{-6}$	HOCH	-	-
BL4	170	$0,04 \cdot 10^{-11}$	-	-	2,4	hoch
BL5	346	$1,1 \cdot 10^{-11}$	$3,8 \cdot 10^{-6}$	HOCH	-	-
BL6	210	$1,4 \cdot 10^{-11}$	$3,0 \cdot 10^{-6}$	HOCH	-	-
BL7	191	$1,4 \cdot 10^{-11}$	$2,7 \cdot 10^{-6}$	HOCH	-	-
BL8	166	$1,3 \cdot 10^{-11}$	$2,1 \cdot 10^{-6}$	HOCH	-	-
BL9	605	$1,3 \cdot 10^{-11}$	$7,6 \cdot 10^{-6}$	HOCH	-	-
BL10	185	$0,5 \cdot 10^{-11}$	$0,8 \cdot 10^{-6}$	HOCH	2,5	hoch
BL11	350	$1,3 \cdot 10^{-11}$	$4,4 \cdot 10^{-6}$	HOCH	-	-
Radionuklidanalysen	27 - 1.540	$1,0 \cdot 10^{-11}$	$0,2 \cdot 10^{-6}$ - $27,0 \cdot 10^{-6}$	NORMAL bis HOCH	-	-

Die Ergebnisse der radiologischen Untersuchungen ergeben, dass dem Baugrund sowohl nach dem Radonverfügbarkeitsindex (RVI) als auch nach der Radonaktivitätszahl  $R_{na}$  ein **Hohes Radonrisiko** zuzuordnen ist.

Durch das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) wurde eine Methode zur Bestimmung des Radonpotenzials im Boden entwickelt. Das Radonpotenzial soll als Hilfsmittel zur Entscheidungsfindung dienen, ob ein Gebiet als Radonvorsorgegebiet gemäß Strahlenschutzgesetz (StrlSchG) [2] auszuweisen ist und somit zusätzliche Maßnahmen zum Radonschutz erforderlich sind (vgl. Abschnitt 2). Nach [11], basierend auf den Untersuchungen in [12], ist das Radonpotenzial RP durch

$$RP = \frac{C_0 [\text{kBq/m}^3]}{-\log(k) - 10} \quad (5)$$

definiert. Die Analyse nach Schwellen (s. [11]), bei denen die Fehlklassifizierungsrate weniger als 10% ergab, führte zur Bestimmung einer Schwelle des Radonpotenzials RP von rund 44 als untere Schwelle für ein prognostiziertes Radonvorsorgegebiet. Des Weiteren ergab die Auswertung, dass bei einem Radonpotenzial von weniger als 20 mit 90%iger Wahrscheinlichkeit die Kriterien für Radonvorsorgegebiete nicht eingehalten werden. In dem Bereich zwischen dem Radonpotenzial von 20 und 44 ist keine gesicherte Aussage zu treffen, ob in diesen Gebieten die Wahrscheinlichkeit, den Referenzwert in Innenräumen zu überschreiten bei mindestens 10% liegt oder nicht.

Die Tabelle 6 enthält die aus den Messwerten nach (5) berechneten Werte des Radonpotenzials. Die Ergebnisse belegen, dass bei den angewendeten Bewertungsmaßstäben die **Schwelle des Radonpotenzials RP von rund 44 an allen Messpunkten teils extrem deutlich überschritten** wird. Im gesamten Baugebiet sind deshalb enorm hohe Anforderungen an eine radonsichere Bauweise zu stellen.

Tabelle 6: Einschätzung des Radonpotenzials des Baugrunds

Messpunkt	Radonkonzentration in der Bodenluft [kBq/m³]	Gaspermeabilität [m²]	Radonpotenzial RP nach [11]
BL1	232	$1,3 \cdot 10^{-11}$	257
BL2	201	$1,4 \cdot 10^{-11}$	238
BL3	496	$1,1 \cdot 10^{-11}$	520
BL4	170	$0,04 \cdot 10^{-11}$	69
BL5	346	$1,1 \cdot 10^{-11}$	363
BL6	210	$1,4 \cdot 10^{-11}$	248
BL7	191	$1,4 \cdot 10^{-11}$	226
BL8	166	$1,3 \cdot 10^{-11}$	184
BL9	605	$1,3 \cdot 10^{-11}$	670
BL10	185	$0,5 \cdot 10^{-11}$	138
BL11	350	$1,3 \cdot 10^{-11}$	388
Radionuklid- analysen	27 - 1.540	$1,0 \cdot 10^{-11}$	27 - 1.540

