NÜRNBERG

Stadt Nürnberg

**Stadtentwässerung
und Umweltanalytik
Nürnberg**

Projekt:	**Versuche zur Ermittlung der Ursachen für die Radonbelastung in zwei ausgewählten Kellerräumen**
Auftraggeber:	Stadt Nürnberg, Referat für Umwelt und Gesundheit
Auftragnehmer:	Stadtentwässerung und Umweltanalytik Nürnberg (SUN) Umweltmanagement Bereich Immissionen (SUN/U-M5) Adolf-Braun-Straße 15 90429 Nürnberg Telefon (0911) 231 – 29 27 Telefax (0911) 231 – 56 22 klaus.menge@stadt.nuernberg.de
Projektbearbeitung:	Klaus Menge, Dipl.Ing.(FH)
Unser Zeichen:	800-43-10
Berichtsnummer:	10677-01-2017
Projektnummer:	10677
Auftragsnummer:	20170367

Dieser Bericht umfasst 19 Seiten und 2 Anlagen

Nürnberg, den 11.5.2017
i.A.

Klaus Menge

Zusammenfassung

Inhaltsverzeichnis

0. Zusammenfassung 3
1. Vorgang 3
2. Hintergrund 4
3. Ausgeführte Arbeiten 4
3.1. Messplanung 4
3.2. Messmethode mit Kurzzeit-Exposimetern und einem elektronischem Radonmessgerät 4
3.3. Materialprüfungen auf Radonemission mit einen elektronischen Radonmessgerät 6
4. Beurteilungsgrundlagen 7
5. Ergebnisse 8
5.1. Ergebnisse der Prüfungen der Baumaterialproben 8
5.2. Ergebnisse der Wandmessungen mit Kurzzeitexposimetern 12
5.3 Messung vor einer Wanddurchbohrung mit dem elektronischen Radonmessgerät: 17
6. Diskussion und Handlungsempfehlungen 19
7. Literatur / Quellen 19

Anhänge

2 Prüfberichte von Radon Analytics, Bonn

0. Zusammenfassung

SUN/U wurde durch das Referat für Umwelt und Gesundheit beauftragt, in ca. 25 Schulen und Kindertagesstätten im Nürnberger Stadtgebiet Messungen zu den Raumluftbelastungen durch radioaktives ^{222}Radon durchzuführen. Dabei wurden zwei Kellerräume in zwei Nürnberger Schulen mit einer auffällig erhöhten Radonkonzentration ermittelt. Um zu klären, ob evtl. die in den Kellerräumen verwendeten Baustoffe ursächlich für die Radonemissionen sein können, wurden aus den Kellerräumen Materialproben von den Kellerwänden entnommen und in einer Messkammer auf Radonemissionen untersucht. Zusätzlich wurden an den Wänden, den Fußböden und den Kellerdecken luftdichte Kammern mit Radon-Kurzzeitdosimetern angebracht, um lokale Unterschiede bei der Radon-Emanation der Grenzflächen festzustellen. Die Ergebnisse aus den Versuchen lassen den Schluss zu, dass das Radongas mit großer Wahrscheinlichkeit aus der Bodenluft des Untergrundes stammt und nicht aus den Baustoffen. Untersuchungen der Bodenluft im Umfeld der beiden Schulen könnten genauere Erkenntnisse zur lokalen Radonbelastung des Untergrundes liefern.

1. Vorgang

Nach Abschluss des Radonmessprogramms in ca. 25 Schulen und Kindertagesstätten im Nürnberger Stadtgebiet wurden in Kellerräumen der Ludwig-Uhland-Schule und der Thusneldaschule weitere Messungen durchgeführt, um die Quellen der Radonbelastung näher zu identifizieren. Im Keller der Ludwig-Uhland-Schule (ehemaliger Kohlenkeller) wurde über einen Zeitraum von einem Jahr eine mittlere Radonaktivität von 4100 Bq/m³ ermittelt. Eine Nachmessung mit einem Halbleiter-Radonexposimeter (Coretium Pro = Canary II) über einen Zeitraum von 4 Wochen ergab eine Radonaktivität von 5580 Bq/m³.
In der Thusneldaschule lag die Ganzjahresaktivität der Kellerluft bei 1400 Bq/m³, also deutlich niedriger. Eine Nachmessung mit den Halbleiter-Radonexposimeter ergab im hinteren Bereich 910 Bq/m³ und im vorderen Bereich des Kellers 1700 Bq/m³.
Beide Keller sind nicht bzw. kaum belüftet und allseitig vom Erdreich umgeben.

Der komplette Bericht zum Radonmessprogramm 2014/2015 steht als Download zur Verfügung unter:
http://umweltdaten.nuernberg.de/fileadmin/Dokumente/Schwerpunktthemen/Radonbericht_SUN_2016.pdf

2. Hintergrund

Radon (Rn) ist ein radioaktives Edelgas, welches aus mehreren Isotopen besteht. Es bildet sich natürlicherweise im Boden aus dem Radium-Isotop 226Ra. Die für den Strahlenschutz wichtigsten Radon-Isotope sind 222Rn (zu 90%) mit einer Halbwertszeit von 3,8 Tagen und 220Rn (zu 9%) mit einer Halbwertszeit von nur 56 Sekunden. Für die Raumluftbelastung ist nur das längerlebige Isotop 222Rn relevant.

Weitere Informationen zum Thema Radon können dem oben genannten Radonbericht entnommen werden.

3. Ausgeführte Arbeiten

3.1. Messplanung

In den beiden Kellerräumen mit erhöhter Radonbelastung sollten von den Wänden Bohrkernproben entnommen werden, um durch Lagerversuche mit einem Radonmessgerät in einer Messkammer eine Radonemission der Materialen nachzuweisen oder auszuschließen.

Zusätzlich sollte durch Anbringung von Hohlkammern an den Wänden, der Decke und dem Fußboden ermittelt werden, ob die Grenzflächen der Räume hinsichtlich der Migration von Radon-222 Unterschiede aufweisen.

