



Stadtteil Einsiedlerhof Bebauungsplan „IKEA“

Bebauungsplan der Innenentwicklung gemäß § 13 a BauGB

**Fassung zum Satzungsbeschluss nach § 10 Abs. 1 BauGB
und § 88 Abs. 1 LBauO**

Stand: September 2013

Bericht

Radonbelastung in der Bodenluft „IKEA-Neubaufäche auf dem Gelände der Adam Opel AG , Kaiserslautern“

GeoConsult Rein



Gartenstrasse 26-28
55276 Oppenheim
www.geoanalysis.eu

Gutachter:

Privatdozent Dr. rer nat. habil. Bert Rein

Auftraggeber :

IKEA-Verwaltungs GmbH
Am Wandersmann 2-4
65719 Hofheim-Wallau

09. März 2013

Das Gutachten umfasst 19 Seiten (ohne Deckblatt) und darf nur vollständig weitergegeben werden.
Die ausschnittsweise Verwendung bedarf der Genehmigung von GeoConsult Rein.

GLIEDERUNG	1
1. Auftrag	3
2. Verwendete Materialien	3
3. Was ist und woher kommt Radon?	3
4. Geologische und bauliche Einflüsse auf die Radonkonzentration in Gebäuden	4
5. Radonkonzentration – Richtwerte	5
6. Einbringen und Bergen der Dosimeter/Exposimeter und Bodenprobennahme	6
7. Ergebnisse der Feldarbeiten - Geologie und Böden der untersuchten Flächen	7
8. Laborergebnisse	10
8.1 Bodenfeuchte	10
8.2 Gaspermeabilität	12
8.3 Radon-222-Aktivitätskonzentrationen	14
8.4 Witterung während des Messzeitraumes	14
9. Bewertung der Ergebnisse und Empfehlung	17

Abbildung 1	Gesamt-Gamma-Strahlungsaktivität und Umriss der Untersuchungsfläche	6
Abbildung 2	Radon-Messpunkte mit Tiefenlage des Top der Sande.	9
Abbildung 3	Radon-222-Aktivitätskonzentration mit Bodenfeuchte in den Messbohrungen in 1 Meter Tiefe (Wassergehalt am Beginn und am Ende der Dosimeterauslage).	13
Abbildung 4	Ausgewählte Wetterdaten für die Station Meddersheim des DLR RLP.	14
Tabelle 1	Bohrkoordinaten und Bodenwassergehalt	11
Tabelle 2	Radon-222-Aktivitätskonzentration und Gaspermeabilität	12
Tabelle 3	Radonvorsorgegebietsklassifizierung des Bundesamtes für Strahlenschutz	17

1. Auftrag

Auf der Grundlage des Angebotes vom 24.01.2013 beauftragte die IKEA-Verwaltungs-GmbH am 31.01.2013 eine Untersuchung der Radon-222-Aktivitätskonzentration (in der Folge auch Radoaktivitätskonzentration oder Radonkonzentration) in der Bodenluft. Die Radonkonzentration im Boden sollte untersucht werden, um gegebenenfalls eine Bauempfehlung zum Schutz vor Radon für den auf der Fläche zu errichtenden IKEA-Markt zu erhalten.

2. Verwendete Materialien

Nachfolgende Unterlagen wurden durch das Planungsbüro Jestaedt und Partner zur Verfügung gestellt:

- Geotechnischer Bericht der Baugrunduntersuchung des Ingenieurbüros Peschla und Rochmes.
- Bestandsaufnahme des Opelgeländes.
- Stellungnahme des Kampfmittelräumdienstes
- Medienplan der Adam Opel AG
- Stellungnahme des Landesamtes für Geologie und Bergbau RLP

Weitere verwendete Materialien:

- Geologische Karte RLP 1:25.000 (GK25 6512, 1985)
- Hydrogeologischer Atlas KL, LGB RLP
- ASTER-Höhenmodell
- Google Earth Professional Luftbilddaten
- Wetterdaten des DLR der Station Morlautern

3. Was ist und woher kommt Radon?

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 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 Atmosphäre an feinste Teilchen (Aerosole) an und können lange Zeit in der Luft schweben.

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 etwa 40 % der natürlichen Strahlenbelastung.

Sind Menschen langfristig und dauerhaft dieser Strahlung ausgesetzt, können daraus erhöhte Risiken einer Erkrankung an Lungenkrebs resultieren.

Das Risiko einer Erkrankung an Lungenkrebs steigt mit der Radonkonzentration und der Dauer des Aufenthaltes in erhöhten Radonkonzentrationen.

4. Geologische und bauliche Einflüsse auf die Radonkonzentration in Gebäuden

Die Radon(aktivitäts)konzentration in Gebäuden und in der Bodenluft unterliegt sehr starken täglichen und abgedämpften saisonalen Schwankungen, die mehrere hundert Prozent erreichen können.

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 im Keller 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:

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

Geologische Eigenschaften des Baugrunds:

- Radiumgehalt der Gesteine und Böden im näheren und tieferen Baugrund.
- Korngrößen- und Kornform, Spaltbarkeit und Trennflächen in den Mineralen, sowie Lage des Entstehungsortes von Radon zur Kornoberfläche und Trennflächen.
- Wegsamkeiten für das Radon im Boden/Gestein wie beispielsweise über tektonische Störungen, Klüfte sowie die Porosität des Gesteins/Bodens im Untergrund.
- Schichtlagerung und Schichtenfolge
- Bodenfeuchte

5. Radonkonzentration - Richtwerte

Eine gesetzliche Regelung mit verbindlichen Grenzwerten für die Radonkonzentration in der Raumluft von Häusern, die in der Regel um etwa einen Faktor 500-1000 (erhebliche Abweichungen zu niedrigeren Faktoren sind nicht selten) unter der, der entsprechenden Bodenluft liegt, gibt es in Deutschland bisher nicht. Stattdessen empfehlen verschiedene Institutionen Richtwerte für Radonkonzentrationen, die nach Möglichkeit nicht überschritten werden sollten. Die Weltgesundheitsorganisation und das Bundesumweltministerium empfehlen für Neubauten einen Richtwert von 100 Becquerel/m³.

