



Kemski & Partner
Beratende Geologen

**Radonmessungen in Gebäuden des Landkreises Bitburg-Prüm
sowie des Landkreises Trier-Saarburg**

Abschlussbericht

Kemski, J., Klingel, R., Stegemann, R.

Kemski & Partner
Beratende Geologen
Alte Heerstraße 1, D-53121 Bonn

Inhaltsverzeichnis

	Einleitung	1
1	Zielsetzung	1
2	Planung, Organisation und Durchführung der Messkampagne	2
2.1	Planung und Organisation der Messkampagne	2
2.1.1	Allgemeine Vorgehensweise	2
2.1.2	Auswahl der Häuser	3
2.1.3	Fragebogen	4
2.2	Durchführung der Messkampagne	4
2.2.1	Akquisition der Teilnehmer	4
2.2.2	Versendung der Messunterlagen	7
2.2.3	Datenerfassung	7
2.2.4	Geographische und geologische Zuordnung der Gebäude	8
2.2.5	Rücksendung der Exposimeter	8
2.2.6	Auswertung der Exposimeter	9
2.2.7	Weitergabe der Ergebnisse	9
3	Messmethodik	9
4	Ergebnisse	9
4.1	Baucharakteristik der Häuser	10
4.1.1	Hausart	10
4.1.2	Haustyp	11
4.1.3	Baualter	11
4.1.4	Baumaterial	12
4.1.5	Bautenschutz	13
4.1.6	Raumnutzung	14
4.2	Messergebnisse	15
5	Fazit	45

Einleitung

Auf der Grundlage der Ergebnisse der in den vergangenen Jahren durchgeführten Forschungsvorhaben des Bundes wurde in einer Karte die Verteilung der Radonaktivitätskonzentration in der Bodenluft in 1 m Tiefe in der Bundesrepublik Deutschland kartographisch dargestellt. Diese Karte kann als geologisches Prognoseinstrument für die Planung von Innenraummessungen herangezogen werden. Vom Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) wurden 2001 deutschlandweit für eine Messkampagne (Forschungsprojekt St. Sch. 4271) auf Basis dieser Karte Gebiete ausgesucht, in denen erhöhte Bodenluftwerte ($> 80 \text{ kBq/m}^3$) vorkommen. Eine dieser Regionen war der Landkreis Trier-Saarburg.

Das Ministerium für Umwelt und Forsten des Landes Rheinland-Pfalz beauftragte zeitgleich die Firma Kemski & Partner mit der Durchführung einer Messkampagne im angrenzenden Landkreis Bitburg-Prüm. In dem hier vorliegenden Bericht werden nicht nur die Ergebnisse der Radonmessungen dieses Landkreises vorgestellt und erläutert, sondern - nach Absprache mit dem BfS - auch die Ergebnisse aus dem Landkreis Trier-Saarburg vergleichend dargestellt.

1 Zielsetzung

Die Raumlufmesskampagnen wurden nach den fachlichen Vorgaben des BfS und des Ministeriums für Umwelt und Forsten des Landes Rheinland-Pfalz durchgeführt. Ziel war die Bestätigung der geologischen Prognose erhöhter Radonkonzentrationen in Gebäuden mit Hilfe von Raumlufmessungen. Im Einzelnen sollten auf der Basis der gewonnenen Messwerte und unter Berücksichtigung der Bauweise der Häuser die Mittelwerte in den untersuchten Gemeinden berechnet sowie der relative Anteil an Gebäuden abgeschätzt werden, in denen der europäische Referenzwert von 400 Bq/m^3 im Jahresmittel im Aufenthaltsraum überschritten wird. Im Rahmen der beiden Projekte wurden im Landkreis Trier-Saarburg 467 Messorte und im Landkreis Bitburg-Prüm 257 Messorte beprobt. Betroffen waren nicht alle Gemeinden der Landkreise, sondern es wurde eine gezielte Auswahl nach geologischen Gesichtspunkten getroffen. In jeder Gemeinde sollten 25 Gebäude untersucht werden. Die organisatorischen Einzelheiten wurden durch den Auftragnehmer mit den jeweils zuständigen Kreis- und/oder Gemeindebehörden abgesprochen.