3.2. Messmethode mit Kurzzeit-Exposimetern und einem elektronischem Radonmessgerät

Die Grundlage des angewendeten Messverfahrens mit Kurzzeitexposimetern ist in der DIN ISO 11665, Teil 4 [1] beschrieben: Bei diese Exposimetern kann radioaktives Radongas durch einen Filter in den Hohlraum einer Kunststoffdose diffundieren. Radioaktive Staubteilchen werden durch den Filter ferngehalten, so dass diese Strahlenquellen nicht in das Ergebnis einfließen. Im Inneren der Dose befindet sich ein Plättchen aus einem speziellen Kunststoff. Kommt es bei einem Radon-Atom oder bei einem Tochternuklid zu einem radioaktiven Zerfall, so erzeugt das entstehende Alphateilchen in den Polymerketten des Kunststoffs Brüche und Ionisationen, sogenannte „latente Spuren“. Mit einem Ätzverfahren können diese Spuren sichtbar gemacht werden, so dass ein Auszählen der Spuren unter einem Lichtmikroskop möglich ist. Die Anzahl der Spuren ist ein direktes Maß für die Aktivität in der Messkammer. Diese kann mit speziellen Kalibriergasen auf die Außenluftaktivität zurückgeführt werden.

Für die Messungen an den Grenzflächen der Kellerräume wurden Kurzzeit-Exposimeter von Radon-Analytics (Kemski u. Partner, Bonn) verwendet. Die Messzeit betrug 28 (Thusneldaschule) bzw. 21 Tage (Uhlandschule).



Abb.1: Kurzzeit-Exposimeter (Foto: Radon-Analytics, Bonn)

Zwei Exposimeter wurden ungefähr in der Mitte der Kellerräume frei aufgehängt, um die mittlere Radonbelastung der Raumluft zu ermitteln. Es wurden die Kellerbereiche ausgewählt, bei denen die vorherigen Messungen höhere Radonkonzentrationen ergaben. Zeitgleich wurden Edelstahlschüsseln (Volumen: 5 Liter) zusammen mit Exposimetern mittels Acryldichtmasse an Wände, Decke und Boden geklebt. Als Blindwert wurde eine Stahlschüssel mit einem Exposimeter auf die gleiche Art in einem unbelasteten Raum angebracht. Die Ränder der Stahlschüsseln wurden sorgfältig mit Acryldichtmasse abgedichtet.



Abb.2: Wandmessung



Abb.3: Messung an der Decke und Raumluft-messung

3.3. Materialprüfungen auf Radonemission mit einen elektronischen Radonmessgerät

Zur Prüfung auf eine mögliche Radonemission bei den Bohrkernproben wurde ein elektronisches Radon-Messgerät vom Typ Corentium Plus (früher Canary Pro) zusammen mit den Materialproben in einen Exsikkator gegeben und dort mind. 2 Wochen lang exponiert.

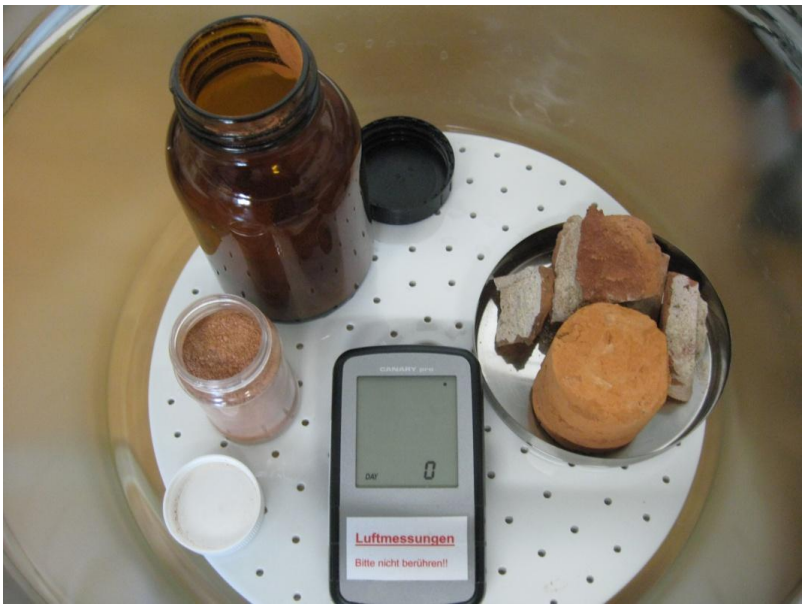


Abb. 5: Messgerät Corentium Plus und Materialproben

Das Messgerät Corentium Plus enthält eine lichtgeschützte Messkammer mit einer offenen Photodiode und ermöglicht eine direkte Messung der Alphastrahlung unter Berücksichtigung der Teilchenenergie.

Entsprechende Vorversuche mit leicht radioaktiven Gesteinsproben ergaben, dass das Messprinzip grundsätzlich geeignet ist, um Gesteine und Baustoffe auf Radonemission zu prüfen. Bei einem positiven Befund wären dann weitere Messungen mit anderen Methoden heranzuziehen (z.B. Gammaspektroskopie).

In der Messkammer (10l-Exsikkator) stellt sich nach ca. 2-3 Wochen ein Aktivitätsgleichgewicht ein, dessen Höhe von der Stärke der Radon-Emission abhängt.

Die Methode erlaubt keine quantitativen Aussagen, sondern ist als Testmethode zur Lokalisierung von Radonquellen anzusehen. Die Messung mit dem elektronischen Exposimeter erlaubt eine Aufzeichnung der ansteigenden Radonaktivität über die Zeit, wenn eine Radonquelle in der Messkammer vorhanden ist.