6. Einbringen und Bergen der Dosimeter/Exposimeter und Bodenprobennahme

Als Planungsgrundlage für die auszuführenden Arbeiten wurden Luftbilddaten und der Medienplan der Adam Opel AG genutzt. Der Medienplan wurde mit Hilfe der Luftbilddaten georeferenziert, ebenso wie der dem Geotechnischen Bericht entnommene Umriss der geplanten Gebäudegrundfläche. Die Lage der untersuchten Fläche ist in Abbildung 1 dargestellt. Das in dem Geographischen Informationssystem verwendete Bezugssystem ist ETRS89 UTM32N.

Die Einmessung der Bohrpunkte und aller weiterer Messpunkte erfolgte mit GPS (Garmin Colorado 300). Die Positionsgenauigkeit der Koordinaten beträgt gemäß GPS –Statistik $\pm 3-4$ Meter. Auf den Freiflächen wurde die Lage der GPS-vermessen Bohrpunkte über Orthofotos kontrolliert und gegebenenfalls korrigiert.

Vor Einbringen der Exposimeter/Dosimeter (in der Folge nur Dosimeter genannt) wurde die Fläche am 05.02.2012 mit einer Heger-Gamma-Sonde mit großvolumigem Natrium-Jodid-Detektor-Kristall der Abmessung 50 x 40 mm auf Anomalien der Gamma-Strahlung untersucht. Die Gamma-Strahlung wurde 1 Meter über dem Boden gemessen. Die Messpunkte sind entlang von Profillinien angeordnet. Der Messpunktabstand beträgt maximal 10 m.

Die Messungen der Radonaktivitätskonzentration erfolgte mit zertifizierten Dosimetern der Fa. Altrac und entsprechend dem Verfahren, das von GeoConsult Rein (GCR) für das Land Rheinland-Pfalz (Ministerium für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz) entwickelt wurde. Dieses Verfahren wird auch für die Erarbeitung der „Radonpotentialkarte Rheinland-Pfalz“ eingesetzt, die von GCR bearbeitet wird.

Die Bohrungen wurden mit einem Handbohrer (Durchmesser 60mm) bzw. als maschinengetriebene Rammkernbohrung bis in in 100 cm Teufe (=Tiefe in einer Bohrung/Aufschluß) ausgeführt. Der Einbau der Dosimeter in die Bohrungen in 1 Meter Tiefe erfolgte am 06. Februar 2013.

An den 14 Lokalitäten wurde jeweils 1 Dosimeter in den Bohrungen in zur Radonmessung von GeoConsult Rein entwickelten Sonden versenkt. Die Position der Bohrungen ist aus den Abbildungen 2 und 3 ersichtlich.

Das Bohrgut aus der End-Teufe (100 cm) der Bohrungen wurde als Probe für Korngrößenanalysen und Wassergehalt genommen. Des Weiteren wurden

Oberflächenproben (5-15 cm Teufe) des Bodens zur Bestimmung des Wassergehaltes entnommen.

Nach Einbringen der Sonden wurden die Bohrungen mit dem Bohrgut unter Beachtung der Entnahmereihenfolge rückverfüllt und auf die ursprüngliche Lagerungsdichte verdichtet. Massendefizite aufgrund z.B. der Probennahme wurden durch in der Nähe entnommenes Oberflächenmaterial ausgeglichen.

Die Bergung der Dosimeter und eine erneute Bodenprobenentnahme aus 1 m Teufe, sowie des Oberbodens erfolgten am 21. Februar 2013. Die Auslagedauer der Dosimeter betrug somit 15 Tage.

7. Ergebnisse der Feldarbeiten - Geologie und Böden der untersuchten Flächen

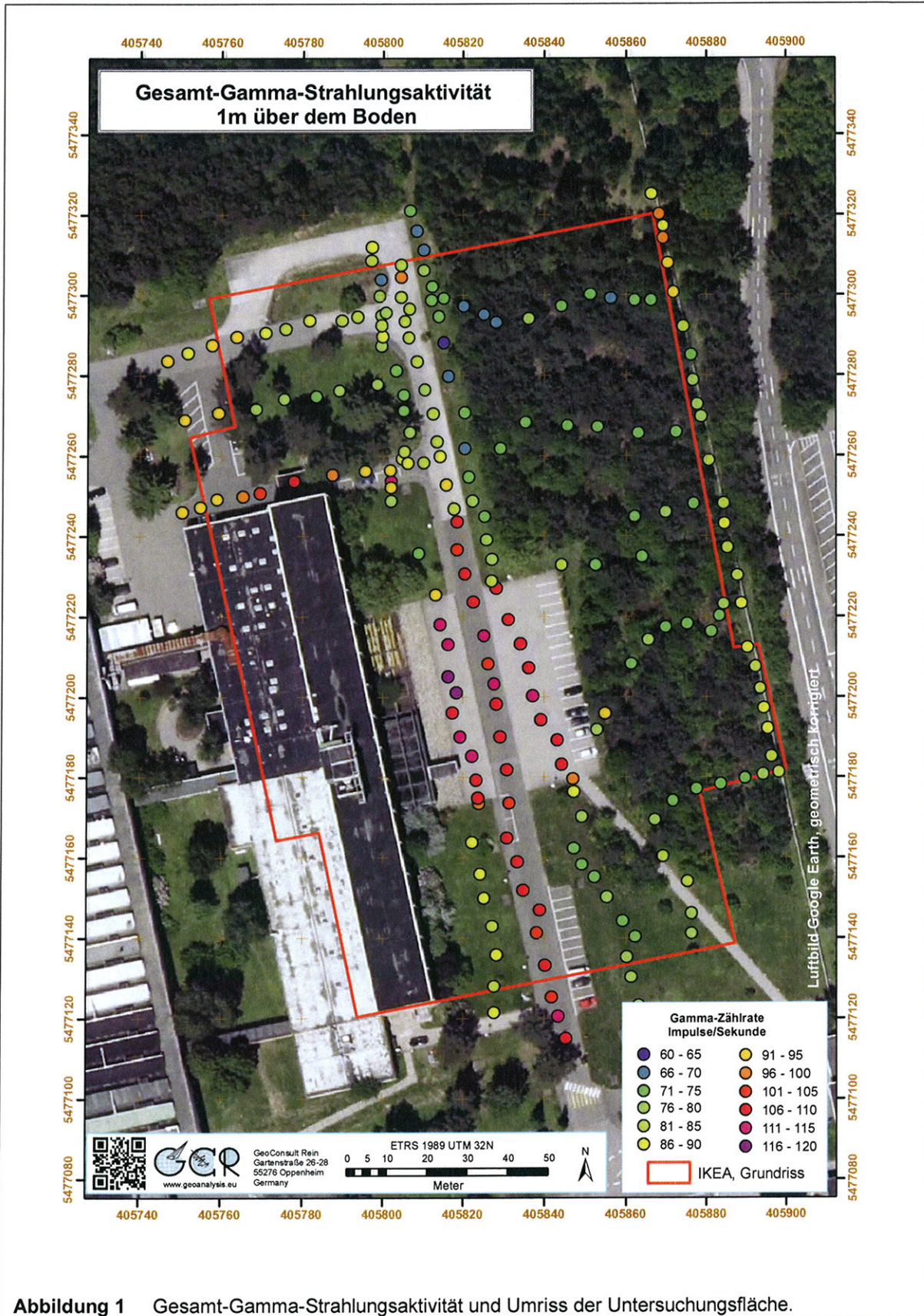
Die untersuchte, nahezu ebene Fläche (Abb. 1) liegt bei 243 m üNN. Der westliche Teil der zukünftigen Gebäudegrundfläche ist zur Zeit durch Gebäude, gepflasterte Parkflächen, und betonierte und asphaltierte Wege weitgehend versiegelt. Im südlichen Teil der Fläche befindet sich überwiegend Rasen während der östliche Teil von Wald bestanden ist (Abb. 1).

