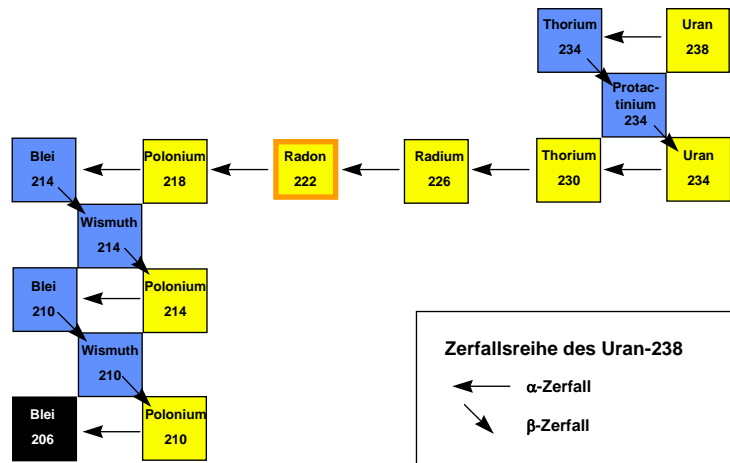
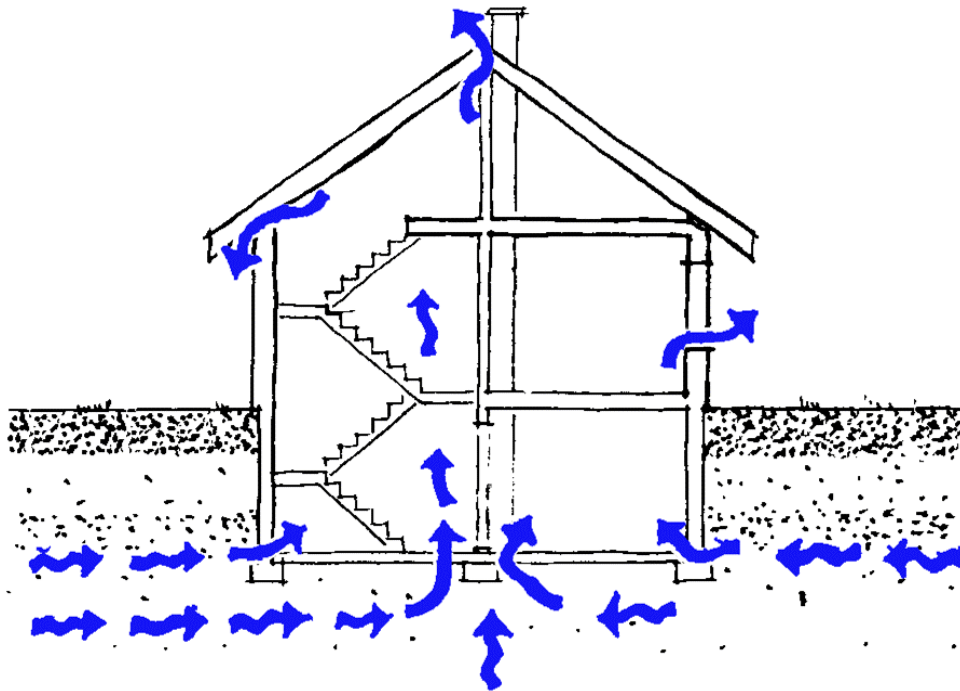




# Radon-Schlussbericht



17. Mai 2005

<b>Inhaltsverzeichnis</b>		<b>Seite</b>
1	Zusammenfassung	3
2	Einleitung	3
2.1	Aufgaben gemäss der Strahlenschutz-Verordnung	4
2.2	Richt- und Grenzwerte	4
2.3	Einteilung in Radongebiete (nach Empfehlung des BAG)	4
2.4	Bisherige Ergebnisse	5
2.5	Zusammenhang zwischen Radonhöchstwerten und dem geologischen Untergrund	5
3	Resultate	6
3.1	Untersuchte Gebäude	6
3.2	Gesamtauswertung	6
3.3	Vergleich mit der gesamten Schweiz (Stand per 1. 1. 2003)	8
3.4	Schulen und Kindergärten	8
3.5	Zusammenhang zwischen Radonaktivität und geologischem Untergrund	10
3.5.1	Modellberechnungen zur räumlichen Verteilung der Radonaktivitäten in den Gemeinden Bettingen und Riehen	10
3.5.2	Ergänzende Untersuchungen im Winterhalbjahr 2003/2004	11
3.5.3	Radon- und Urangehalt des Grundwassers im Kanton Basel-Stadt	12
3.6	Gebietsausscheidung in der Gemeinde Riehen	13
3.6.1	Konsequenzen der Ausscheidung des Niederterrassenschotter-Bereichs als Radongebiet	15
4	Schlussfolgerungen	15

## **Abkürzungen**

BAG            Bundesamt für Gesundheit  
StSV          Strahlenschutz-Verordnung vom 22. Juni 1994

Für die kompetente Unterstützung und Beratung danken wir Herrn Dr. G. Piller (BAG) und den Herren Prof. Dr. P. Huggenberger und Ralph Kirchhofer (UNI Basel, Kantonsgeologie). Dem AUE Basel-Stadt danken wir für die Zurverfügungstellung der zahlreichen Grundwasserproben.

Verfasser: Dr. M. Zehringer

Ausgabe: Kantonales Laboratorium Basel-Stadt

Verwendetes Kartenmaterial: Reproduziert mit Bewilligung des Grundbuch- und Vermessungsamtes Basel-Stadt vom 04. 01. 2005. Alle Rechte vorbehalten.

## 1 Zusammenfassung

Radon ist ein radioaktives Gas, das beim Zerfall von Radium in uranhaltigem Gestein entsteht. Durch verschiedene durchlässige Stellen in der Gebäudehülle kann Radon aus dem Unterboden in Häuser eindringen und erhöht das Risiko, an Lungenkrebs zu erkranken. Im Kanton Basel-Stadt sind deshalb über längere Zeit Radonmessungen durchgeführt worden (2.6 % der Gebäude des Kantons). Während in der Stadt Basel nur vereinzelt erhöhte Radonwerte gemessen wurden, beträgt die Zahl der Richtwertüberschreitungen in den Gemeinden Riehen und Bettingen zusammen 9 % der untersuchten Häuser. Grenzwertüberschreitungen im Wohnbereich (über 1'000 Bq/m<sup>3</sup>) wurden in 12 Riehener Liegenschaften (4 % der untersuchten Gebäude) festgestellt.

Aufgrund der Beurteilung von Grundwasserdaten und der räumlichen Verteilung der Radon-Höchstwerte wird der ganze Bereich des Niederterassenschotters in Riehen als Gebiet mit erhöhtem Radonpotenzial (Radongebiet) ausgeschieden. Das restliche Gemeindegebiet gilt als Gebiet mit mittlerem Radonpotenzial. Bettingen und die Stadt Basel werden in Gebiete mit geringem Radonpotenzial eingestuft.

## 2 Einleitung

Unsere Erde besteht aus verschiedenen chemischen Elementen: Die meisten dieser Elemente sind stabil, einige jedoch sind instabil, also radioaktiv. Zu diesen zählt das Natururan (bestehend aus 99 % des Isotops <sup>238</sup>Uran). Aus dem Uran entstehen durch den radioaktiven Zerfall weitere, radioaktive Nuklide (Zerfallsreihe, siehe Titelbild des Berichtes). Die ersten Elemente dieser Reihe sind nicht mobil und verbleiben somit im Untergrund. Radon (<sup>222</sup>Rn), das Zerfallsprodukt von Radium (<sup>226</sup>Ra), ist jedoch sehr mobil, da es sich um ein Edelgas handelt. Es kann sich je nach Gasdurchlässigkeit des Bodens mehr oder weniger frei bewegen. Es steigt durch Zwischenräume, Spalten und Risse im Boden auf und kann durch Naturböden, Risse im Fundament oder Mauerwerk, Kabel- und Rohrdurchführungen in die Keller der Häuser eindringen. Ebenso löst sich das Radon im Grundwasser.