Die Messungen erfolgten mit Hilfe von Festkörperspurdetektoren (Exposimeter) nach DIN 25 706-1. Die Messdauer betrug ein Jahr. In jedem Haus sollten je ein Expositi-

meter im Erdgeschoss im Hauptaufenthaltsraum und ein Exposimeter im Keller - wenn möglich, auch in einem Aufenthaltsraum - exponiert werden. In einem Fragebogen wurden hausspezifische Daten erhoben, die nach einer Plausibilitätsprüfung in eine MS Access-Datenbank eingegeben wurden.

2 Planung, Organisation und Durchführung der Messkampagne

2.1 Planung und Organisation der Messkampagne

2.1.1 Allgemeine Vorgehensweise

Die Bearbeitung des Vorhabens lässt sich in mehrere Phasen untergliedern, die zeitlich z.T. aufeinander folgend, z.T. parallel bearbeitet wurden. In allen Phasen des Vorhabens wurden der notwendige Datenschutz und die Datensicherheit gewährleistet.

- Phase 1:
In Phase 1 wurden die Messkampagne unter Berücksichtigung der Vorgaben des Ministeriums für Umwelt und Forsten geplant und unter Mitwirkung der zuständigen Kreisverwaltung die Teilnehmer akquiriert.
- Phase 2:
In Phase 2 wurden die Exposimeter, der Fragebogen und eine Aufstellungsanleitung auf dem Postweg an die teilnehmenden Haushalte verschickt. Die Teilnehmer wurden gebeten, den Fragebogen unmittelbar nach Beginn der Messung zurückzusenden; ein entsprechend frankierter und adressierter Rückumschlag wurde dem Anschreiben beigelegt. Erfolgte innerhalb von 6 bis 8 Wochen nach Versendung der Exposimeter keine Rückmeldung durch die Teilnehmer, wurde eine gezielte Nachfrage gestartet.
- Phase 3:
In Phase 3 erfolgte die Datenerfassung. Unmittelbar nach Rücksendung der Fragebögen wurde zunächst die Vollständigkeit der Angaben kontrolliert, fehlende Informationen wurden ggf. nachträglich eingeholt. Die Daten wurden auf Plausibilität und Konsistenz geprüft und in die Datenbank eingegeben. Teilnehmer, die sich nicht zurückmeldeten, wurden gezielt per Brief und telefonisch angesprochen. Erfolgte trotz mehrmaligen Kontaktes keine Rückmeldung, wurden die Teilnehmer in der Datenbank gesperrt.

- Phase 4:
In Phase 4 wurden die Exposimeter auf dem Postweg eingesammelt und zeitnah zur Auswertung an den Unterauftragnehmer weitergeleitet. Diese Phase wurde um ein Jahr zeitversetzt zur Phase 2 durchgeführt. Teilnehmer, die trotz mehrfacher Aufforderung ihre Exposimeter nicht zurücksandten, wurden in der Datenbank gesperrt. Unmittelbar nach Erhalt der Messergebnisse wurden die Teilnehmer durch die Firma Kemski & Partner gemäß den Vorgaben des Auftraggebers über die Messergebnisse informiert.
- Phase 5:
In Phase 5 wurden die Messergebnisse und Dateneingaben einer abschließenden Qualitätskontrolle unterzogen und die gewünschten gemeindebezogenen statistischen Parameter ermittelt. Anschließend wurden die Ergebnisse zusammenfassend in einem Abschlussbericht dokumentiert.

2.1.2 Auswahl der Häuser

Die Auswahl der Häuser erfolgte nach einer einheitlichen Vorgehensweise. Bei den untersuchten Gebäuden sollte es sich aus Gründen der Vergleichbarkeit um Wohnhäuser handeln; öffentliche Gebäude sollten wegen der oftmals unterschiedlichen Bauweise und Nutzung nicht untersucht werden. Von besonderem Interesse waren Einfamilienhäuser, Doppelhaushälften oder Reihenhäuser. Bauweise und Alter spielten keine Rolle. In jedem Haus wurden nach Möglichkeit zwei Exposimeter exponiert. Vorrangig sollte die Aktivitätskonzentration im Hauptaufenthaltsraum des Erdgeschosses ermittelt werden, da sich die Empfehlungen der nationalen und internationalen Strahlenschutzbehörden auf Aufenthaltsräume beziehen. Da der geologische Untergrund die Hauptquelle des Radon in Gebäuden darstellt, sollte parallel dazu die Radonkonzentration in einem Kellerraum mit erdberührten Wänden gemessen werden. Die Wahl der Räume wurde den Teilnehmern freigestellt; die Exposimeter sollten nicht in Räumen exponiert werden, in denen mit einem überdurchschnittlich hohen Luftaustausch zu rechnen ist (z.B.: Küche, Badezimmer, Flur, Waschküche, Heizungskeller). Während der gesamten Messzeit sollten die Räume in der üblichen Art und Weise genutzt werden.