Gemäß den geologischen Karten bilden Aufschüttungen den oberflächennahen Untergrund. Die unterschiedlich mächtigen Aufschüttungen werden unterlagert von alluvialen Sand, die wiederum Sandsteinen der Rehberg-Schichten auflagern.

500 Meter östlich der untersuchten Fläche verläuft eine NW-streichende Hauptstörung, die die Rehberg- gegen die ansonsten tieferliegenden Trifels-Schichten versetzt. Ob Störungen im Bereich der Untersuchungsfläche verlaufen, ist aufgrund der Bedeckung nicht bekannt.

Die Gesamt-Gamma-Strahlungsaktivität wurde gemessen (Abb. 2), um eventuell Hinweise auf verdeckte Störungen oder Gesteins-/Materialwechsel im oberflächennahen Untergrund zu erhalten.

Die Gammastrahlungskartierung ergab keine Auffälligkeiten, die mit der Geologie in Zusammenhang zu bringen ist. Die höchsten Werte liegen alle innerhalb versiegelter Flächen in denen die Gammaaktivität entweder durch den Unterbau oder den Belag verursacht ist. Dies belegen auch die Sprünge in der Gammaaktivität an den Grenzen unterschiedlicher Oberflächen. Die etwas höheren Werte an der Nordostecke der Un-