Im Haus wird die radonhaltige Luft eingeatmet. Das Radon selbst ist für die Gesundheit nicht sehr problematisch, da es grösstenteils wieder ausgeatmet wird. Es sind die Zerfallsprodukte des Radons (Polonium, Blei, Wismuth), die ein Risiko darstellen. Diese Elemente sind ebenfalls radioaktiv und gelangen an Staubpartikel gebunden in die Lunge, wo sie abgelagert werden und die Bronchien und das Lungengewebe bestrahlen. Dadurch erhöht sich das Risiko der Bildung eines Lungenkrebses.

Radon ist kein neues Problem. Schon zu Beginn des 16. Jahrhunderts wurde von einer geheimnisvollen Lungenkrankheit berichtet, an der Minenarbeiter in Böhmen starben. Die so genannte Schneebergerkrankheit wurde gegen Ende des 19. Jahrhunderts als Lungenkrebs identifiziert. Das Radongas als die Ursache blieb aber bis in die Fünfzigerjahre unbekannt. Seit Beginn der Achtzigerjahre hat sich Radon zum „Sorgenkind“ im Strahlenschutz entwickelt. Radon verursacht im Mittel etwa 40 % der jährlichen Strahlenbelastung der Schweizer Bevölkerung. Radon ist nach dem Rauchen die wichtigste Ursache von Lungenkrebs (häufigste Krebsart bei der männlichen Bevölkerung).

Wir sind dem Radon jedoch nicht hilflos ausgesetzt. Es gibt verschiedene bauliche Massnahmen, um den Radoneintritt in ein Haus zu reduzieren.

Intensive Radon-Untersuchungen wurden im Rahmen von RAPROS<sup>1</sup> und später in fast allen Kantonen der Schweiz durchgeführt. Die Resultate sind im RAPROS-Schlussbericht sowie im Radon-Jahresbericht 2003 enthalten und können wie folgt zusammengefasst werden:

- Radon verursacht etwa die Hälfte der durchschnittlichen jährlichen Strahlenbelastung.

---

<sup>1</sup> Radonprogramm Schweiz „RAPROS“, Bericht über die Jahre 1987-1991, Abteilung Strahlenschutz, Bundesamt für Gesundheitswesen, CH-3001 Bern, ISBN 3-905235-00-5

- Radon dringt hauptsächlich vom Bauuntergrund her in die Häuser. Der Beitrag durch Baumaterialien und Wasser spielt eine untergeordnete Rolle.
- Die im Boden produzierte Radonaktivität hängt von dessen Radiumgehalt ab. Hohe Radiumkonzentrationen bewirken aber nicht unbedingt ein Radonpotenzial. Das produzierte Radon muss sich leicht bewegen können. Entscheidend ist also die Gasdurchlässigkeit des Bauuntergrundes.
- Die Temperaturdifferenz zwischen innen und aussen führt zu einem leichten Unterdruck im Haus, wodurch radonhaltige Luft vom Untergrund her in die Häuser gesogen wird.
- Die Radon-Konzentration nimmt von Stockwerk zu Stockwerk ab.
- Eine gut gegossene Betonplatte als Gebäudefundament vermag häufig das Eintreten von Radon zu reduzieren.

### 2.1 Aufgaben gemäss der Strahlenschutz-Verordnung

Artikel 115 der Strahlenschutz-Verordnung vom 22. Juni 1994 (StSV) verpflichtet die Kantone eine genügende Anzahl Messungen durchzuführen, Gebiete mit erhöhten Radongas-Konzentrationen zu ermitteln sowie in Gebieten mit erhöhten Radonaktivitäten genügend Messungen in öffentlichen Gebäuden durchzuführen.

### 2.2 Richt- und Grenzwerte

Zum Schutz der Bevölkerung vor hohen Radonexpositionen wurden in der StSV Höchstwerte für die Radongas-Konzentration festgehalten:

- Einen **Richtwert von 400 Bq/m<sup>3</sup>**. Liegt die Radonaktivität in Wohn- und Aufenthaltsräumen über diesem Wert, empfiehlt das Bundesamt für Gesundheit einfache bauliche Sanierungen. Bei Neu- und Umbauten müssen bauliche Massnahmen getroffen werden, damit der Richtwert eingehalten wird.
- Einen **Grenzwert von 1'000 Bq/m<sup>3</sup> für den Wohn- und Aufenthaltsbereich**. Wird dieser Wert überschritten, muss das Gebäude saniert werden.
- Im **Arbeitsbereich** gilt ein über die monatliche Arbeitszeit gemittelter **Grenzwert** von **3'000 Bq/m<sup>3</sup>**.

### 2.3 Einteilung in Radongebiete (nach Empfehlung des BAG)

Auf Grund der neuesten Erkenntnisse und Erfahrungen erarbeitete das BAG 2004 Kriterien, welche eine globale Beurteilung der Messwerte bzw. eine Einteilung in 3 unterschiedliche Gebiete ermöglicht (**Tabelle 1**).<sup>2</sup>

Arithmetischer Mittelwert (bewohnte Räume)	Radongebiet
0 – 100 Bq/m <sup>3</sup>	Geringes Radonpotenzial
100 - 200 Bq/m <sup>3</sup>	Mittleres Radonpotenzial
>200 Bq/m <sup>3</sup>	Hohes Radonpotenzial = Radongebiet

**Tabelle 1** Einteilungskriterien

---

<sup>2</sup> Bundesamt für Gesundheit: Empfehlung für die Klassierung von Gebieten, 12. 12. 2003

## 2.4 Bisherige Ergebnisse

Bereits in den Jahren 1981 bis 1990 wurden im Kanton Basel-Stadt erste Radon-Messungen durchgeführt. Aufgrund des gesetzlichen Auftrags wurden im Jahre 1995/6 und 1996/7 weitere Radon-Messkampagnen sowie zusätzliche Einzelmessungen bis ins Jahr 2000 durchgeführt.

Im Winterhalbjahr 2001/2002 wurde zusammen mit den Gemeindebehörden eine weitere Kampagne in Bettingen und Riehen organisiert. In der Stadt Basel wurden zudem sämtliche Schulhäuser der Stadt auf Radon untersucht. Die Radon-Konzentrationen in den bewohnten Räumen des Kantons Basel-Stadt sind generell mit dem schweizerischen Mittelland vergleichbar. Der repräsentative Mittelwert (korrigierter und gewichteter Mittelwert) für den Kanton Basel-Stadt lag im Jahre 2002 bei  $45 \text{ Bq/m}^3$ , während er für die ganze Schweiz etwa  $75 \text{ Bq/m}^3$  betrug. Dem lag ein Rohmittelwert in der Stadt Basel von  $57 \text{ Bq/m}^3$  zu Grunde. Einige Häuser in Riehen und Bettingen wiesen Richtwert- und Grenzwert-Übertretungen auf. Die Roh-Mittelwerte in den Gemeinden lagen bei  $130 \text{ Bq/m}^3$  (Riehen) bzw.  $110 \text{ Bq/m}^3$  (Bettingen), also deutlich über dem Roh-Mittelwert der Stadt.