## 4 Zusammenfassung und Empfehlungen zur praktischen Bauausführung

Die Ergebnisse der radiologischen Untersuchungen belegen, dass dem Baugrund sowohl nach dem Radonverfügbarkeitsindex (RVI) als auch nach der Radonaktivitätszahl  $R_{na}$  ein **Hohes Radonrisiko** zuzuordnen ist und das Radonpotenzial RP von rund 44 nach [11] als untere Schwelle für ein prognostiziertes Radonvorsorgegebiet **an allen Messpunkten deutlich überschritten** ist. Im gesamten Baugebiet sind deshalb enorm hohe Anforderungen an eine radonsichere Bauweise zu stellen. Nach § 123 des StrlSchG (Maßnahmen an Gebäuden; Verordnungsermächtigung) [2] ist festgelegt:

*(1) Wer ein Gebäude mit Aufenthaltsräumen oder Arbeitsplätzen errichtet, hat geeignete Maßnahmen zu treffen, um den Zutritt von Radon aus dem Baugrund zu verhindern oder erheblich zu erschweren. Diese Pflicht gilt als erfüllt, wenn*

*1. die nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik erforderlichen Maßnahmen zum Feuchteschutz eingehalten werden und*

*2. in den nach § 121 Absatz 1 Satz 1 festgelegten Gebieten zusätzlich die in der Rechtsverordnung nach Absatz 2 bestimmten Maßnahmen eingehalten werden.*

Der Standort des geplanten Baugebietes befindet sich nach Bekanntgabe durch den Freistaat Sachsen [13] nicht in einem solchen Gebiet (Radonvorsorgegebiet), in dem die über das Jahr gemittelte Radon-222-Aktivitätskonzentration in der Luft in einer beträchtlichen Zahl von Gebäuden mit Aufenthaltsräumen oder Arbeitsplätzen den Referenzwert nach § 124 oder § 126 überschreitet. Deshalb sind aus formal rechtlicher Sicht erforderliche Maßnahmen zum Radonschutz als erfüllt anzusehen, wenn die nach den anerkannten Regeln der Technik erforderlichen Maßnahmen zum Feuchteschutz eingehalten werden.

Aufgrund des hohen Radonrisikos sind u.E. jedoch zwingend zusätzliche bauliche Radon-schutzmaßnahmen ins Auge zu fassen. In der StrlSchV [3] zur weiteren Modernisierung des Strahlenschutzes werden im § 154 (Maßnahmen zum Schutz vor Radon für Neubauten in Gebieten nach § 121 Absatz 1 Satz 1 des StrlSchG [2]) die nachfolgend aufgelisteten Maßnahmen genannt:

- 1) Verringerung der Radon-222-Aktivitätskonzentration unter dem Gebäude,
- 2) Gezielte Beeinflussung der Luftdruckdifferenz zwischen Gebäudeinnerem und der Außenseite von Wänden und Böden mit Erdkontakt, sofern der diffusive Radoneintritt aufgrund des Standorts oder Konstruktion begrenzt ist,
- 3) Begrenzung der Rissbildung in Wänden und Böden mit Erdkontakt und Auswahl diffusionshemmender Betonsorten mit der erforderlichen Dicke der Bauteile,
- 4) Absaugung von Radon an Randfugen oder unter Abdichtungen,
- 5) Einsatz diffusionshemmender, konvektionsdicht verarbeiteter Materialien oder Konstruktionen.

Nach bei IAF vorliegenden Erfahrungen sind für die praktische Umsetzung von Radon-schutzmaßnahmen, z.B. WU-Konstruktionen, Radondrainagen und Radonbrunnen als geeignet anzusehen. Im Sinne einer beständigen Vorsorge ist außerdem zu beachten, dass die Medieneinbindungen, die durch die Bodenplatten bzw. erdberührenden Außenwände geführt werden, durch entsprechende Dichtungsmaßnahmen so auszuführen sind, dass die Intrusion von radonhaltiger Bodenluft durch Risse oder Leckagen vollständig unterminiert wird. Diese



Maßnahme ist insbesondere unter dem Blickwinkel zu sehen, dass z.B. durch Temperaturen im Gebäude von ca. 18 - 24 °C dauerhaft ein Unterdruck induziert wird, der dem Ansaugen von radonhaltiger Bodenluft durch Risse oder Leckagen in das Gebäude Vorschub leistet [14]. Wegen des induzierten Unterdrucks kann es zu Problemen führen, wenn die Gebäudehülle nicht fachgerecht abgedichtet wird und möglicherweise anderweitige Leckagen zum Baugrund nicht beachtet werden [15]. Die einzusetzenden Produkte (z.B. Ringraumdichtungen) sollten über ein entsprechendes Radonzertifikat verfügen. Baubegleitende Radonmessungen zum Nachweis der Radondichtheit sind unbedingt zu empfehlen. Nach Fertigstellung der Wohngebäude sollte die Radonsituation in den Innenräumen erfasst und der Erfolg der Radonschutzmaßnahmen dokumentiert bzw. noch vorhandene Defizite benannt werden.