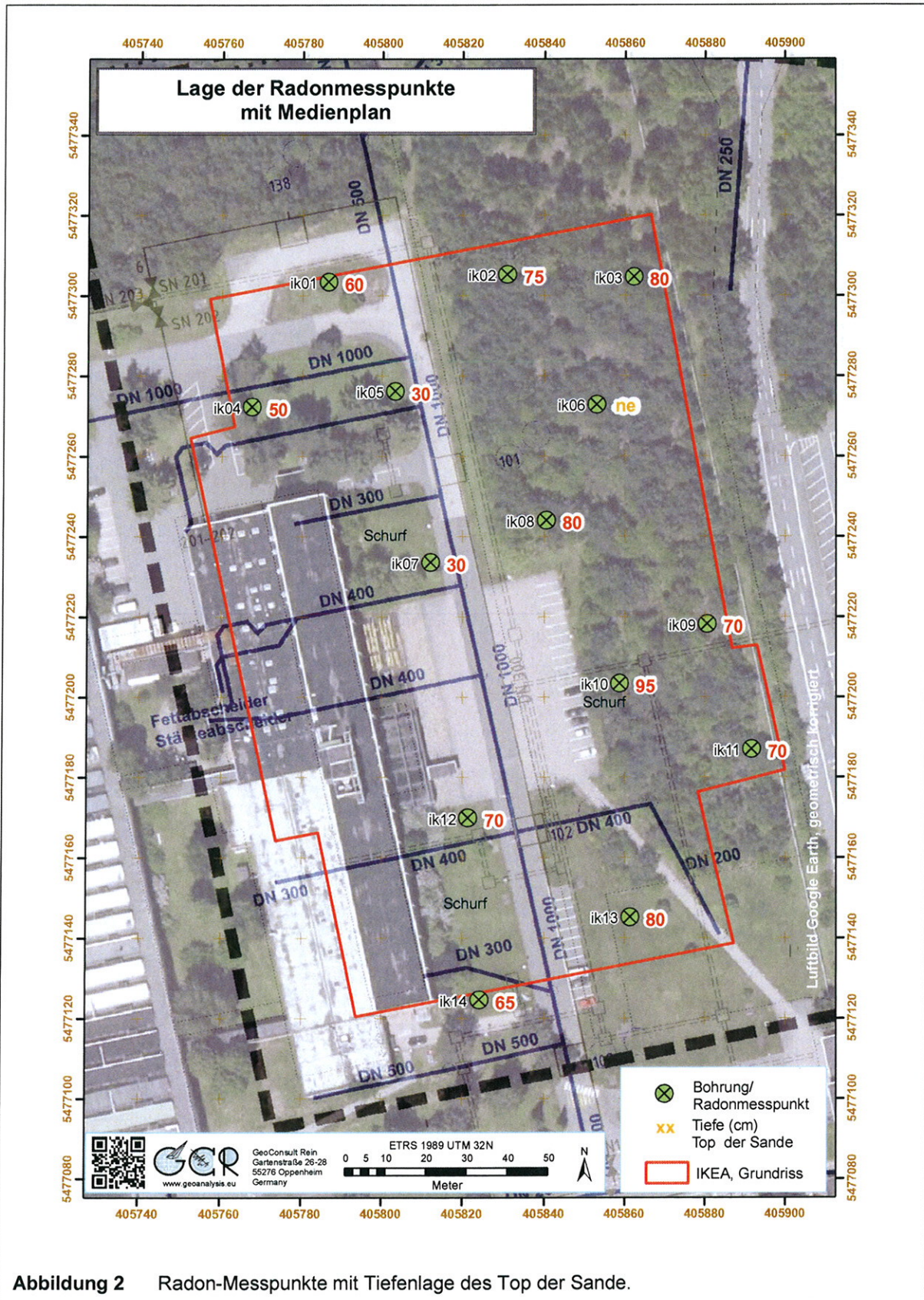


Abbildung 2 Radon-Messpunkte mit Tiefenlage des Top der Sande.

tersuchungsfläche sind ebenfalls durch vermehrte Schuttanteile (Schotter) im ansonsten stärker grasbewachsenen und sandigeren Waldweg verursacht.

Hinweise auf bei der Anordnung der Radonmesspunkte zu beachtende natürliche Anomalien wurden somit nicht gefunden.

Die Anordnung der Radonmesspunkte ergibt sich auch durch Einschränkungen durch versiegelte Flächen, den Verlauf von Versorgungsleitungen und unter Meidung der Nähe zu wiederverfüllten Schürfen (Mindesabstand 6 m).

Abbildung 2 zeigt die Lage der Bohrungen, in denen die Radonaktivitätskonzentrationen gemessen wurden.

In den Bohrungen besteht der oberflächennahe Untergrund aus Auffüllungen und humosem Boden unter denen Sande lagern. In den Bohrungen wurden die Sande zwischen 30 cm und 95 cm angetroffen, in Bohrung *IK06* wurden die Sande in 1 Meter Tiefe noch nicht erreicht.

In den Bohrungen *IK01*, *IK04*, *IK05*, *IK07-11* und *IK14* sind die Sande rötlich, in den Bohrungen *IK02-03*, *IK06* und *IK11-12* aber durch organische Beimengungen graubraun. In *IK06* enthalten die graubraunen Sande auch Bröckchen roten Mittelsandsteins und Konkretionen, Oxidations- und Bleichflecken. In *IK03* wurden in der Basis der Bohrung auch Schlufflinsen gefunden.

Die lockeren alluvialen schwach schluffigen Fein- bis Mittelsande, enthalten z.T. Sandsteinbröckchen, z.T. kiesige Komponenten.

8. Laborergebnisse

8.1 Bodenfeuchte

Die Werte für den Wassergehalt der Böden sind in Tabelle 1 und Abbildung 3 dargestellt. Die Böden waren in 100 cm Tiefe zu Beginn der Dosimeterauslage trocken bis mäßig feucht. Am Ende der Dosimeterauslage stellte sich die Bodenfeuchte in der Lagerungstiefe der Sonde/Dosimeter in einigen Bohrungen ähnlich dar, andere - *IK04*, *IK9-10*, *IK12* und *IK14* - waren nach Abschmelzen der dünnen Schneeeauflage signifikant feuchter als zu Auslagebeginn. In *IK12* wurde als einziger Bohrung nach dem Bergen der Sonde und der Bodenprobennahme unter dem Sondenniveau freistehendes Wasser an der Basis der durch die zweite Probennahme vertieften Bohrung festgestellt (~10-15 cm unter Sondenniveau).

Tabelle 1: Bohrkoordinaten und Bodenwassergehalt

Bohrung	X		Y		Bodenfeuchte (Wassergehalt %)			
	UTM32N	UTM32N	80-100 cm		100-110 cm		5-15 cm	
			05.02. 2013	21.02. 2013	05.02. 2013	21.02. 2013	05.02. 2013	21.02. 2013
IK01	405786	5477303	7,9	8,6	14,4	16,2		
IK02	405831	5477305	9,7	10,2	13,9	14,2		
IK03	405862	5477305	10,0	15,1	14,0	15,1		
IK04	405767	5477272	5,7	12,3	13,7	14,8		
IK05	405803	5477276	11,3	10,7	13,6	14,3		
IK06	405853	5477273	16,0	18,5	15,6	16,4		
IK07	405812	5477234	11,5	13,7	15,8	16,2		
IK08	405840	5477244	11,8	13,9	14,6	13,7		
IK09	405880	5477218	7,6	11,5	16,3	15,6		
IK10	405858	5477203	6,0	15,3	15,8	16,3		
IK11	405891	5477187	5,8	8,4	14,0	13,8		
IK12	405821	5477170	12,2	16,6	14,3	15,8		
IK13	405861	5477145	10,1	11,6	15,1	14,7		
IK14	405824	5477125	10,5	16,4	13,8	15,4		

In den aus 5-15 cm Tiefe entnommenen Bodenproben, die alle aus dem humosen Oberboden entstammen wurden sowohl zu Auslagebeginn als auch am Auslageende und mit sehr geringer Variation zwischen den Bohrpunkten 14-16% Wassergehalt im Boden bestimmt. Diese gleichbleibende Feuchte des Oberbodens trotz zwischenzeitlicher Schneeschmelze belegt die gute Drainage der Böden.