Die Abb. 6 zeigt den Aktivitätsverlauf während eines Vorversuches mit zwei unterschiedlichen Gesteinsproben:

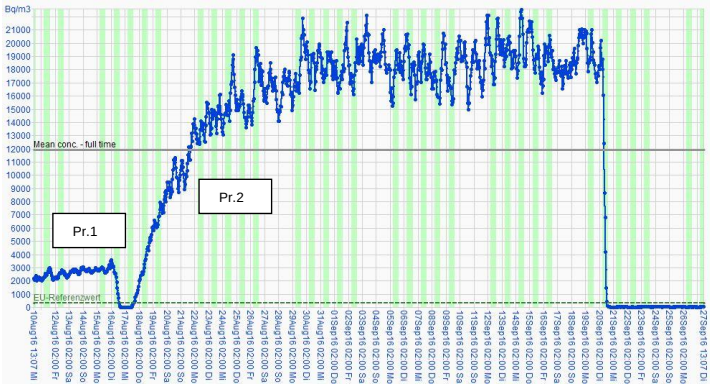


Abb. 6: Vorversuch mit 2 Gesteinsproben



Abb.7: Gesteinsprobe 2

Technische Daten des Radon-Messgerätes Corentium Plus:

Methode	Alpha-Spektrometrie
Messbereich	0-50 000 Bq/m³
Messunsicherheit	7 Tage Messdauer: <12% bei 50-350 Bq/m³, <8% bei >350 Bq/m³ 1 Monat Messdauer: <9% bei 90-220 Bq/m³, <6% bei >220 Bq/m³
Diffusionszeitkonstante	25 Minuten (Thoron stört die Messung nicht)
Weitere Sensoren	Temperatur, Luftfeuchte, Lagewinkel, Luftdruck

4. Beurteilungsgrundlagen

Zurzeit gibt es in Deutschland keine nationalen gesetzlichen Radon-Grenzwerte, jedoch besteht die Verpflichtung, die EU-Richtlinie 2013/59/EURATOM [2] bis zum 6.2.2018 in nationales Recht umzusetzen. Ein Entwurf für ein neues Strahlenschutzgesetz* wurde von der Bundesregierung am 26.1.2017 eingebracht. Ein zukünftiger Grenzwert (=Referenzwert) für Radon in Aufenthaltsräumen und am Arbeitsplatz wird in der nächsten Strahlenschutzverordnung festgelegt werden. Dieser wird sich an der EU-Richtlinie orientieren und 300 Bq/m³ betragen (*Abschnitt 2, §124).

Es wird in Zukunft einen Radonmaßnahmenplan geben, der genauere Anforderungen an den Schutz vor Radon definieren wird.

*Im Entwurf des neuen Strahlenschutzgesetztes wir der Begriff „Referenzwert“ definiert:
(29) Referenzwert: In bestehenden Expositionssituationen oder Notfallexpositionssituationen ein festgelegter Wert, der als Maßstab für die Prüfung der Angemessenheit von Maßnahmen dient. Ein Referenzwert ist kein Grenzwert.

Im Wesentlichen gibt es zur Zeit 2 wichtige Beurteilungsgrundlagen:

300 Bq/m³ Anforderung laut der EU-Richtlinie 2013/59/EURATOM vom 17.1.2014 [2], Mitgliedstaaten sollen bis Februar 2018 diesen Referenzwert in nationales Recht umsetzen (für Aufenthaltsräume, auch für Arbeitsplätze).

100 Bq/m³ Empfehlung der WHO für einen Referenzwert, soweit es nationale Gegebenheiten (Geologie) zulassen, aber maximal 300 Bq/m³ [3].

5. Ergebnisse

5.1. Ergebnisse der Prüfungen der Baumaterialproben

In der Ludwig-Uhlandschule und in der Thusneldaschule wurde beim Bau der Kellerwände ein roter Ziegelstein verwendet. Da Ton, aus dem der Ziegel gebrannt wurde, Spuren von Uran und Radium enthalten kann, besteht grundsätzlich die Möglichkeit einer Radon-Abgabe durch diesen Baustoff. Beton, aus dem die Decken hergestellt wurden, ist grundsätzlich weniger verdächtig, was die Radon-Emissionen betrifft. Daher wurden vorerst aus den Wänden im vorderen Teil der Keller mehrere Materialproben entnommen.



Abb. 8,9: Probenahme durch Kernbohrungen (Uhlandschule).

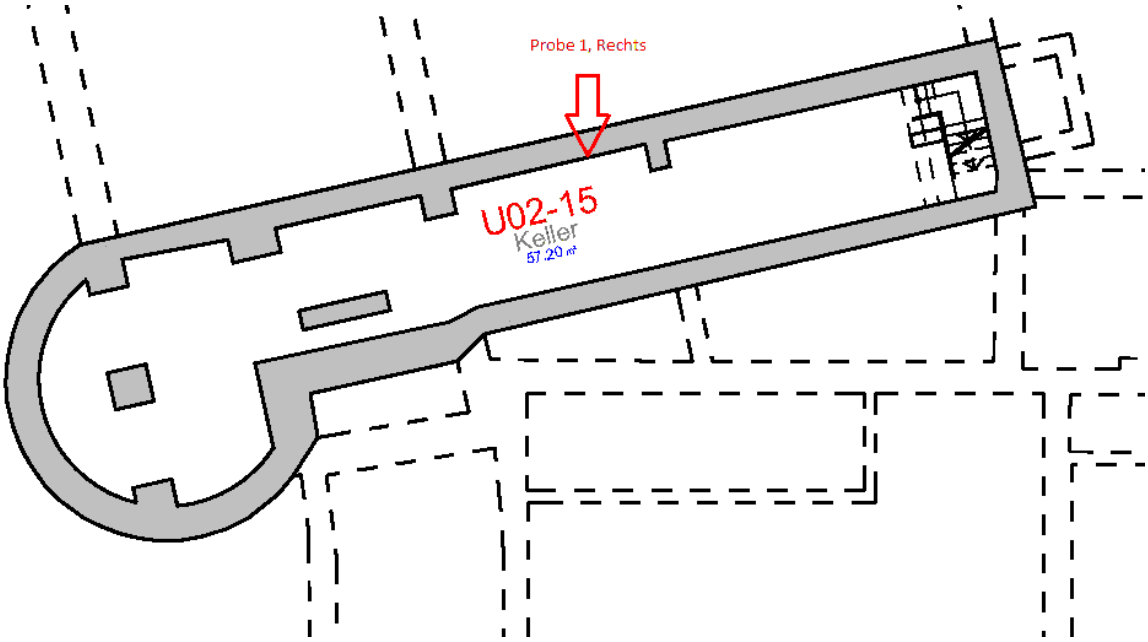


Abb. 10: Kellerraum Uhlandschule mit der Probenahmestelle

Im Keller der Thusneldaschule wurden drei Wände im vorderen Bereich des Kellers beprobt, da in diesem Bereich deutlich mehr Radon gefunden wurde als im hinteren Teil des Kellerganges.