Als Folge dieser einzelnen Übertretungen in den beiden Gemeinden waren weitere Messungen angezeigt. Es war zu überprüfen, ob die Überschreitungen Ausnahmen sind, oder ob gewisse Gebiete der Gemeinden als Radongebiet mit höherem Radonpotenzial eingestuft werden müssten. Dazu wurde im Winter 2003/2004 eine Messkampagne in Privathäusern durchgeführt, deren Ergebnisse in die Gesamtbeurteilung eingeflossen sind (siehe Kapitel 3).

## 2.5 Zusammenhang zwischen Radonhöchstwerten und dem geologischen Untergrund

Die geologischen Merkmale im Kanton können in verschiedene Typen eingeteilt werden (vgl. Tabelle 2). Innerhalb dieser geologischen Einheiten sind die Radon-Konzentrationen gemittelt und als Basis für eine Einteilung als Radongebiet herangezogen worden.

Gebiet	Geologische Merkmale
Riehen	Bruch- und Verwerfungszone (östl. Rheingraben Verwerfung) Wiesenschotter, untergeordnet Rheinschotter
Bettingen	Bruchstrukturen Keupergräben, Karst im Muschelkalk
Bruderholz	Löss
Breite/Lehenmatt	Rhein- und Birsschotter
Grossbasel	Rheinschotter
Kleinbasel	Rhein- und Wieseschotter

**Tabelle 2** Geologische Einheiten des Kantons Basel-Stadt

Das BAG vergab im Jahre 2002 an die Universität Lausanne und die Kantonsgeologie Basel-Stadt zwei Projekte zur Abklärung der Zusammenhänge zwischen Radonhöchstwerten und dem geologischen Untergrund.

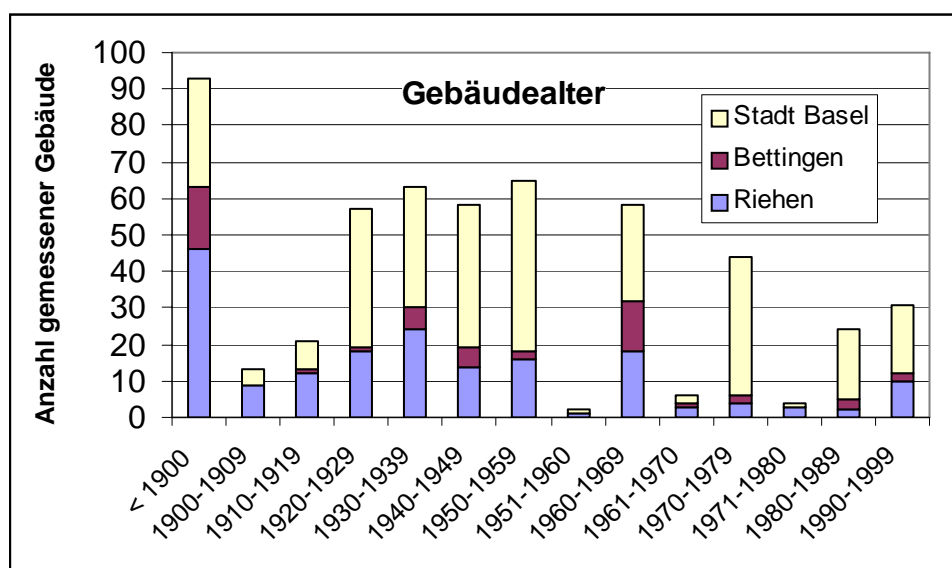
### 3 Resultate

#### 3.1 Untersuchte Gebäude

Im Kanton Basel-Stadt wurden insgesamt 573 Gebäude untersucht, was 2.6 % aller Gebäude des Kantons sind (s. Tabelle 3 sowie Abbildung 1):

	Basel	Bettingen	Riehen
Einfamilienhäuser	72	34	164
Mehrfamilienhäuser	51	17	85
Bauernhäuser	1	2	2
Bürogebäude, Industriegebäude	10	2	30
Schulen/Kindergärten	77	2	24
<b>Total gemessene Gebäude</b>	<b>211</b>	<b>57</b>	<b>305</b>
von total Anzahl Wohngebäude	18542	228	3522

**Tabelle 3** Anzahl gemessener Gebäude / nach Gebäudetypen



**Abbildung 1:** Alter der gemessenen Gebäude

Ältere Gebäude (vor 1900, oftmals noch mit Naturboden-Keller) wurden vorwiegend im Dorfkern Riehen und in Basel (Schulhäuser) gemessen. Die Auswertung ergab jedoch keinen Zusammenhang zwischen Gebäudealter und Höhe der gemessenen Radonaktivität.

In jedem Gebäude wurden mehrere Räume mindestens einmal untersucht. Über die letzten 16 Jahre wurden insgesamt 1297 Messungen in 573 Gebäuden durchgeführt.

#### 3.2 Gesamtauswertung

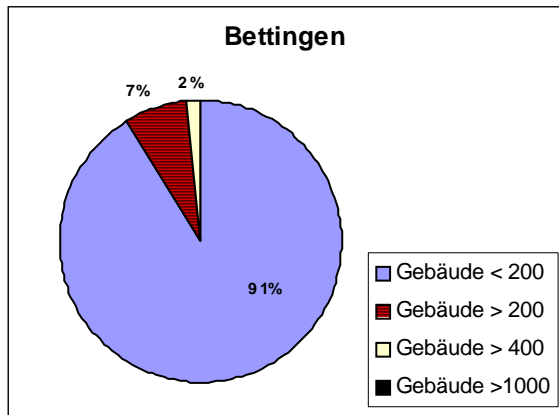
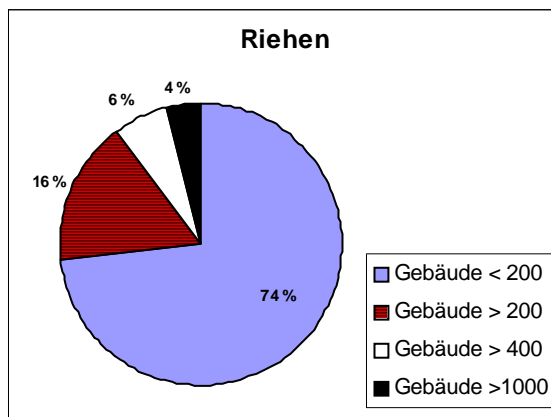
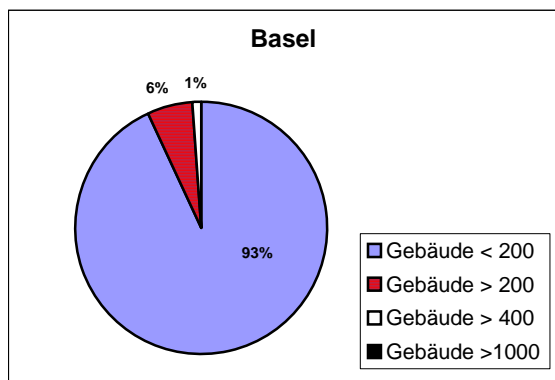
Von den oben beschriebenen Gebäuden wurden nur Messwerte von bewohnten Räumen in der Gesamtauswertung berücksichtigt. Als bewohnte Räume gelten Wohn-, Schlaf- und Kinderzimmer sowie andere Aufenthaltsräume. Pro Gebäude wurde jeweils das arithmetische Mittel aller bewohnten Räume eines Gebäudes gezählt.

In 23 von 573 untersuchten Gebäuden wurden Wohnräume mit Übertretungen des Richtwertes von 400 Bq/m<sup>3</sup> angetroffen. Bei 12 Häusern war zudem der Grenzwert von 1'000 Bq/m<sup>3</sup> überschritten.