Der Bodenwassergehalt beeinflusst (neben Kornform, Korngröße, Verteilung der Mutternuklide im Mineralkorn) die Radonemanationsrate (Freisetzung von Radon aus dem Mineralkorn in die Bodenluft) vor allem in feinkörnigen Bodenarten und generell die Migrationsmöglichkeiten für Radon/Bodengase im Porenraum des Bodens. Aufgrund des Radonverteilungsungleichgewichtes zwischen Wasser und Luft (in der Bodenluft) tritt Radon in der Bodenluft in höherer Konzentration auf als im mit der Bodenluft im Gleichgewicht stehenden Bodenwasser. Andererseits kann Radon mit dem Grundwasser herangeführt werden und freigesetzt werden, wenn die Temperatur- und/oder Druckbedingungen sich von denen an seinem Herkunftsort unterscheiden. Wassergesättigter Boden oder hoher Wassergehalt (in Abhängigkeit von Poreneigenschaften des Bodens) kann wiederum als Diffusionssperre für den Aufstieg – und die Migration von Radon wirken. Die Bodenfeuchte ist deshalb eine wichtige Größe für die Beurteilung der Emanationsrate (Übertritt von Radon aus dem

Mineralkorn in den Porenraum) und der Migrationsmöglichkeit und damit der gemessenen Radonkonzentrationen.

8.2 Gaspermeabilität

Die Gaspermeabilitäten (Gasdurchlässigkeit des Bodens) wurden anhand der Korngrößenansprache in der aus 1 m Tiefe (80-100cm) gewonnenen Bodenprobe abgeschätzt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 dargestellt. Die Bodenproben aus 1 Meter Tiefe kennzeichnen eine gute Gasdurchlässigkeit.

Die Gaspermeabilität eines Bodens ist keine Konstante sondern in Abhängigkeit von der Bodenfeuchte temporären Schwankungen unterworfen. Die in Tabelle 2 angegebene Bandbreite an Gaspermeabilitäten entspricht der, der Böden im trockenen und feuchten Zustand. Bei großflächiger Überbauung ist davon auszugehen, dass in dem am Standort angetroffenen Substrat mit eher trockenerem Untergrund zu rechnen ist.

Die Gaspermeabilität ist eine wichtige Größe zur Abschätzung des Radonpotentials des Untergrundes. Die Radonkonzentration ist ein Maß für die im Untergrund pro Raumeinheit anstehende Radonmenge. Die Gaspermeabilität gibt dagegen Auskunft

Tabelle 2: Radonkonzentrationen und Gaspermeabilität

Bohrung	Dosimeter #	Datum Einbau	Exp.-Dauer [h]	Rn-222 [KBqh/m³] gerundet	Rn-222 [KBqh/m³] gerundet +20%	Rn-222 [KBqh/m³] gerundet -20%	Gaspermeabilität k [qm] 80-100 cm
IK01	T02764	06.02.2013	359	13	15	10	1,E-11 - 1,E-12
IK02	T02781	06.02.2013	360	13	15	10	1,E-11 - 1,E-12
IK03	T02771	06.02.2013	359	14	17	11	1,E-11 - 1,E-12
IK04	T02763	06.02.2013	359	14	16	11	1,E-11 - 1,E-12
IK05	T02770	06.02.2013	358	14	17	11	1,E-11 - 1,E-12
IK06	T02774	06.02.2013	357	14	16	11	1,E-11 - 1,E-12
IK07	T02766	06.02.2013	357	12	15	10	1,E-11 - 1,E-12
IK08	T02768	06.02.2013	360	15	18	12	1,E-11 - 1,E-12
IK09	T02767	06.02.2013	360	19	23	16	1,E-11 - 1,E-12
IK10	T02765	06.02.2013	360	8	9	6	1,E-11 - 1,E-12
IK11	T02762	06.02.2013	360	11	13	8	1,E-11 - 1,E-12
IK12	T02775	06.02.2013	357	4	4	3	1,E-11 - 1,E-12
IK13	T02776	06.02.2013	360	15	18	12	1,E-11 - 1,E-12
IK14	T02769	06.02.2013	357	11	13	9	1,E-11 - 1,E-12