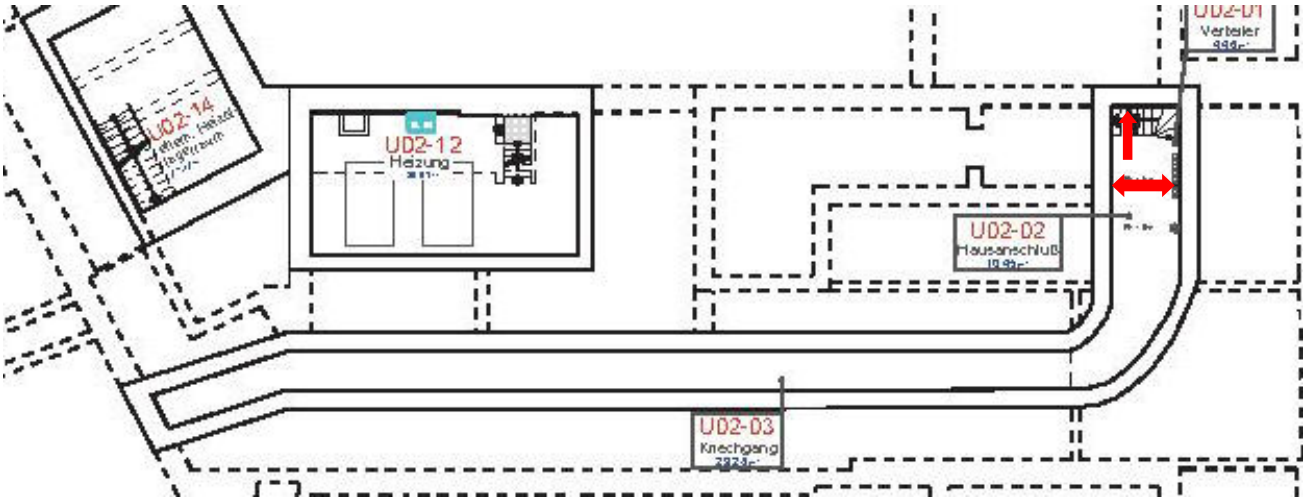


Abb.11: Kellerraum in der Thusneldaschule mit den 3 Probenahmestellen



Abb. 12: Probe T1, Thusneldaschule, unterhalb der Treppe



Abb. 13: Probe T2, Thusneldaschule



Abb. 14, Probe T3 (gegenüberliegende Wand)

Die Proben aus beiden Schulen wurden in einem Exsikkator gelagert, in dem sich auch das Radonmessgerät befand (Abb. 5).

Die Radonkonzentration im Exsikkator wurde über einen Zeitraum von 18 Tagen gemessen und ausgewertet. Es ergab sich ein Mittelwert von 62 Bq/m³ Rn-222 und nur zu Beginn einen erkennbaren Anstieg der Stundenmittelwerte. Die Messwerte der Gleichgewichtskonzentration lagen im Bereich von ca. 15 bis 132 Bq/m³ und damit auf einem sehr niedrigen Niveau.

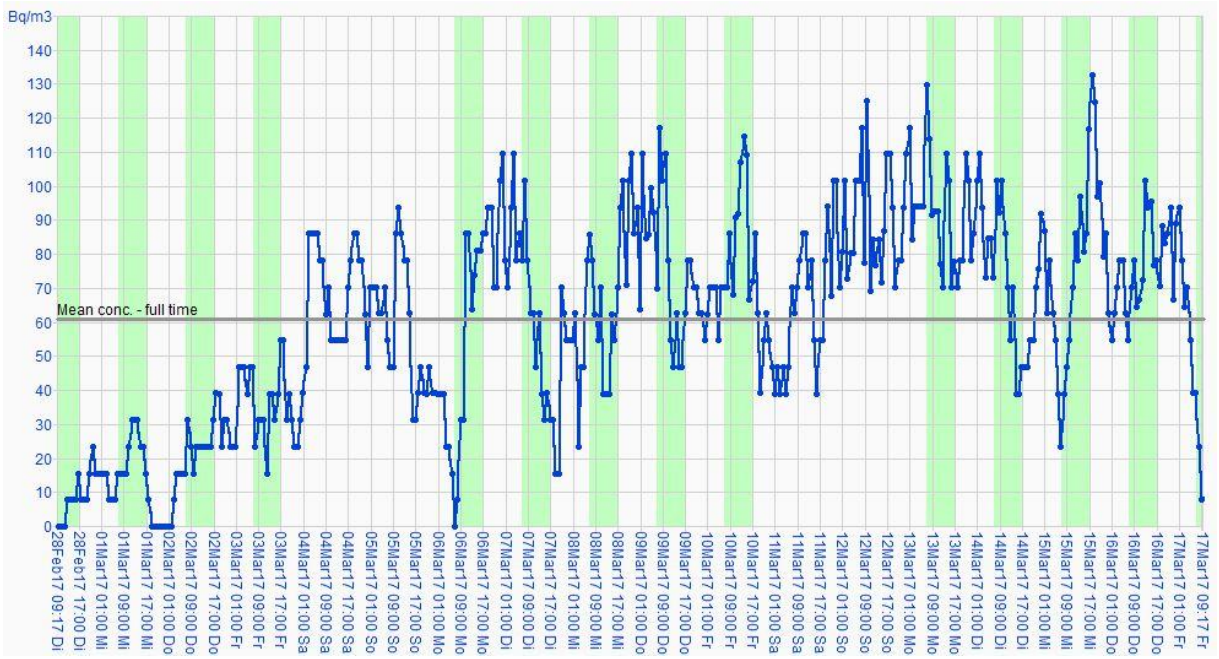


Abb. 11: Stundenmittelwerte der Radonkonzentration über den Materialproben aus der Uhlandschule und der Thusneldaschule.