	Basel	Riehen	Bettingen
arithmetisches Mittel in Bq/m <sup>3</sup>	62	138	86
maximal gemessener Einzelwert in Bq/m <sup>3</sup>	543	2926	424
Anzahl gemessene Gebäude *	212	301	58
Anzahl Gebäude mit Messwerten über dem halben Richtwert (> 200 Bq/m <sup>3</sup> )	11 (5.9%)	51 (18.2%)	4 (7.3%)
Anzahl Gebäude mit Messwerten über dem Richtwert (> 400 Bq/m <sup>3</sup> )	2 (1.1%)	20 (7.1%)	1 (1.8%)
Anzahl Gebäude mit Messwerten über dem Grenzwert (> 1000 Bq/m <sup>3</sup> )	0	12 (4.3%)	0
Einteilung gemäss BAG	Geringes Radonpotenzial	Mittleres Radonpotenzial	Geringes Radonpotenzial

\* Zwei Gebäude wurden in der Gesamtauswertung nicht berücksichtigt, sind jedoch in der Datenbank belassen worden. In einem Falle handelt es sich um ein saniertes Haus in Bettingen, im anderen Fall um eine Grenzwertüberschreitung im Wohnbereich verursacht durch eine Mineraliensammlung.

**Tabelle 4** Gesamtauswertung der Messwerte von bewohnten Räumen

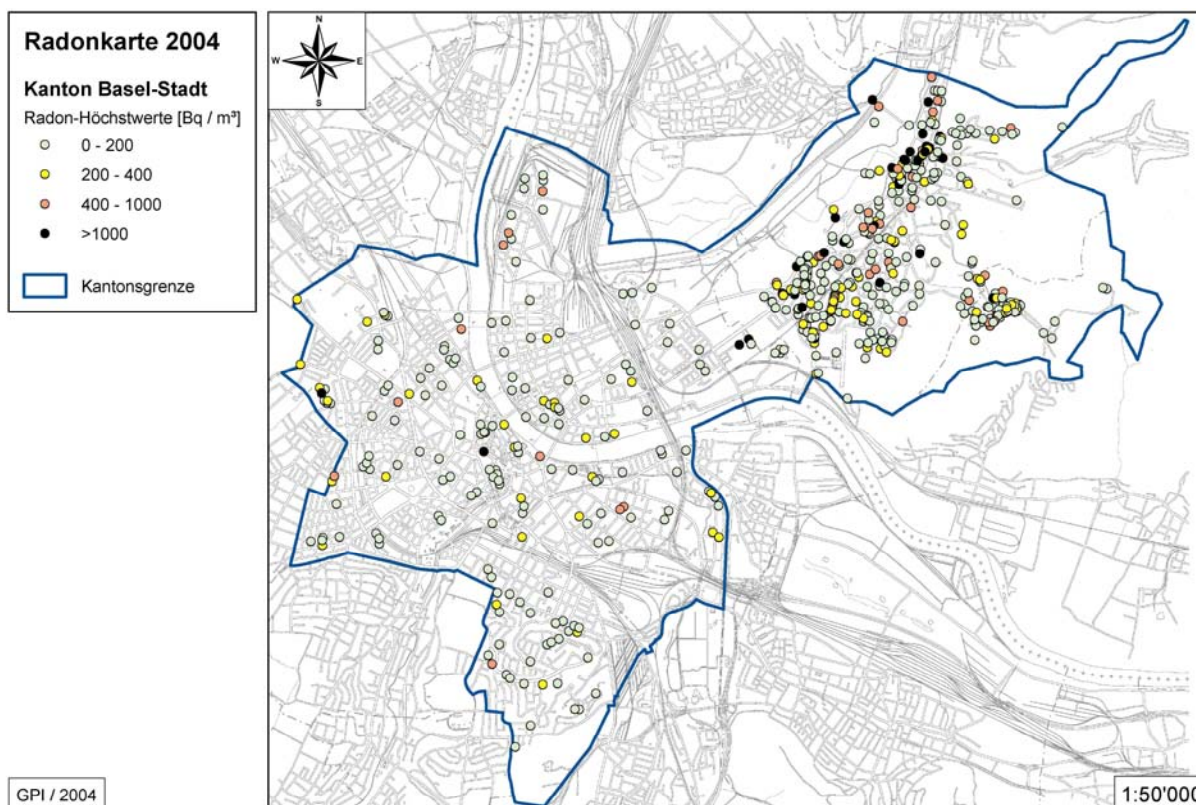


**Abbildung 2**

Verteilung der Radonwerte pro Gemeinde. Dargestellt ist die Verteilung der Radon-Aktivitäten aller bewohnter Räume

Ein Haus in Bettingen wies früher Grenzwertüberschreitungen im Wohnbereich auf und ist inzwischen saniert, weshalb es nicht mehr zu den Gebäuden mit Grenzwertüberschreitung gezählt wird

(der Standort verbleibt jedoch in der Datenbank). Die 12 Grenzwertüberschreitungen befinden sich allesamt in der Gemeinde Riehen. In zwei Häusern wurde der Grenzwert im Wohnbereich überschritten. Eines der betroffenen Häuser wurde saniert. Die Kontrollmessungen stehen noch aus. Die restlichen 10 Grenzwertüberschreitungen betreffen Vereinslokalitäten sowie Werkstatträume von Schulen, die sich alle im Kellergeschoss befinden. Hier sind noch weitere Abklärungen erforderlich (Nachmessungen, genauer Nutzungsgrad etc.). Der für den Arbeitsbereich geltende Grenzwert von  $3'000 \text{ Bq/m}^3$  wurde jedoch in allen betroffenen Räumen eingehalten. 9 Grenzwertüberschreitungen liegen im Dorfkern von Riehen. Sämtliche Überschreitungen befinden sich im Niederterrassenschotter-Gebiet.



### 3.3 Vergleich mit der gesamten Schweiz (Stand per 1. 1. 2003)

Die schweizerische Radon-Datenbank enthält zurzeit Daten von rund 47'000 Häusern<sup>3</sup>. Das gewichtete arithmetische Mittel der Radonaktivität in bewohnten Räumen beträgt  $75 \text{ Bq/m}^3$ . Aus der Summenhäufigkeitsverteilung lässt sich abschätzen, dass ca. 1 bis 2 % der Bevölkerung Aktivitäten über  $400 \text{ Bq/m}^3$  ausgesetzt sind, ca. 0.2% Aktivitäten über  $1'000 \text{ Bq/m}^3$ . Der vergleichbare, gewichtete Mittelwert (nach Stockwerkkorrektur und Bevölkerungsgewichtung) für den Kanton Basel-Stadt beträgt  $49 \text{ Bq/m}^3$ .

### 3.4 Schulen und Kindergärten

1996/97 wurden die Kindergärten von Riehen und Bettingen sowie 2001/02 sämtliche, öffentliche Schulen im Kanton, insgesamt 94 Gebäude, auf Radon untersucht.

<sup>3</sup> Bundesamt für Gesundheit: RADON Jahresbericht 2003.