Des Weiteren ist darauf hinzuweisen, dass bei Luftwechselraten in Innenräumen von  $< 0,2 \text{ h}^{-1}$  bereits die Radongenerierung in den Baumaterialien dazu führen kann, dass erhöhte Innenraumradonkonzentrationen auftreten. Es ist deshalb für eine ausreichende Belüftung der Aufenthaltsräume zu sorgen [16].

Die erhöhten spezifischen Aktivitäten der vorliegenden Bodensubstrate von  $> 200 \text{ Bq/kg}$  bedingen strahlenschutzrechtlich keine Einschränkung bei einer eventuellen Entsorgung, da es sich nach derzeitigem Kenntnisstand um geogene Substrate handelt.

Die bis dato gewonnenen Untersuchungsergebnisse belegen zweifelsfrei, dass auf dem Baugelände von einem teils sehr hohem Radonpotenzial auszugehen ist und deshalb auch entsprechende zielgerichtete Anforderungen an eine radonsichere Bauweise zu stellen sind. Es ist jedoch durch den AG zu prüfen, ob der geologische und bodentechnische Umfang der Untersuchungen ausreicht zu quantifizieren, welche Massen an Bodenaushub anfallen und welche Massen letztlich mit welcher Aktivität auf der Baufläche verbleiben.

Die für den Standort zuständige Behörde ist das Sächsische Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG), Referat Strahlenschutz, Söbrigener Straße 3a in 01326 Dresden-Pillnitz.

## 5 Literaturverzeichnis

- [1] Baugrundgutachten Voruntersuchung nach DIN 4020, Bauvorhaben: Wohnungsbaustandort „Fürstenberg“ Flurstücke 478 - 485, 01662 Meißen, M.U.T. Meißner Umwelttechnik GmbH, 22.04.2022
- [2] Gesetz zur Neuordnung des Rechts zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung vom 27. Juni 2017, Bundesgesetzblatt Jahrgang 2017 Teil I Nr. 42
- [3] Strahlenschutzverordnung vom 29. November 2018 (BGBl. I S. 2034, 2036)
- [4] A. Damkjaer, U. Korsbech: A Small-Diameter Probe for In Situ Measurements of Gas Permeability, Radiat. Prot. Dosim. 45 (1992) 85
- [5] W. Roßbänder, F. Ohlendorf, B. Ullrich, L. Fuhrmann: Bewertung des Radonrisikos eines Baugrundes, Bauingenieur 70 (1995) 41
- [6] H. Schulz, W. Horn, F. Ohlendorf, W. Roßbänder, K. Schönefeld: Bewertung des Radonrisikos eines Baugrundes, Bericht auf der 18. Sitzung des Arbeitskreises „Uranbergbau und radioaktive Altlasten“ (AKURA), Johanngeorgenstadt, Oktober 1999

- 
- [7] E. Slunga: Radon Classification of Building Ground. Radiation Protection Dosimetry 24 (1988) 39
  - [8] H. Surbeck: Überlegungen zum Radonrisiko eines Baugrundes, 1993
  - [9] H. Surbeck: G. Piller, Die Suche nach der Ursache für erhöhte Radonkonzentrationen in Wohnungen der Region La Chaux-de-Fonds, Bundesamt für Gesundheitswesen, Bern 1992
  - [10] Surbeck, H. 1993: Radon Monitoring in Soils and Water. Nucl. Tracks Radiat. Meas., 22/1-4, 463-468
  - [11] Peter Bossew und Bernd Hoffman, Die Prognose des geogenen Radonpotentials in Deutschland und die Ableitung eines Schwellenwertes zur Ausweisung von Radonvorsorgegebieten, Bundesamt für Strahlenschutz BfS-SW-24/18, 2018, urn:nbn:de:0221-2017122814454
  - [12] Neznal M., et al. (2004), The new method for assessing the radon risk of building sites. Czech Geol. Survey Special Papers, 16, Czech Geol. Survey, Prague, 47 p. <http://www.radon-vos.cz/pdf/metodika.pdf> (accessed 28 April 2015)
  - [13] [https://www.lfulg.sachsen.de/download/DuF-Blatt\\_Radon-Stand-11.05.2021.pdf](https://www.lfulg.sachsen.de/download/DuF-Blatt_Radon-Stand-11.05.2021.pdf)
  - [14] H. Schulz: Aktueller Kenntnisstand zu Radon in Gebäuden, 1. Sächsischer Radontag, Dresden Juli 2007
  - [15] H. Schulz und R. Baumert: Bauablauf und Radonmessungen / Empfehlungen für Bauherren, 5. Sächsischer Radontag, Dresden September 2011
  - [16] R. Gellermann, H. Schulz: "Erhöhte natürliche Radioaktivität in Baugrund und Baustoffen - neue Anforderungen an die Ingenieurplanung Planen und Bauen", Beratende Ingenieure, September 2004, Springer-VDI-Verlag, 26 - 31