Die Proben aus der Thusneldaschule wurden zusätzlich separat gemessen. Über eine Messzeit von 3 Wochen ergab sich ein ähnliches Bild:

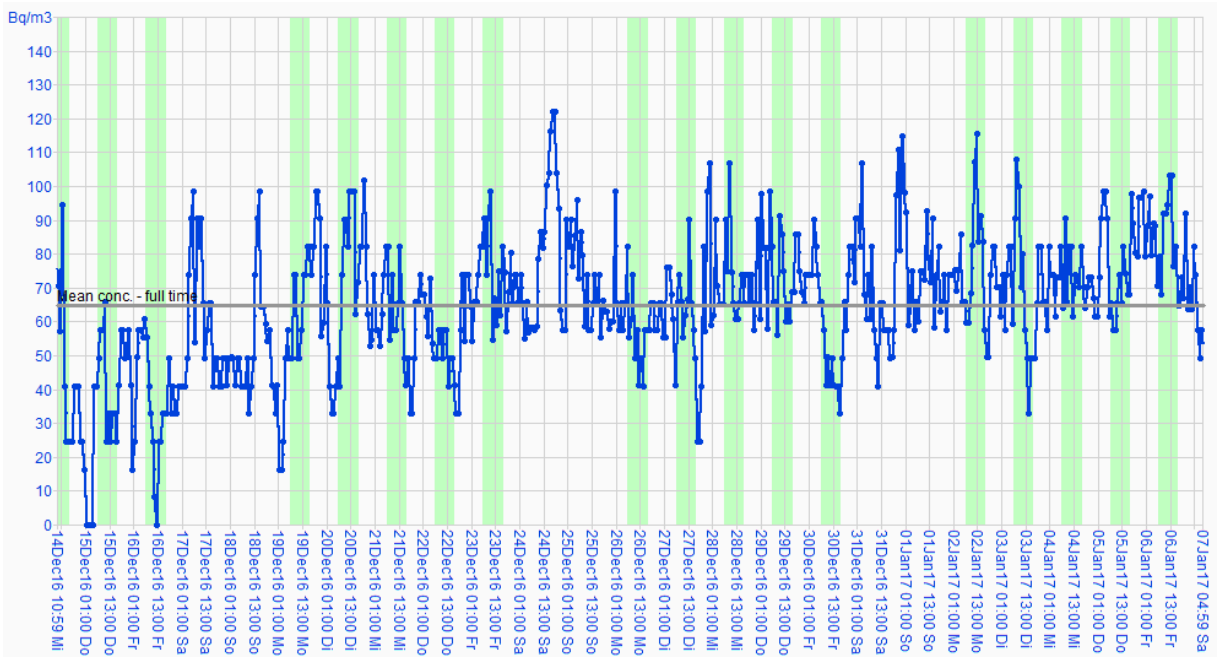


Abb. 12: Materialproben Thusneldaschule

Fazit: Die Proben aus dem Ziegelmaterial ergaben keine Hinweise auf eine erhöhte Radon-Emission.

5.2. Ergebnisse der Wandmessungen mit Kurzzeitexposimetern

5.2.1 Thusneldastraße 5

Im Keller der Thusneldaschule wurden 6 Edelstahlschüsseln mit Kurzzeitexposimetern an allen 4 Wänden, an der Decke und am Fußboden luftdicht angebracht und über einen Zeitraum von 28 Tagen exponiert um somit Unterschiede bei der Radon-Emission (Emanation) der Grenzflächen zu lokalisieren. Zum Vergleich erfolgte eine zeitgleiche Raumluftmessung des Radons.

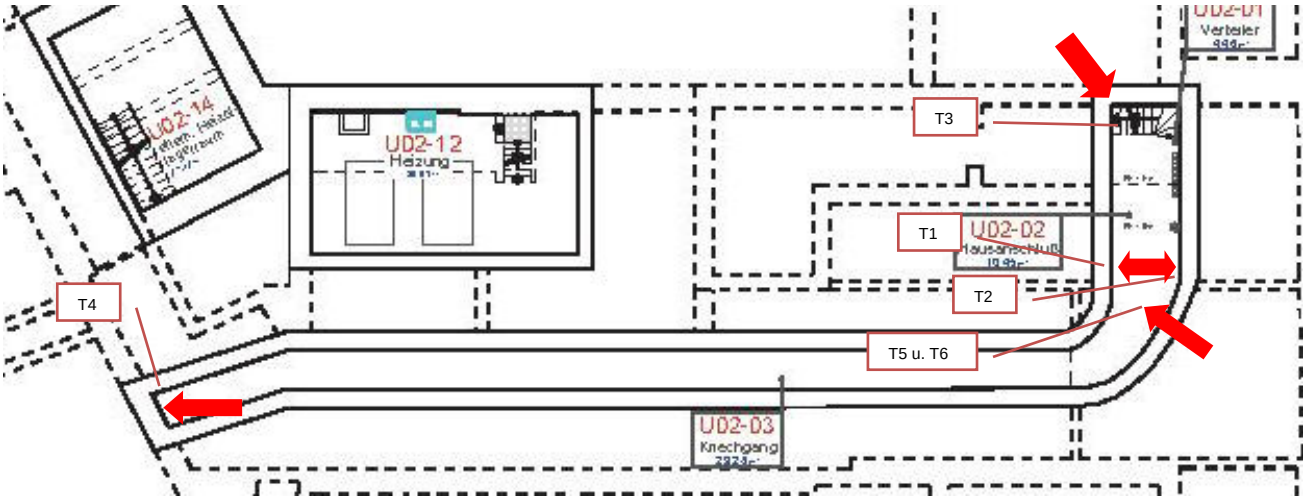
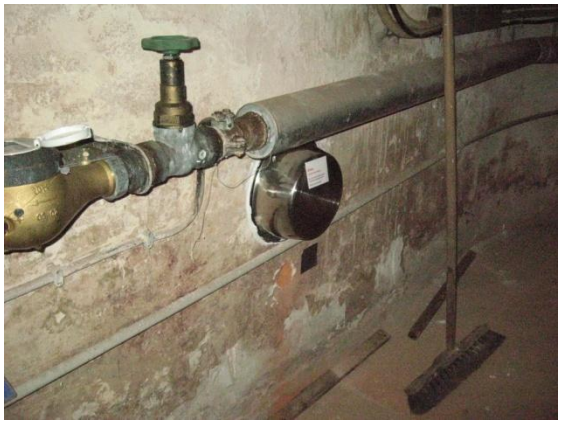