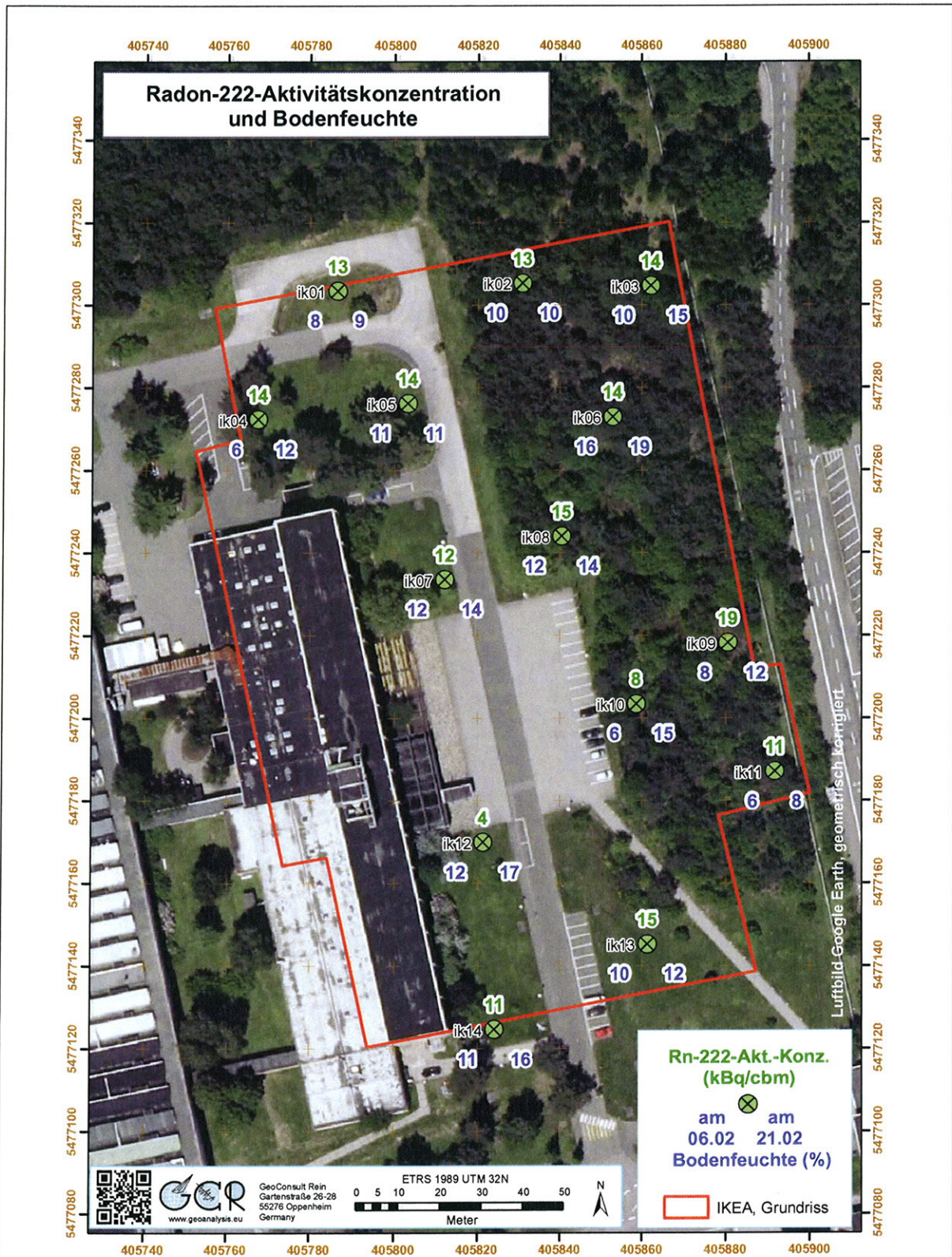


Abbildung 3 Radon-222-Aktivitätskonzentration mit Bodenfeuchte in den Messbohrungen in 1 Meter Tiefe (Wassergehalt am Beginn und am Ende der Dosimeterauslage).

darüber wie groß das potentielle Einzugsgebiet ist, aus dem Radon in Richtung des Gebäudes strömen und dieses innerhalb seiner kurzen Lebenserwartung (Halbwertszeit 3,8 Tage) 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) mit hoher Radonkonzentration errichtet sind.

8.3 Radon-222-Aktivitätskonzentrationen

Die gemessenen Radonaktivitätskonzentrationen (Tab. 2) sind in der Abbildungen 3 als grüne Zahlen den Bohrpunkten zugeordnet. Die Aktivitätskonzentrationsangabe erfolgt in gerundeten Kilobecquerel (1000 Radon-Zerfälle/Sekunde). Die über einen Zeitraum von 15 Tage gemessenen mittleren Radon-222-Aktivitätskonzentrationen überdecken einen Wertebereich von 4 bis 19 KBq/m³ mit (Tab. 2, Abb. 3). Der Wert von 4 KBq/m³ ist von besonderer Bedeutung, weil in der Bohrung, in der diese Aktivitätskonzentration gemessen wurde, Grundwasser 10-15 cm unterhalb der Messtiefe stand. Dies belegt, dass die Sande über den Sandsteinen wahrscheinlich nur ein sehr geringes Radonpotential besitzen. Das Radon in der Meßtiefe von 1 Meter unter Flur entstammt viel mehr den tiefer liegenden Sandsteinen, in denen dann auch höhere Konzentrationen zu erwarten sind.

8.4 Witterung während des Messzeitraumes

Die Wetterstation Morlautern liegt 5600 m nordöstlich der Untersuchungsfläche in einer ebenen grasbewachsenen Fläche. Die Station liegt rund 60 m höher als die Untersuchungsfläche bei 307 m ü NN.

Die Wetterdaten der Station Morlautern sind in Abbildung 4 dargestellt.

Die in einer Höhe von 2 m bzw. 20 cm über dem Boden gemessenen stündlichen Durchschnittstemperatur der Luft, sind zusammen mit den Stundensummen (Kurve) und Tagessummen (Zahlen) des Regenfalls dargestellt. Im mittleren Diagramm ist die stündliche durchschnittliche und die durchschnittliche maximale Windgeschwindigkeit (über 5 Minuten) dargestellt. Die beiden oberen Diagramme zeigen die stündliche

Veränderung der relativen Luftfeuchte und der Globalstrahlung. Der Zeitraum vor und nach der Dosimeterauslage ist grau hinterlegt.

Am Tag der Einbringung der Dosimeter in die Bohrungen lag auf dem grasbewachsenen Teil der Untersuchungsfläche eine lückenhafte, 0-5 cm dicke Schneedecke. Die gepflasterten, betonierten und asphaltierten Flächen waren weitgehend schneefrei, wie auch überwiegende Teile der Fläche unter Waldbedeckung. Der Schnee war einen Tag zuvor am 5. Februar 2013 gefallen (Regenäquivalent 9,1 l/m², Abb. 4).

Innerhalb des gesamten Zeitraums der Dosimeterauslage fielen in Morlautern nur weitere 9 mm Niederschlag (Regenäquivalent) verteilt über 7 Tage. Diese Niederschläge fielen auch auf der Untersuchungsfläche vorwiegend als Schnee. Nur an drei Tagen wurde im Tagesmaximum die 0°C-Grenze in 2 m Höhe über dem Boden nicht überschritten. In der bodennahen Schicht (20 cm über dem Boden) war dies nur an einem Tag der Fall. Aus diesem Grund war der Boden unter der Schneedecke auch nicht gefroren. Die niedrigste über den Zeitraum der Radonmessung gemessene Bodentemperatur betrug in dem höher gelegenen Morlautern rund 1°C in 5 cm Tiefe (14. Feb.) und mit zeitlicher Verzögerung 2°C in 20 cm Tiefe (keine Inversionswetterlage über den Messzeitraum). Nach dem 14. Februar erfolgte eine leichte Erwärmung mit tendenziell höheren Temperaturen als in der ersten Messwoche. Diese Erwärmung führte zum endgültigen Abtauen der schütterten und nur stellenweise erhaltenen Schneeaufgabe und der am Ende der Auslageperiode beobachteten tendenziell höheren Bodenfeuchten in 1 Meter Tiefe. Die höheren Windgeschwindigkeiten (Abb. 4) am Ende der Dosimeterauslage sind möglicherweise verantwortlich für den vergleichsweise trockenen Oberboden (vgl. Tab. 1). Eine zweitägige Starkwindphase (11./12. Feb), ebenso wie die am Ende der Dosimeterauslage, hat mit hoher Wahrscheinlichkeit zu einer Erniedrigung der Radonkonzentration in 2 m Tiefe geführt haben. An einer von GCR betriebenen Permanentstation in Oppenheim werden stündlich die Radonwerte in 1 m Tiefe gemessen. Diese an dieser Station im Zusammenhang mit Wetterdaten gemessenen Radonaktivitätskonzentrationen zeigen, dass gehäufte Böen durch mechanisches Erzeugen eines Unterdrucks in den oberen Bodenschichten zu einer vermehrten Radonentgasung in die Atmosphäre führen, so dass die Radonaktivitätskonzentrationen