2.1.3 Fragebogen

Nach Absprache mit dem Auftraggeber und dem BfS wurde der ursprünglich für die Forschungsprojekte des Bundes entwickelte Fragebogen zur Bauweise und Nutzung des Hauses vereinfacht und modifiziert. (Anhang A). Abweichend zu bereits existierenden Fragebögen anderer Institutionen oder aus älteren Messkampagnen wurde besonderes Augenmerk auf Faktoren gelegt, die für den Radonübertritt aus dem Baugrund ins Gebäude von Bedeutung sind. So wurden Informationen über die Lage des Hauses (z.B.: Hang- oder Tallage, Anzahl der erdberührten Keller- und Erdgeschossräume) oder die Bauweise des Kellers eingeholt. Weiterhin war das Vorhandensein von Leitungsdurchführungen, eines Feuchteschutzes oder einer Wärmedämmung von Interesse.

2.2 Durchführung der Messkampagne

2.2.1 Akquisition der Teilnehmer

Die Akquisition der Teilnehmer wurde durch die zuständige Kreisverwaltung organisiert. Dem Auftragnehmer wurden vorbereitete Excel-Listen mit den Adressen der Teilnehmer übergeben. Nach Abschluss der Akquisition ergab sich die in Tabelle 1 aufgelistete Verteilung der teilnehmenden Haushalte. Die teilnehmenden Gemeinden sind zusammen mit den Gemeinden des Landkreises Trier-Saarburg in Abbildung 1 dargestellt.

Gemeinden/VG	Anzahl Anmeldungen	Soll
Badem	25	25
Bettingen	25	25
Fließem	28	25
Körperich	24	25
Kyllburg	26	25
Malberg	26	25
Mettendorf	20	25
Rittersdorf	29	25
Auw und Olzheim	23	20
VG Irrel	31	30
Summe	257	250

Tab. 1

Anzahl der Teilnehmer in den Gemeinden des Landkreises Bitburg-Prüm (VG = Verbandsgemeinde)