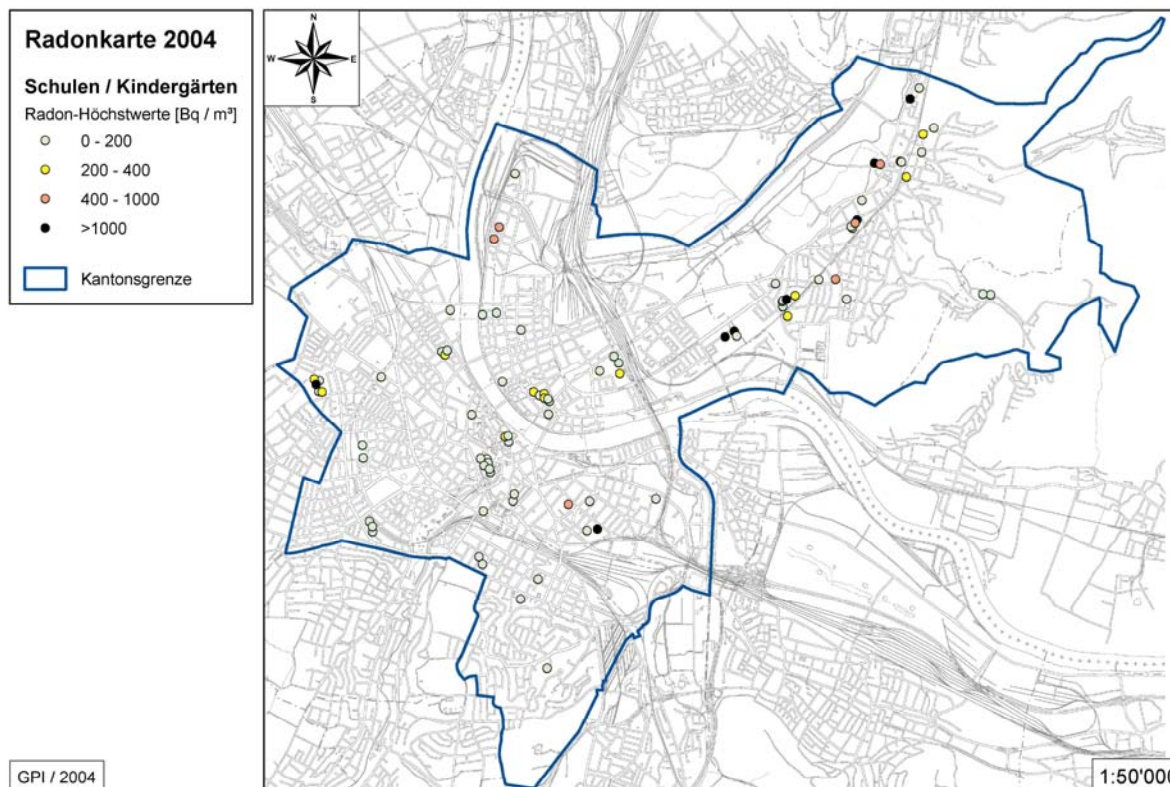
In 8 Fällen wurden in Kellerräumen Aktivitäten über  $1'000 \text{ Bq/m}^3$  gefunden. Bei 3 dieser Fälle handelt es sich um Arbeitsplätze im Kellerbereich zweier Schulen in Riehen und einer Schule in der Stadt Basel. Erfreulicherweise war in keinem Fall der Arbeitsgrenzwert von  $3'000 \text{ Bq/m}^3$  überschritten.

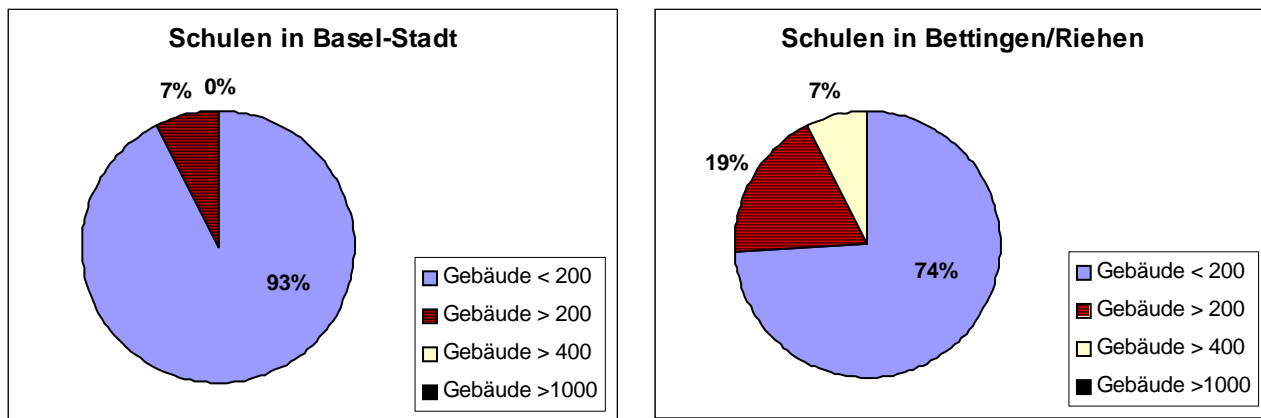
Die Schule in Basel konnte mit einfachen Massnahmen saniert werden. Die Radon-Quelle konnte mit Hilfe von orientierenden Feinmessungen gefunden und eliminiert werden. Es handelte sich um einen Leitungskanal, durch welchen radonhaltige Luft in die anliegenden Arbeitsräume eindrang. Die Abdichtung der Kanalöffnung hatte eine drastische Senkung der Radonaktivität auf  $50 \text{ Bq/m}^3$  zur Folge. Dieser sanierte Fall ist in der Statistik entsprechend korrigiert worden. Bei zwei Schulen in Riehen sind die weiteren Abklärungen noch nicht abgeschlossen.

Der Mittelwert der Schulgebäude entspricht jeweils dem Gesamtmittel der entsprechenden Gemeinde. Zudem hatten die erhöhten Aktivitäten keine Richtwertüberschreitungen in darüber befindlichen Parterreräumen zur Folge.

	Basel	Riehen/Bettingen
arithmetisches Mittel in $\text{Bq/m}^3$	59	130
maximal gemessener Einzelwert in $\text{Bq/m}^3$	250	535
Anzahl gemessene Gebäude	67	27
Anzahl Gebäude mit Messwerten über dem halben Richtwert ( $> 200 \text{ Bq/m}^3$ )	5 (8%)	5 (19%)
Anzahl Gebäude mit Messwerten über dem Richtwert ( $> 400 \text{ Bq/m}^3$ )	0	2 (7%)
Anzahl Gebäude mit Messwerten über dem Grenzwert ( $> 1000 \text{ Bq/m}^3$ )	0	0

**Tabelle 5** Gesamtauswertung der Messwerte von bewohnten Räumen in Kindergärten und Schulen des Kantons





**Abbildung 3** Durchschnittswerte der Messungen in bewohnten Räumen von Schulhäusern und Kindergärten im Kanton BS.

### 3.5 Zusammenhang zwischen Radonaktivität und geologischem Untergrund

#### 3.5.1 Modellberechnungen zur räumlichen Verteilung der Radonaktivitäten in den Gemeinden Bettingen und Riehen

Im Rahmen zweier vom BAG initiiertes Projekte sollte ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Radonaktivität im Gebäude und den geologischen Verhältnissen am Standort aufgezeigt werden<sup>4 5</sup>. Ziel war es, einzelne Gebiete mit erhöhtem Radonpotenzial definieren zu können.

Beide Studien wiesen den Dorfkern von Riehen als Gebiet mit erhöhtem Radonpotenzial aus. Nebst der Anhäufung von Richt- und Grenzwertüberschreitungen im Dorfkern fällt dessen Mittelwert von  $370 \text{ Bq/m}^3$  auch deutlich höher aus als im südlichen Gemeindegebiet ( $130 \text{ Bq/m}^3$ ). Die Studie des geologisch-paläontologischen Institutes zeigte einen Zusammenhang zwischen erhöhten Radonwerten und der Lage der Messpunkte im Gebiete der Niederterrasse und Talau von Riehen. Es handelt sich dabei um ein Gebiet, wo der Anteil an Geröllkomponenten aus dem Schwarzwald gegenüber denjenigen des Rheinschotters überwiegt.

Die Tatsache, dass auch in diesem Gebiet keine befriedigende Erklärung für das Nebeneinander von tiefen und erhöhten Radonwerten gefunden werden konnte, liess vermuten, dass die Gebäudemerkmale die Radonwerte entscheidend beeinflussen können.