Abb. 13: Probenahmestellen im Keller der Thusneldaschule



T1



T2



T3



T4



T5, Decke und Raumluft

Messergebnisse:

Sammler-Nr.	Probenbezeichnung	Rn-222 in Bq/m³
166409-3	T3, Wand bei Treppe	1960
198852-6	T1, Wand R	1660
212894-0	T2, Wand L	2080
378211-7	T6, Boden vorn	3080
139244-8	T5, Decke vorn	1520
140942-4	T4, Wand hinten (Ende)	1270
283815-9	Raumluft Keller	1200

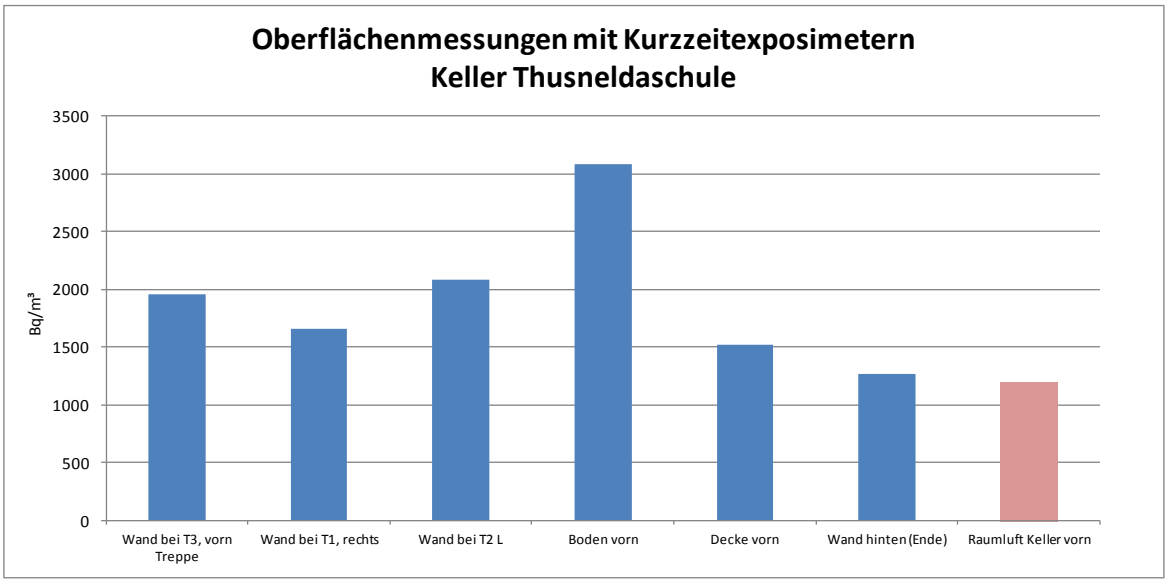


Abb. 14: Ergebnisse der Oberflächenmessungen im Keller der Thusneldaschule

Fazit: Die Hauptquelle für das Radon-Gas in der Raumluft ist höchstwahrscheinlich der Fußboden, gefolgt von den drei Wänden im vorderen Teil.
Die Decke und die hintere Wand emittieren deutlich weniger Radon.

5.2.2 Uhlandstraße 33

Im untersuchten Keller der Ludwig-Uhland-Schule wurden ebenfalls 6 Stahlschüsseln mit Kurzzeitexposimeter angebracht und zusätzlich eines für die Raumluft. Eine Blindwertmessung erfolgte am Fußboden eines unbelasteten Raumes (Feuerwehr FW1, Geräteraum).

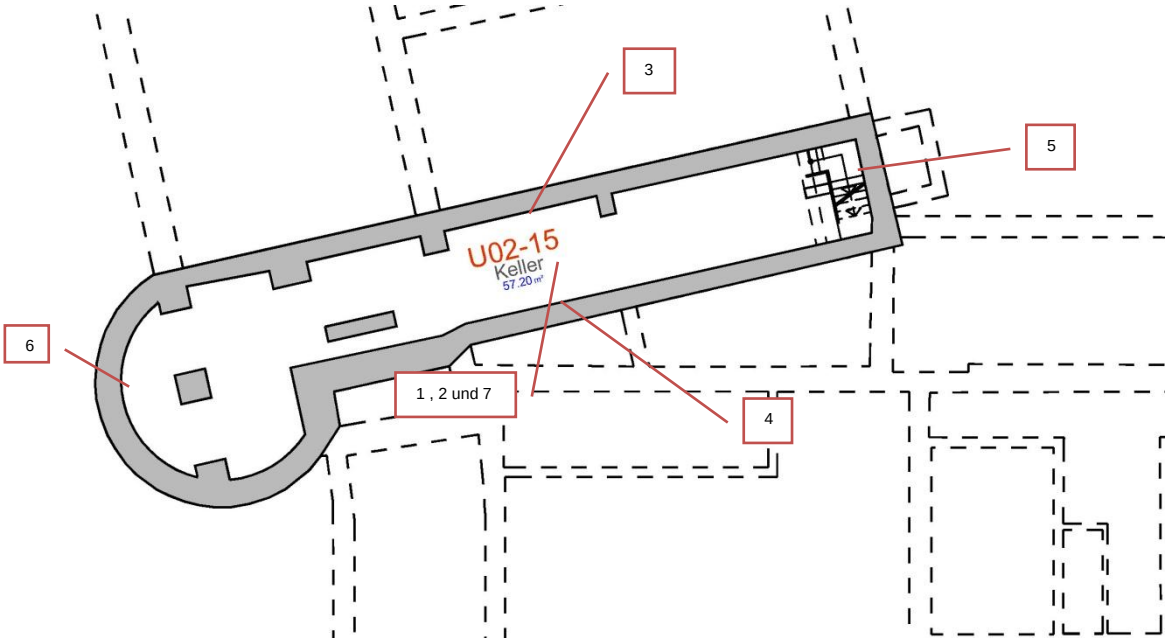


Abb. 15: Probenahmestellen der Oberflächenmessungen



Abb. 16: Decke (Pr.2) und Wand (Pr.3)