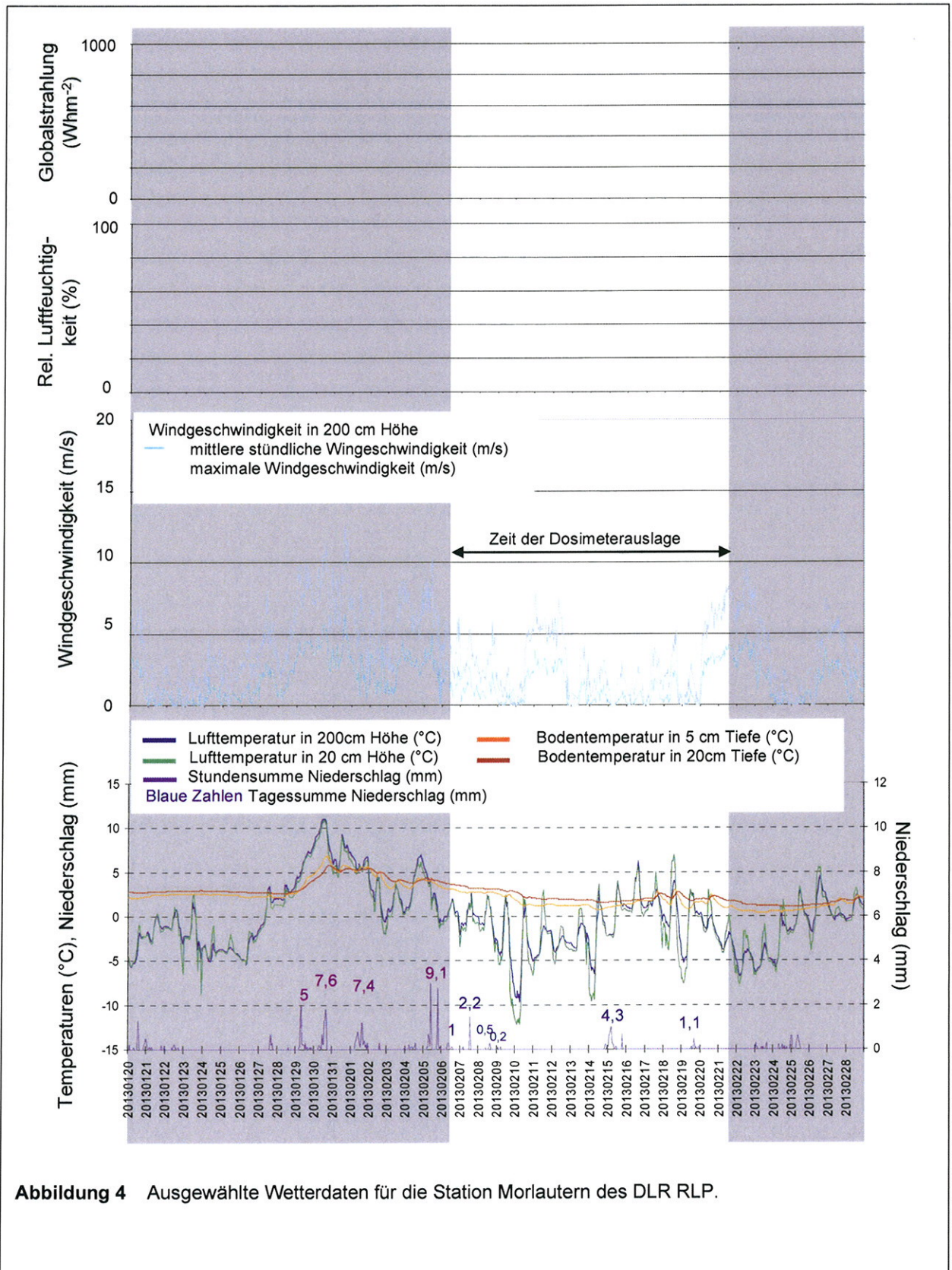


Abbildung 4 Ausgewählte Wetterdaten für die Station Morlautern des DLR RLP.

in 1 m Bodentiefe selbst an mäßig gasdurchlässigen Standorten auf weniger als ein Zehntel der durchschnittlichen Radonkonzentration abfallen können, jeweils in Abhängigkeit anderer Begleitfaktoren.

Dem wind-(druck)induzierten Radonexport ist insofern besondere Beachtung zu schenken, weil eine spätere Überbauung und damit Versiegelung der Fläche solche windinduzierten Erniedrigungen der Radonkonzentration nicht mehr zulässt und sich dann höhere Radonkonzentrationen im Untergrund einstellen können. Die nur zeitweise und nur auf wenigen Teilbereichen der Fläche während der Messperiode existierende schütterere Schneeeauflage war nicht geeignet Staueffekte zu generieren, die denen einer großflächigen Überbauung nahekommen.

Die Veränderung der Bodenfeuchte oberhalb des Grundwasserspiegels unter Überbauung dürfte im vorliegenden Fall von untergeordneter Bedeutung sein.