Auf der Basis der beiden Berichte empfahl das BAG folgende Einteilung der drei Gemeinden :

Stadt Basel	geringes Radonpotenzial (Mittelwert $57 \text{ Bq/m}^3$ )
Bettingen	mittleres Radonpotenzial (Mittelwert $117 \text{ Bq/m}^3$ )
Riehen	Gemeindegebiet ohne Niederterrassenschotter: mittleres Radonpotenzial (Mittelwert $158 \text{ Bq/m}^3$ ) Niederterrassenschotter: hohes Radonpotenzial (Mittelwert $370 \text{ Bq/m}^3$ )

(Mittelwertberechnung auf der Datenbasis von 2003)

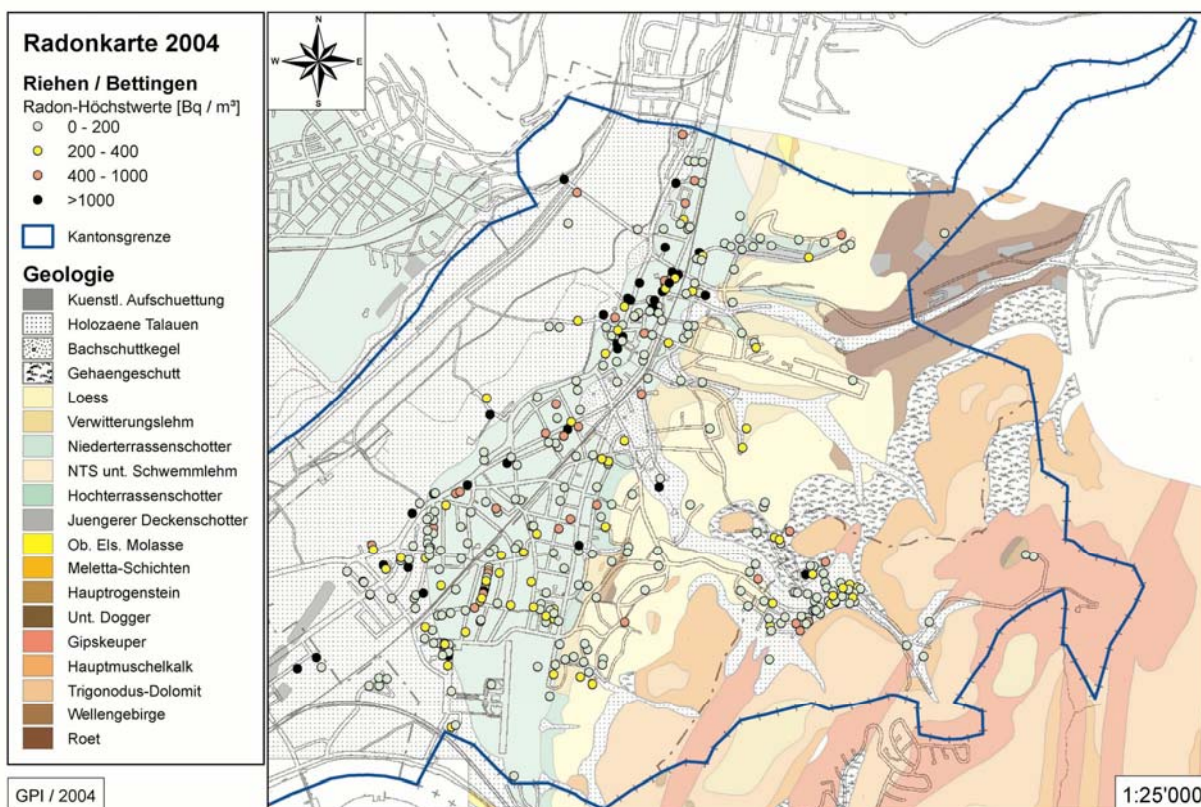
<sup>4</sup> Geologisch-Paläontologisches Institut der Universität Basel: Auswertung Radondaten Gemeinde Riehen und Bettingen / BS (2003).

<sup>5</sup> M. Kanevski, M. Maignan: Geostatistical analysis and stochastic modelling of regional data. Case study: Basel region – Executive Report. University of Lausanne (2002).

### 3.5.2 Ergänzende Untersuchungen im Winterhalbjahr 2003/2004

Zusammen mit den Gemeinden Bettingen und Riehen wurde beschlossen, eine weitere Messkampagne durchzuführen. Durch Ausmessung von weiteren, ausgewählten Liegenschaften sollte die Homogenität der Radondaten verbessert werden, um Gebiete mit erhöhtem Radonpotenzial ausscheiden zu können. Ebenso sollte abgeklärt werden, ob es sich bei einzelnen Grenzwertüberschreitungen um Einzelfälle handelte.

- Die Auswertung von 60 weiteren Gebäuden in Riehen, Bettingen und in Basel (Gebiet Bäumlihof, Landauer) ergab keine weiteren Grenzwertüberschreitungen in bewohnten Räumen.
- Auf Grund der neuen Messungen weiterer Häuser sowie der Elimination des sanierten Hauses aus der Statistik ergab sich für Bettingen ein neues arithmetisches Mittel für bewohnte Räume von  $86 \text{ Bq/m}^3$  (früher  $117 \text{ Bq/m}^3$ ). Demzufolge musste auch die Einstufung der Gemeinde gemäss 3-Zonenkonzept geändert werden. Die Gemeinde wird neu als **Gebiet mit geringem Radonpotenzial** eingestuft (vorher mittleres Potenzial). Das sanierte Einfamilienhaus in Bettingen hat sich als Einzelfall erwiesen. Es blieb also bei einer einzigen Richtwertüberschreitung für Wohnräume in dieser Gemeinde.
- Auch in Riehen wurde der arithmetische Mittelwert für bewohnte Räume etwas nach unten verschoben ( $138$  statt  $158 \text{ Bq/m}^3$ ). Die Einstufung der Gemeinde in zwei Gebiete (Niederterrassenschotter: hohes Radonpotenzial, übrige Gemeinde: mittleres Radonpotenzial) blieb unverändert.
- Für die Stadt Basel ergab sich durch die weiteren Messungen praktisch keine Veränderung des arithmetischen Mittels ( $62$  statt  $57 \text{ Bq/m}^3$ , Einstufung: Gebiet mit geringem Radonpotenzial).
- Die weiteren Messpunkte am nordöstlichen Stadtrand (Landauer, Hörnli) zeigten, dass die Radonaktivitäten im Gebiet der Niederterrassenschotter und der holozänen Talauen relativ homogen verteilt sind und eine Unterteilung in diese beiden geologischen Formationen nicht gerechtfertigt ist. Da hier die Rheinschotter dominieren, wurden erwartungsgemäss eher tiefe Radonwerte gefunden.



### 3.5.3 Radon- und Urangehalt des Grundwassers im Kanton Basel-Stadt

In der Literatur wird beschrieben, dass ein Zusammenhang zwischen der Radonaktivität in Gebäuden und der Radon- bzw. Uranaktivität des Grundwassers bestehen könnte<sup>6</sup>. So soll ein Wert von über 50 Bq/L Radon im Grundwasser darauf hinweisen, dass dieses Gebiet als Radongebiet einzustufen ist.