Abb. 17: Probe 5 (Wand b. Eingang)



Abb. 18: Probe 6, Wand hinten

Messergebnisse:

Sammler-Nr.	Probenbezeichnung	Rn-222 in Bq/m³
166102-4	1 Fußboden, Mitte	12700
986947-0	2 Decke, Mitte	4600
147225-7	3 Wand rechts	6800
125986-0	4 Wand links	6900
789596-4	5 Wand beim Eingang (Treppe)	3200
193596-4	6 Wand hinten	8500
109976-1	7 Raumluft Keller (Vergleich)	5000
159304-5	Blindwert, unbelasteter Raum FW1, Messraum 2	410

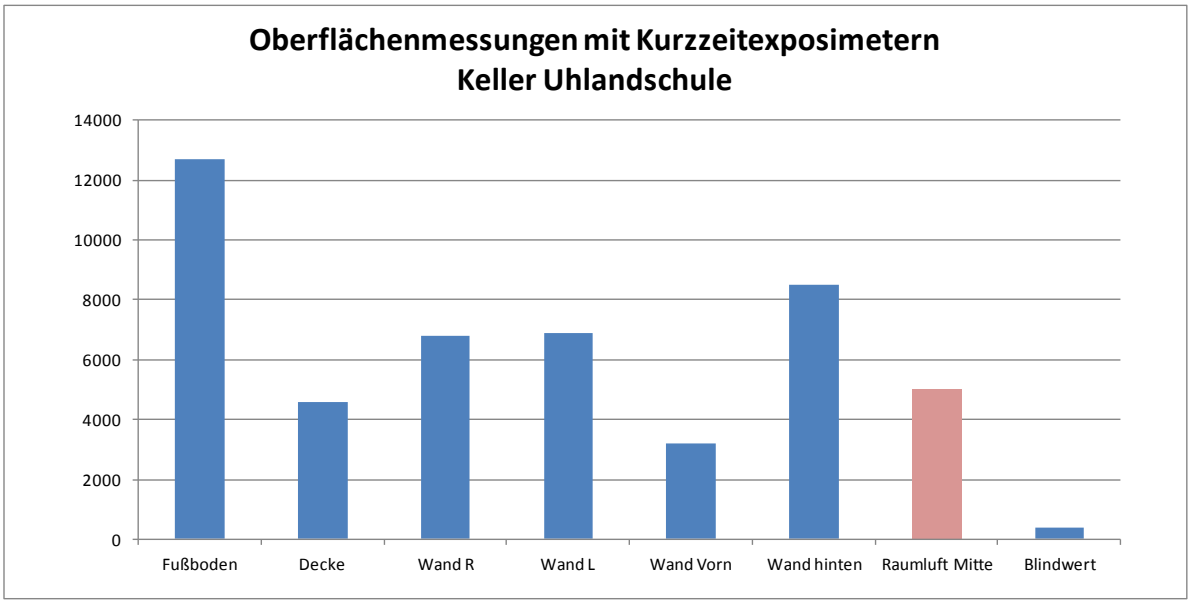


Abb. 19: Ergebnisse der Oberflächenmessungen im Keller der Uhlandschule

Fazit: Ähnlich wie im Keller der Thusneldaschule ist die Hauptquelle der Radon-Emission der Fußboden, gefolgt von den Wänden – außer der vorderen Wand am Eingang.

5.3 Messung vor einer Wanddurchbohrung mit dem elektronischen Radonmessgerät:

Zusätzlich zu den Raumluft- und Oberflächenmessungen wurde an der rechten Wand des Kellers in der Uhlandschule eine Messung mit dem Radonmessgerät Corentium Pro durchgeführt, um zu klären, in wie weit eine Durchbohrung der Wand zu einer Zunahme der Radon-Konzentration durch die Bodenluft führt. Das Messgerät wurde zuerst vor der Wand positioniert, unmittelbar an den Probenahmestellen der Materialbeprobungen. An der unteren Entnahmestelle wurde vorher die Wand ganz durchbohrt (22mm Durchmesser).



Abb. 19: Messung Raumluft Keller

Nach eine Woche Messzeit wurde das Messgerät vor der Bohrung mit einer Edelstahlschale abgedeckt.



Abb. 20: Zweite Messphase mit Abdeckung

Die Messwerte zeigen, dass durch die Bohrung und die Abdeckung Radonkonzentrationen von mehr als 10000 Bq/m³ erreicht werden, also deutlich mehr als die 6800 Bq/m³, die bei der Wandmessung mit dem Kurzzeitexposimeter erhalten wurden.