In der Summe der Faktoren (8.1 – 8.4) ist davon auszugehen, dass die über die Beobachtungsperiode gemessene Radonaktivitätskonzentration in etwa der mittleren jährlichen Radonaktivitätskonzentration ohne Überbauung entspricht.

9. 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.

Tabelle 3: Radonvorsorgegebietsklassifizierung des Bundesamtes für Strahlenschutz.

Klassifizierung	Radonaktivitätskonzentration (Kilo-Becquerel/m ³)
Radonvorsorgegebiet I	>20 – 40 kBq/m ³
Radonvorsorgegebiet II	>40 – 100 kBq/m ³
Radonvorsorgegebiet III	>100 kBq/m ³

Die Einordnung in eine Radonvorsorgegebietsklasse durch dieses Gutachten erfolgt nicht alleine auf Grundlage der gemessenen Radonkonzentration, sondern

berücksichtigt auch die gleichzeitig ermittelten bodenphysikalischen Faktoren, den Bodenaufbau und die Witterungseinflüsse, die die innerhalb eines Zeitraums gemessene Radonaktivitätskonzentration beeinflussen und vor allem Einfluß auf die Radonverfügbarkeit im Boden haben.

Im vorliegenden Fall ist zusätzlich die großflächige geschlossenen Bebauung zu berücksichtigen, die zu einer Erhöhung der Radonkonzentration unter dem Gebäude führen wird.

Gemäß den im Messzeitraum ermittelten Radonaktivitätskonzentrationen liegen die Konzentrationen unterhalb der Untergrenze eines Radonvorsorgegebietes I. Damit wären gemäß Tabelle 3 keine Radonvorsorgemaßnahmen beim Bauen zu treffen.

Durch die Empfehlung des Bundesamtes für Strahlenschutz ist aber in Tabelle 3 nur die Radonaktivitätskonzentration berücksichtigt. Der Einfluss der Witterung, vor allem der Gaspermeabilität des Baugrundes und auch andere Faktoren bleiben formell (mangels Vergleichsmessungen) in dieser Tabelle unberücksichtigt. Allerdings wird explizit auf deren Einfluß hingewiesen, ebenso wie auf den Umstand, dass unter Umständen bereits Radonaktivitätskonzentrationen von 10 kBq/m^3 bei erhöhter Gaspermeabilität des Untergrundes zu bedeutenden Radonkonzentrationen in Gebäuden führen können. Gemäß der Radonaktivitätszahl nach Slunga (1,4-1,6) und dem Radonverfügbarkeitsindex ($1,2\text{E-}07$ bis $1,9\text{E-}07$) nach Surbeck sind für die IKEA-Neubaufäche Radonvorsorgemaßnahmen der niedrigsten Stufe beim Bauen zu treffen.

Aufgrund der zwischen dem 06.02.2013 und 21.02.2013 gemessenen mittleren Radonaktivitätskonzentrationen, und vor allem der Gaspermeabilität des Untergrundes, die unter Überbauung bei Austrocknung steigen wird, werden nachfolgende Empfehlungen ausgesprochen, die sich an die Empfehlungen des Bundesamtes für Strahlenschutz für das Bauen in/auf Baugrund der Kategorie „Radonvorsorgegebiet I“ anlehnt:

- 1) Abdichtung von Böden und Wänden im erdberührten Bereich gegen von außen angreifende Bodenfeuchte mit radondichten Materialien in Anlehnung an DIN 18195.
- 2) konstruktiv bewehrte, durchgehende Bodenplatte aus Beton (Dicke: $\geq 15 \text{ cm}$)

- auf kapillARBrechender Schicht. Bei nichtdurchgÄngigen Bodenplatten sind alle DiskontinuitÄten in der Bodenplatte radondicht auszuföhren.
- 3) Abdichtung von Boden- und Wanddurchföhungen von Zu- und Ableitungen im erdberöhrenden Bereich mit radondichten Materialien.
 - 4) Zuföhung der Verbrennungsluft föh Heizkessel u.Ä. von außen.

ZusÄtzlich ist zu beachten:

Nach Auskunft von IKEA ist eine 30 cm dicke Betonplatte geplant, die somit eine der oben definierten Bauanforderungen bereits erföhlt. Es ist auch noch nicht sicher, ob ein Fluchttunnel bei dem Bauvorhaben realisiert wird.

Ein tiefer in den Untergrund einbindender Fluchttunnel, ebenso wie im Boden über gröhßere Strecken verlegte VersorgungskanÄle köhnen in dem gut gasdurchlÄssigen Untergrund aufgrund ihrer gröhßen erdberöhrenden OberflÄche bei nicht radondichter Ausföhung der WÄnde, bzw. der Rohrverbindungen zu bedeutenden Radonsammlern werden und dem GebÄude u.U. betrÄchtliche Mengen Radon zuföhren.

Da der Fluchttunnel voraussichtlich in zumindest zeitweise wasserföhrende Schichten einbindet, würdede durch die daran angepasste Bauweise (Weiße Wanne, gilt als radondicht, WU-Beton als radonhemmend) auch gleichzeitig ein sehr effektiver Radonschutz gewÄhrleistet.

Ver- und Entsorgungsleitungen wie z.B. KG-Rohre köhnen durch Verwendung alternativer Dichtringe, nahezu preisneutral abgedichtet werden.

Sollten durch die Baumaßnahmen andere als hier oder in dem Baugrundgutachten des BÜros Peschla & Rochmes dargestellte Gesteine/Sedimente/Aufschüttungen angetroffen werden, so wird dringend empfohlen den Radongutachter hinzuzuziehen, um die Eignung der hier vorgeschlagenen Schutzmaßnahmen in diesem Bereich zu überpröfen.

**Dr. Bert
Rein**

Digital unterschrieben von Dr.
Bert Rein
CN: CN = Dr. Bert Rein, C = DE
Ursache: Digital unterschrieben
zum elektronischen Versand
Datum: 2013.03.18 08:11:26
+01'00'

Privat-Doz. Dr. rer. nat. habil. Bert Rein

Oppenheim, 09.03.2013