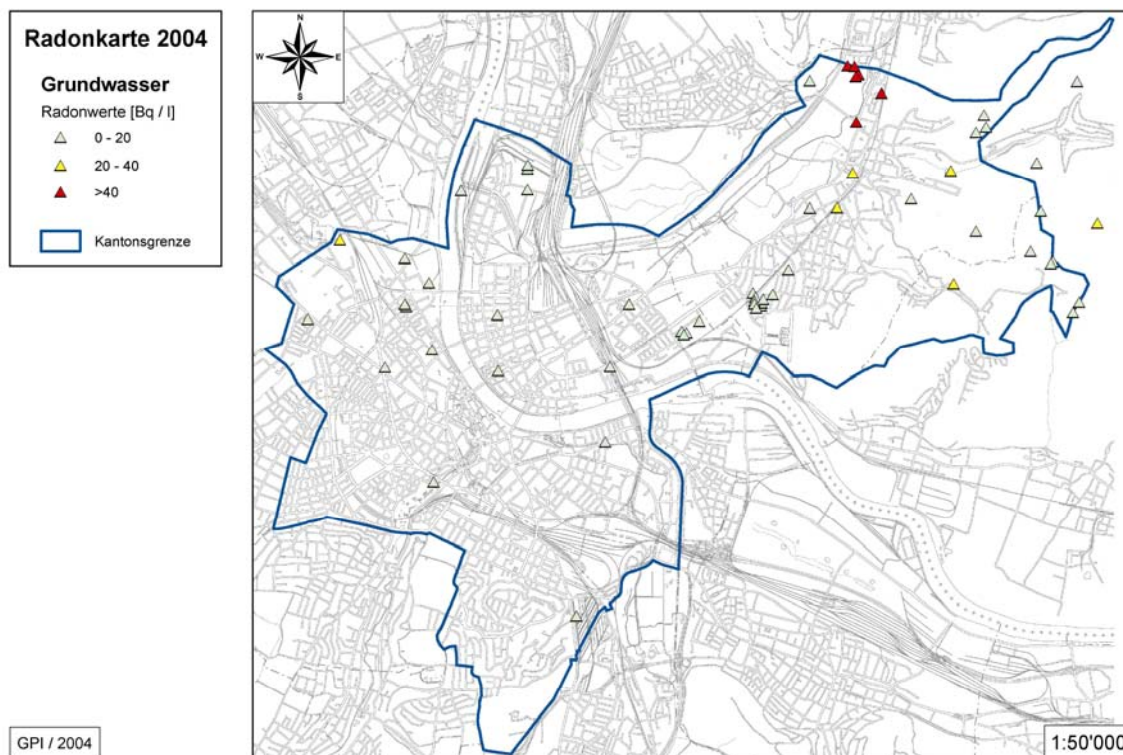
Aus 64 Grundwasserbrunnen und Quellen des Kantons wurden im Verlaufe des Jahres 2004 über 90 Proben entnommen und auf Radon untersucht. Zusätzlich wurden 8 Brunnen in Riehen auf die Vorläufer-Nuklide <sup>234</sup>U und <sup>238</sup>U untersucht.

Brunnen- Nummer	Grundwasser-Schutzzone	Geologische Formation	Radon- Aktivität (Bq/L)	Uran-Aktivität* (mBq/L)
0432, 795, 796, 1746, 1749	Engere Schutzzone S 2	Holozaene Talauen	79	46
1026 ** 1068, 0801	Äussere Schutzzone S 3, Gegend Dorfkern Riehen	Niederterassenschotter der Wiese	32	46
1203,1081, 1057	Äussere Schutzzone S 3, südlich Dorfkern bis Stadtgrenze	Niederterassenschotter des Rheins	12	53 *

\* Summe der Aktivitäten von <sup>234</sup>U und <sup>238</sup>U. Bei den Brunnen 1203, 796, 1746 und 1749 wurden keine Uranbestimmungen durchgeführt.

\*\* Der Grundwasserbrunnen Haselrain (1026) liegt im Grenzgebiet Talauen/Niederterassenschotter der Wiese. Die Radonaktivität beträgt auch 40 Bq/L)

**Tabelle 6:** Mittlere Radon- und Uranaktivitäten des Grundwasserleiters innerhalb der Grundwasserschutzzone Lange Erlen



<sup>6</sup> Othmar Deflorin: Natürliche Radionuklide in Grundwässern des Kantons Graubünden (2004).

Die höchste Radonaktivität weist das Grundwasser im nördlichen Teil der engeren Grundwasserschutzzone auf, welcher durch holozäne Talauen mit Wiesenschotter geprägt wird. Die Aktivitäten erreichen Werte bis 90 Bq/L  $^{222}\text{Rn}$  und sind auf die uran- und radiumhaltigen Wiesenschotter zurückzuführen. Im südlich anschliessenden Teil der Grundwasserschutzzone bis zur Grendelmatte findet sich vorwiegend Rheinschotter, weshalb die Radonaktivitäten auf etwa die Hälfte abnimmt. Die Radonaktivität des Grundwassers nimmt dann in südwestlicher Richtung (Fließrichtung des Grundwassers) langsam ab auf Werte zwischen 5 und 15 Bq/L. Im übrigen Kantonsgebiet liegt die Radonaktivität des Grundwassers zwischen 5 und 20 Bq/L.

Diese Unterschiede lassen vermuten, dass das Radon durch den natürlichen radioaktiven Zerfall des im Schotter eingelagerten  $^{226}\text{Ra}$  permanent freigesetzt und im Grundwasserstrom gelöst wird. Nach 20 Tagen ist die lokale  $^{222}\text{Rn}$ -Aktivität im Grundwasser konstant<sup>7</sup> (Gleichgewichtszustand). Dies erklärt die höheren Aktivitäten im Bereiche der aus dem Schwarzwald stammenden, radium- und uranhaltigen Wiesenschotter.

Gemäss O. Deflorin<sup>8</sup> deuten die erhöhten Radonaktivitäten im Bereiche der nördlichen holozänen Talauen und Niederterrassenschotter auf ein Gebiet mit erhöhtem Radonpotenzial hin (Radongebiet). In den übrigen Gebieten ist das Potenzial geringer. Es ist auch zu bemerken, dass die meisten der Grenzwertüberschreitungen des Radons in Gebieten mit bedeutendem Grundwasservorkommen (4 bis 10 m Grundwassermächtigkeit und Aquifermaterial mit einer Dominanz von kristallinen Komponenten aus dem Schwarzwald) liegen. Daraus kann geschlossen werden, dass in Riehen ein direkter Zusammenhang zwischen dem grundwassergelösten Radon und dem In-house-Radon besteht.

### **3.6 Gebietsausscheidung in der Gemeinde Riehen**

Die vorhandenen Daten weisen auf ein Gebiet mit erhöhtem Radonpotenzial im Gebiete der Niederterrassenschotter der Gemeinde Riehen hin:

- Die Radonaktivität im Grundwasser im Bereiche der nördlichen, holozänen Talauen (Grundwasserschutzzone) sowie der äusseren Schutzzone ist deutlich höher als auf dem übrigen Gemeindegebiet.
- Mit wenigen Ausnahmen befinden sich alle untersuchten Gebäude mit Radonaktivitäten über 1'000 Bq/m<sup>3</sup> im Bereiche der Niederterrassenschotter der Gemeinde Riehen.
- Im Dorfkern Riehen sind die ältesten Gebäude der Gemeinde zu finden. Ca. 125 Gebäude wurden im Jahre 1900 und früher erbaut. Somit sind insbesondere im Dorfkern häufiger Gebäude mit ungenügender Bodenabdichtung und demzufolge mit höheren Radonaktivitäten zu erwarten.

Die Abteilung Angewandte und Umweltgeologie des Geologisch-paläontologischen Institutes der Universität Basel wurde vom Sanitätsdepartement Basel-Stadt (Kantonales Labor Basel-Stadt) beauftragt, eine Gebietsausscheidung aufgrund der oben angeführten Befunde sowie anhand von hydrogeologischen Kriterien vorzuschlagen<sup>9</sup>.