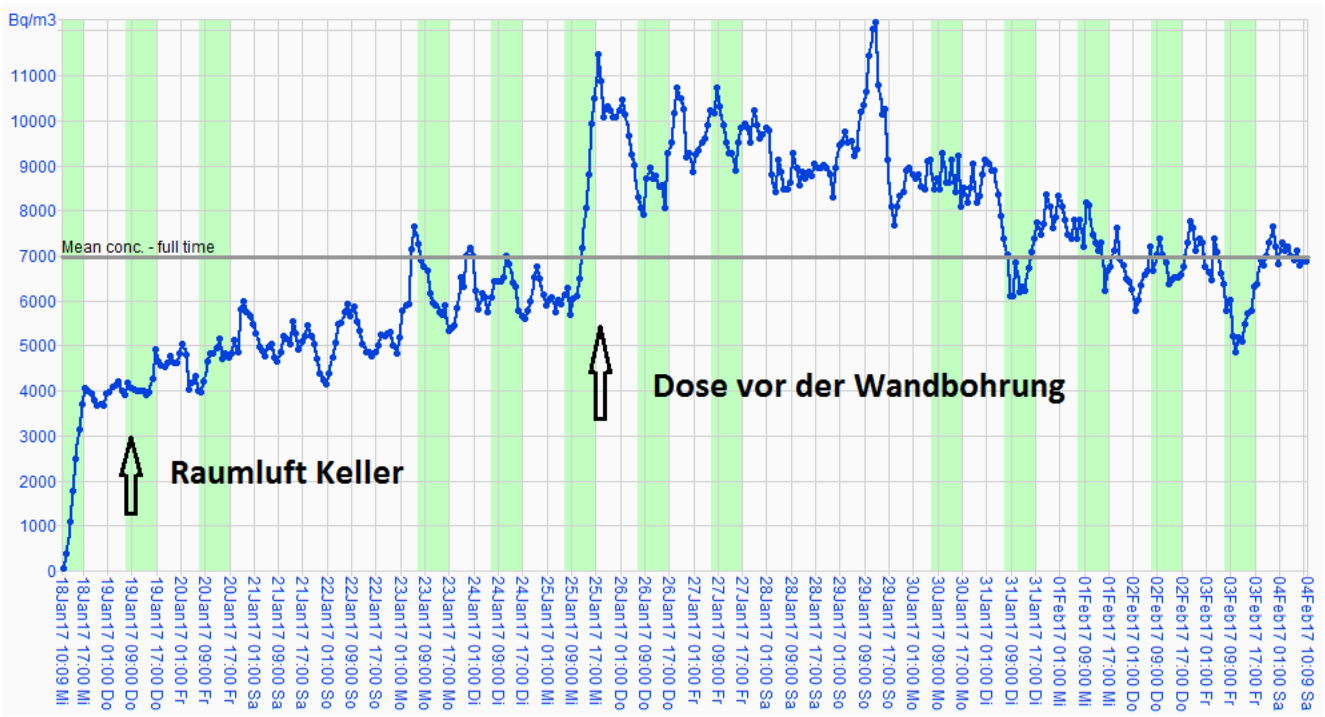


Abb. 21: Messergebnisse mit Wanddurchbohrung, Uhlandschule

Fazit: Das Ergebnis des Versuchs zeigt, dass die Quelle der Radonemission nicht im Baumaterial der Wände zu suchen ist, sondern in der Bodenluft.

6. Diskussion und Handlungsempfehlungen

Die durchgeführten Versuche zeigen, dass die in den Kellerräumen gefundenen Radonbelastungen mit großer Wahrscheinlichkeit nicht aus den verwendeten Baustoffen stammen, sondern aus dem Untergrund (Bodenluft). Weitere Messungen wären sinnvoll, wenn dies noch weitergehend verifiziert werden soll. Es wäre z.B. möglich, die Baumaterialien der Fußböden genauer zu untersuchen oder im Umfeld der Kellerräume durch Bohrungen mit Brunnenrohren Bodenluftmessungen durchzuführen.

7. Literatur / Quellen

[1] DIN ISO 11665-4, Mai 2013, Messung der Radioaktivität in der Umwelt – Luft: Radon-222, Teil 4: Integrierendes Messverfahren zur Bestimmung des Durchschnittswertes der Aktivitätskonzentration mittels passiver Probenahme und zeitversetzter Auswertung

[2] Richtlinie 2013/59/EURATOM des Rates vom 5.12.2013 zur Festlegung grundlegender Sicherheitsnormen für den Schutz vor Gefahren einer Exposition gegenüber ionisierender Strahlung, Amtsblatt der Europäischen Union, 57. Jahrgang, 17.1.2014

[3] WHO Handbook On Indoor Radon, A Public Health Perspective, 2009

Anhang: 2 Prüfberichte von Radon Analytics, Bonn

Anlage

Laborprüfberichte

Dr. Joachim Kemski
Euskirchener Straße 54
D – 53121 Bonn
Tel.: ++49 228 96292-45
Fax: ++49 228 96292-50
Mail: buero@radon-analytics.com
www.radon-analytics.com

Dr. J. Kemski Radon Analytics Euskirchener Str. 54 53121 Bonn

Stadtentwässerung und Umweltanalytik Nürnberg

Hr. Menge

Adolf-Braun-Straße 30

90429 Nürnberg

—

18.1.2017

Objekt: ---

Ergebnisse der Messung der Radonaktivitätskonzentration

Exp.	Messbeginn	Messende	Exposition (kBqh/m^3)	2s Exp. (kBqh/m^3)	Radon (Bq/m^3)	2s Radon (Bq/m^3)
166102	23.11.2016	14.12.2016	6397	1150	12700	2300
986947	23.11.2016	14.12.2016	2340	420	4600	800
147225	23.11.2016	14.12.2016	3436	618	6800	1200
125986	23.11.2016	14.12.2016	3500	630	6900	1300
789596	23.11.2016	14.12.2016	1600	256	3200	500
193596	23.11.2016	14.12.2016	4308	774	8500	1500
109976	24.11.2016	14.12.2016	2421	434	5000	900
159304	30.11.2016	21.12.2016	206	28	410	60

Messverfahren: Exposimeter mit Festkörperspurdetektoren nach DIN ISO 11665-4

Dr. Joachim Kemski
Euskirchener Straße 54
D – 53121 Bonn
Tel.: ++49 228 96292-45
Fax: ++49 228 96292-50
Mail: buero@radon-analytics.com
www.radon-analytics.com

Dr. J. Kemski Radon Analytics Euskirchener Str. 54 53121 Bonn

Stadtentwässerung und Umweltanalytik Nürnberg

Hr. Menge

Adolf-Braun-Straße 30

90429 Nürnberg

21.3.2017

Objekt: ---

Ergebnisse der Messung der Radonaktivitätskonzentration

Exp.	Messbeginn	Messende	Exposition (kBqh/m^3)	2s Exp. (kBqh/m^3)	Radon (Bq/m^3)	2s Radon (Bq/m^3)
166409	30.01.2017	27.02.2017	1317	196	1960	300
198852	30.01.2017	27.02.2017	1113	166	1660	250
212894	30.01.2017	27.02.2017	1400	224	2080	340
378211	30.01.2017	27.02.2017	2068	372	3080	560
139244	30.01.2017	27.02.2017	1023	152	1520	230
140942	30.01.2017	27.02.2017	854	104	1270	160
283815	30.01.2017	27.02.2017	809	100	1200	150

Messverfahren: Exposimeter mit Festkörperspurdetektoren nach DIN ISO 11665-4