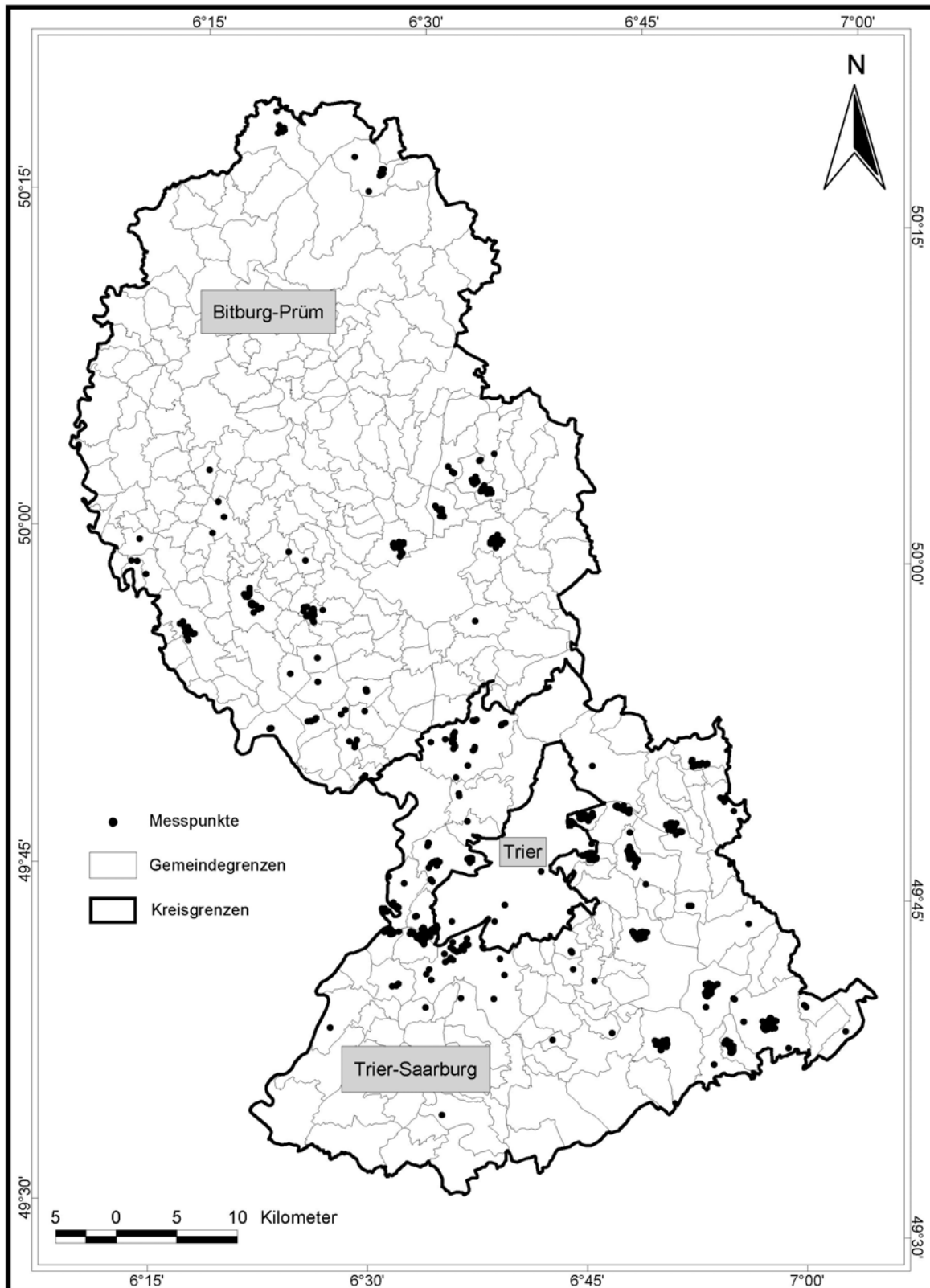


Abb. 1
Verteilung der Messorte in den Landkreisen Bitburg-Prüm und Trier-Saarburg

2.2.2 Versendung der Messunterlagen

Nach Sammlung der Adressen interessierter Haushalte erfolgte die Zusammenstellung der notwendigen Messunterlagen, die zusammen mit den Exposimetern verschickt wurden. Die Auslieferung erfolgte auf dem Postweg. Jeder Teilnehmer an der Messkampagne erhielt ein Anschreiben, in dem die Ziele des Vorhabens sowie die notwendigen Informationen für die Durchführung der Messung erläutert wurden, zwei Exposimeter, eine Aufstellungsanleitung, einen Begleitzettel, auf dem aus Qualitätssicherungsgründen Aufstellort und Messdauer noch einmal separat notiert werden sollte, ein BfS-Informationsblatt über die Radonproblematik sowie einen Fragebogen mit topographischer Karte, in dem um Angaben zur Bauweise und Nutzung des Hauses gebeten wurde.

Die Teilnehmer wurden gebeten, den Fragebogen unmittelbar nach Beginn der Messung zurückzusenden; ein entsprechend frankierter und adressierter Rückumschlag war dem Anschreiben beigelegt. Nach Versendung der Exposimeter wurde zeitnah in regelmäßigen Abständen routinemäßig geprüft, ob der Fragebogen zurückgesandt worden war und die Teilnehmer mit den Messungen begonnen haben, ggf. erfolgte eine Nachfrage und Erinnerung. Nach Ablauf der Expositionszeit wurden die Exposimeter auf postalischem Wege eingesammelt und zur Auswertungsstelle weitergeleitet.