Die Nord-Ost-Süd-Abgrenzung des Radongebiets entspricht weitgehend der Gemeindegrenze. Zur Festlegung der West-Abgrenzung wurden die Grundwasservorkommen sowie die Ausscheidung der Lockergesteinszonen ohne Deckschichten berücksichtigt. Der natürlichen Schwankung des Grundwasserspiegels musste bei der Festlegung der Abgrenzung Rechnung getragen werden. Dazu wurden zwei Grundwasserspiegel berechnet, welche einen Meter über bzw. einen Meter unter dem Durchschnitts-Grundwasserspiegel liegen. Zudem wurden die Grundwasserzuflüsse

---

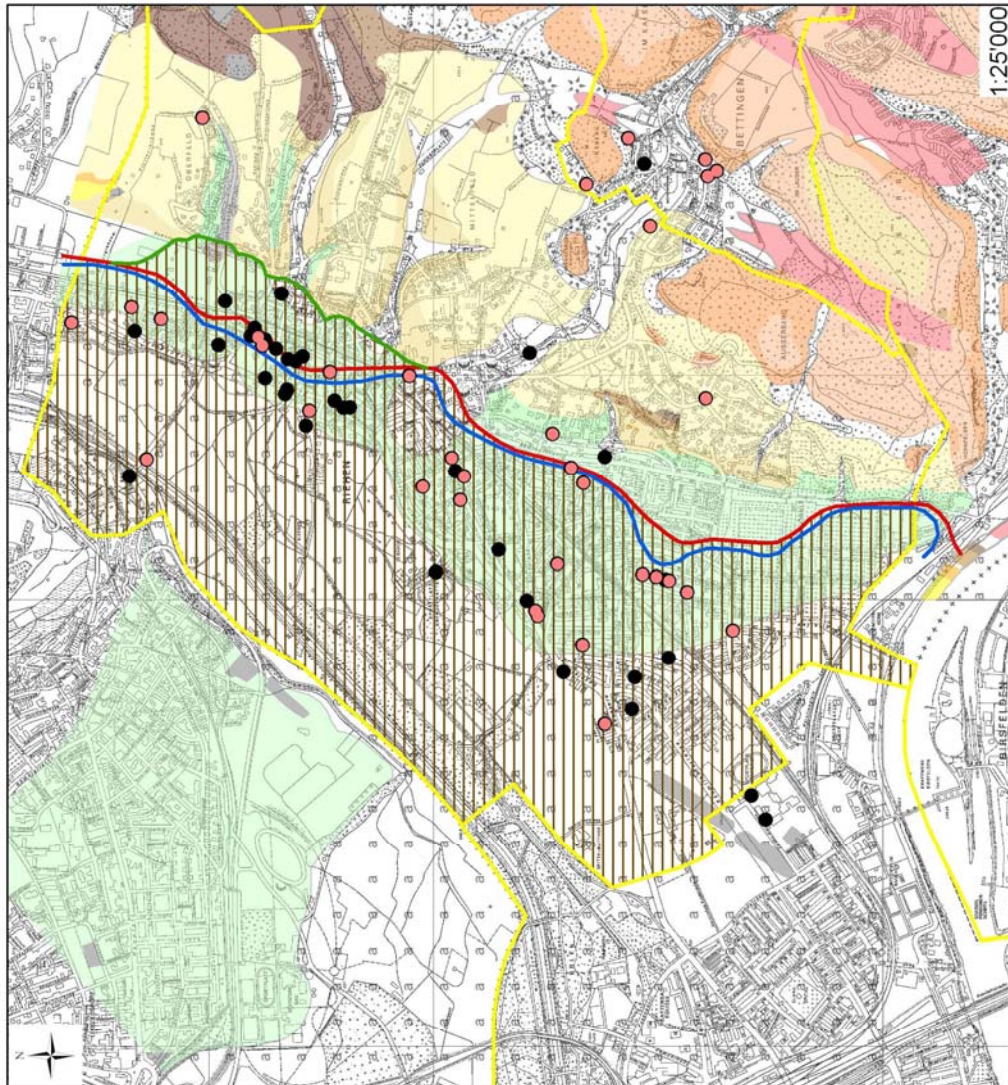
<sup>7</sup> Erich Zechner et. al.: Effects of wetland restoration on drinking water quality: model-based evaluation with radon-222 and chloride data.

<sup>8</sup> Othmar Deflorin: Natürliche Radionuklide in Grundwässern des Kantons Graubünden, Dissertation Universität Neuchâtel, 2004.

<sup>9</sup> Geologisch-Paläontologisches Institut der Universität Basel, Abteilung Angewandte und Umweltgeologie: Ausscheidung Radongebiet Gemeinde Riehen vom 6. 4. 2005

des Dinkelberges in das Radongebiet miteinbezogen, d.h. die Grenze verläuft im Gebiete Moostal und Bischoffshöhe entlang der Lössdeckschicht.

In diesem ausgeschiedenen Radongebiet der Gemeinde Riehen ist mit erhöhten Radonaktivitäten in Gebäuden zu rechnen.



### Radongebiet Riehen

#### Legende

Radon-Höchstwerte [Bq / m<sup>3</sup>]

● 400 - 1000

● > 1000

▭ Kantons- Gemeindegrenze

— Grundwasserstand +1m

— Grundwasserstand -1m

— Zufluss Dinkelberg

▨ Radongebiet

#### Geologie

- Kuenstl. Aufschuettung
- Holozäne Talauen
- Bachschuttkegel
- Gerhaengeschutt
- Loess
- Verwitterungslehm
- Niederterrassenschotter
- Niederterrassenschotter unt. Schwemtlehm
- Hochterrassenschotter
- Juengerer Deckenschotter
- Ob. Elis. Molasse
- Meletia-Schichten
- Hauptrogenstein
- Unt. Dogger
- Gipskeuper
- Hauptmuschelkalk
- Trigonodus-Dolomit
- Wellengebirge
- Roet

GPI / April 2005

### 3.6.1 Konsequenzen der Ausscheidung des Niederterrassenschotter-Bereichs als Radon-gebiet

Gemäss Empfehlung des BAG gelten folgende Massnahmen für ein Gebiet mit hohem Radonpotenzial:

- Radonmessungen sind zwingend vorgeschrieben, wenn Neubau, Renovationen, Umnutzung von Kellerräumen in Wohn- und Aufenthaltsräume von Liegenschaften geplant werden. Bei Handänderungen werden Messungen empfohlen.
- Planung und Durchführung von Sanierungsmassnahmen im Zusammenhang mit Radon sind gemäss SIA-180 empfohlen.
- Die Messungen sollen, wenn immer möglich, während der Planungsphase der Arbeiten und nach Abschluss der Arbeiten stattfinden.
- Die zuständige, kantonale Stelle überprüft die Radonmessungen stichprobenweise.
- Längerfristig hat das BAG das Ziel definiert, sämtliche Häuser der Schweiz mit Grenzwertüberschreitungen zu sanieren. D.h., dass in Radongebieten alle Grenzwertüberschreitungen gefunden werden müssen.

## 4 Schlussfolgerungen

Auf der Basis der bisherigen Untersuchungen wird für den Kanton Basel-Stadt nachfolgende Einstufung vorgenommen (siehe auch Abbildung auf der vorherigen Seite).

Gemeinde	Einteilung
Stadt Basel	Geringes Radonpotenzial
Bettingen	Geringes Radonpotenzial
Riehen, Niederterrassenschotter	Hohes Radonpotenzial = Radongebiet
Riehen, übrige Gebiete	Mittleres Radonpotenzial

**Tabelle 7** Zoneneinteilung des Kantons Basel-Stadt