2.2.3 Datenerfassung

Bei der Datenerfassung wurden die Vollständigkeit und die Qualität der Angaben im Fragebogen geprüft. In mehr als 95 % aller Fälle waren die Angaben der Teilnehmer vollständig bzw. es bedurfte nur geringer Korrekturen. Lediglich in ca. 5 % aller Fälle mussten einige bzw. zahlreiche Ergänzungen vorgenommen werden.

Die Datenerfassung und -verwaltung erfolgte in einer vom BfS bereitgestellten und unter MS-Access 97 erstellten Datenbank „Radonraumlufmessungen“. Alle Daten, die in die Datenbank eingegeben wurden, wurden vorher einer Plausibilitätskontrolle unterzogen. Die Reihenfolge der Dateneingabe und damit auch die Gestaltung der Formulare lehnten sich eng an den Organisationsablauf der Messungen an. Eingabemasken mit Listenfeldern, aus denen nur vorgegebene Einträge ausgewählt werden können und die auf dem Inhalt des Fragebogens basieren, ermöglichten eine schnelle, standardisierte und fehlerminimierende Erfassung der Daten. Konsistenz- und Doppelprüfungen verhinderten eine fehlerhafte Eingabe.

2.2.4 Geographische und geologische Zuordnung der Gebäude

Besonderes Augenmerk wurde der exakten räumlichen Lokalisierung des Hauses gewidmet, in dem die Radonmessung stattgefunden hat („Geocodierung“). Erst dadurch wird eine verlässliche Zuordnung zu den oft kleinräumig wechselnden geologischen Einheiten im Untergrund ermöglicht. Dem Fragebogen war zu diesem Zweck ein Auszug aus der topographischen Karte beigelegt, auf dem die Lage des Hauses markiert werden sollte. Für diese Hauslage wurde eine geographische Koordinate (Rechts-/Hochwert) ermittelt. Diese Koordinaten stellen die Basis für die Darstellung der räumlichen Verteilung der untersuchten Gebäude innerhalb der Verwaltungseinheiten dar. Auf diese Weise wurde die Position von 65 % aller Häuser exakt bestimmt, für 26 % der Häuser konnte eine straßengenaue und für ca. 9 % eine ortsgenaue Bestimmung durchgeführt werden.

Auf Grundlage der Hauskoordinaten wurde aus der geologischen Karte der Universität Trier (Hochschulumgebungskarte Trier) im Maßstab 1 : 100.000 jedem Gebäude eine generalisierte geologische Einheit zugeordnet. Auf der Grundlage dieser Karte wurde für das Forschungsprojekt St. Sch. 4106 des BfS eine Karte der Radonaktivitätskonzentration in der Bodenluft mit einer Rasterelementgröße von 1 x 1 km generiert. Den Messorten wurden aus dieser Karte eine interpolierte Bodenluftkonzentration zugeordnet. Für die Messorte im Landkreis Trier-Saarburg war dies nicht durchgängig möglich, da sowohl Kartengrundlage als auch Interpolation nur einen Teil des Landkreises abdecken. Hier wurde als Geologiegrundlage die Karte der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) im Maßstab 1 : 200.000 und als Grundlage der Bodenluftzuordnung die Deutschlandkarte der Radonaktivitätskonzentration in der Bodenluft benutzt.

2.2.5 Rücksendung der Exposimeter

Nach Ablauf der Expositionszeit von 12 Monaten wurden die Messgeräte per Post zurückgefordert, dafür wurde den Teilnehmern rechtzeitig ein frankierter Rückumschlag zugeschickt. Im Laufe der Messkampagne zeigte sich, dass im Landkreis Bitburg-Prüm ca. 23 % der Exposimeter aus den verschiedensten Gründen nicht zurückgesandt und somit der Auswertung entzogen wurden. Im Landkreis Trier-Saarburg betrug diese Rate ca. 10 %.

2.2.6 Auswertung der Exposimeter

Die Bereitstellung und Auswertung der Exposimeter erfolgte für den Landkreis Bitburg-Prüm durch die Firma ALTRAC, Berlin. Die Auswertung der Exposimeter erfolgte anonymisiert und dauerte in der Regel zwischen 4 und 5 Wochen. Die Messungen im Landkreis Trier-Saarburg wurden mit Exposimetern der Radioaktivitätsmessstelle der Universität des Saarlandes (Prof. Dr. Keller) durchgeführt.

2.2.7 Weitergabe der Ergebnisse

Unmittelbar nach der Auswertung wurden die Messergebnisse im Landkreis Bitburg-Prüm in einer vorher mit dem Auftraggeber abgestimmten Form durch die Firma Kemski & Partner an die Teilnehmer weitergeleitet. Jeder Teilnehmer bekam zusätzlich zu den Ergebnissen eine standardisierte Bewertung, die vom Ministerium für Umwelt und Forsten erarbeitet wurde (Anhang B).

3 Messmethodik

Die Raumluftradonmessungen erfolgten nach DIN 25706-1 mit Kernspurdetektoren. Der Lieferant musste seine Qualifikation durch die erfolgreiche Teilnahme an nationalen und internationalen Ringvergleichen in anerkannten Institutionen (z.B.: BfS, PSI, NRPB) innerhalb der letzten Jahre nachweisen.

Die Exposimeter wurden einzeln in luftdicht verpackten Tüten geliefert, Tüte und Exposimeter waren mit einer eindeutigen Exposimeternummer versehen. Die untere Nachweisgrenze des Messverfahrens liegt bei einjähriger Exposition bei 15 Bq/m^3 , die obere Bestimmungsgrenze bei ca. 10.000 Bq/m^3 .

4 Ergebnisse

Die Ergebnisse werden z.T. landkreisbezogen, z.T. gemeindebezogen dargestellt. Die charakteristischen statistischen Kennzahlen der untersuchten Gemeinden sind in Anhang C für den Landkreis Bitburg-Prüm und in Anhang D für den Landkreis Trier-Saarburg in jeweils einem Tabellenblatt zusammengefasst. Für die statistische Be-

trachtung wurden im Landkreis Bitburg-Prüm noch 11 weitere Messungen aus dem Projekt des BfS berücksichtigt.

4.1 Baucharakteristik der Häuser

4.1.1 Hausart

Aufgrund der Zielsetzung dieses Projektes wurde der Untersuchungsschwerpunkt auf Wohngebäude gelegt, die für den ländlichen Bereich und Stadtrandlagen in Deutschland typisch sind. Dazu zählen insbesondere Einfamilienhäuser, Doppelhaushälften und Reihenhäuser. Mehrfamilienhäuser wurden ebenfalls berücksichtigt, hier wurde allerdings darauf geachtet, dass vornehmlich Messräume im Erdgeschoss und nur in Ausnahmefällen im 1. Stock untersucht wurden. Die Einbeziehung großer Wohnanlagen sowie dichter innerstädtischer Bebauung war nicht vorgesehen. In einigen Fällen wurden auf Wunsch der betroffenen Gemeinden auch öffentliche Gebäude in die Untersuchung einbezogen. Die Verteilung der Hausart ist in Abbildung 2 dargestellt. Die freistehenden Einfamilienhäuser überwiegen deutlich mit ca. 70 % aller Wohngebäude. Reihenhäuser sind untergeordnet zwischen ca. 8 % vertreten, der Anteil an Doppelhaushälften liegt ebenfalls bei ca. 8 %. Der Anteil an Mehrfamilienhäusern variiert zwischen ca. 9 und 15 %.

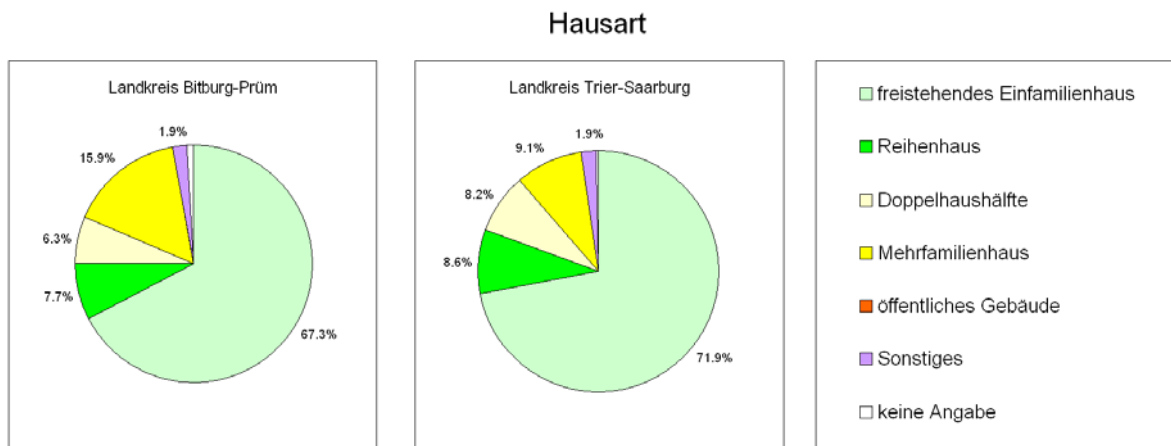


Abb. 2
Prozentuale Anteile der Hausarten

4.1.2 Haustyp

Die Haustypen wurden nach der Geländemorphologie und der Unterkellerung unterschieden (Abb. 3). Etwa 60 % aller Häuser sind voll unterkellert, ca. 18 % sind teilunterkellert. Der Anteil nicht unterkellertes Gebäude liegt bei 22 %.

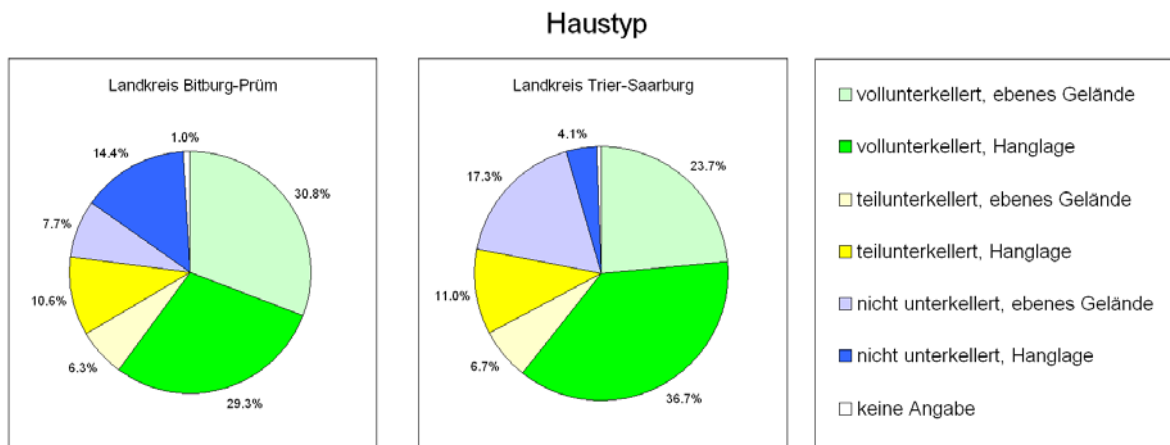


Abb. 3
Prozentuale Anteile der Haustypen

4.1.3 Baualter

Ca. ein Drittel aller Häuser ist nach 1980 erbaut (Abb. 4), ein weiteres Drittel zwischen 1961 und 1980. Der Anteil an Häusern, die vor 1900 erbaut wurden, ist in Bitburg-Prüm mit ca. 16 % doppelt so hoch wie in Trier-Saarburg.

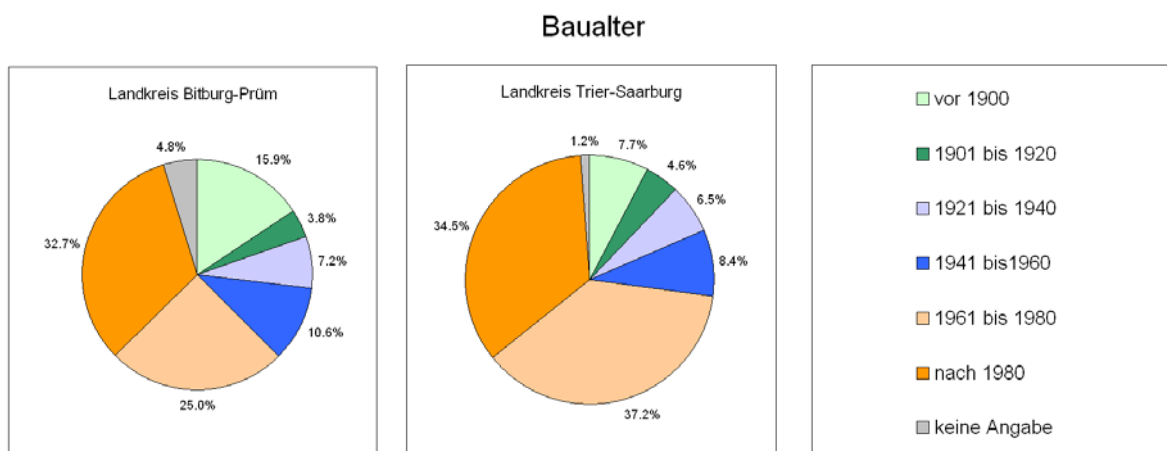


Abb. 4
Prozentuale Anteile der Hausalter

4.1.4 Baumaterial

Der Fragebogen wurde zwischen dem Beginn der Messungen im Landkreis Trier-Saarburg und dem Beginn der Messungen im Landkreis Bitburg-Prüm auf Wunsch des BfS modifiziert und vereinfacht. Insbesondere die Kategorisierung des Baumaterials wurde aufgrund der Erfahrungen aus den vorangegangenen Forschungsprojekten verändert. Die ausführliche Nennung verschiedener Materialien hatte sich in der gegebenen Komplexität als nicht sinnvoll erwiesen. So wird in den neuen Fragebögen nur noch unterschieden, ob Natursteine verbaut sind und ob Beton als Baumaterial zum Einsatz kam. Die Verteilungen der beiden Landkreise unterscheiden sich insofern etwas, wobei die prinzipielle Tendenz die gleiche bleibt (Abb. 5). Ein hoher Anteil von Natursteinverbauung, meistens Sand- oder Kalksteine, ist zu erkennen.

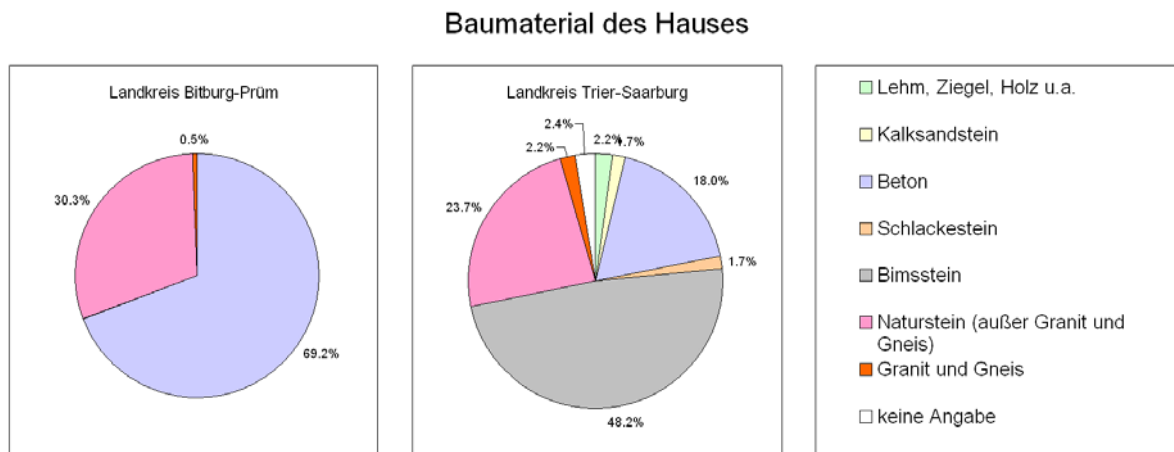


Abb. 5

Prozentuale Anteile der verwendeten Baumaterialien

Neben der Gesamtbewertung werden exemplarisch die Bauausführungen der Kellerböden betrachtet (Abb. 6). Beton ist das häufigste Baumaterial, der Anteil an Lehm/Naturböden ist mit ca. 6 % eher niedrig, der Anteil an Fels als Untergrund im Landkreis Bitburg-Prüm mit 6,3 % deutlich höher als im Landkreis Trier-Saarburg (1,7 %).

Bauausführung Kellerboden

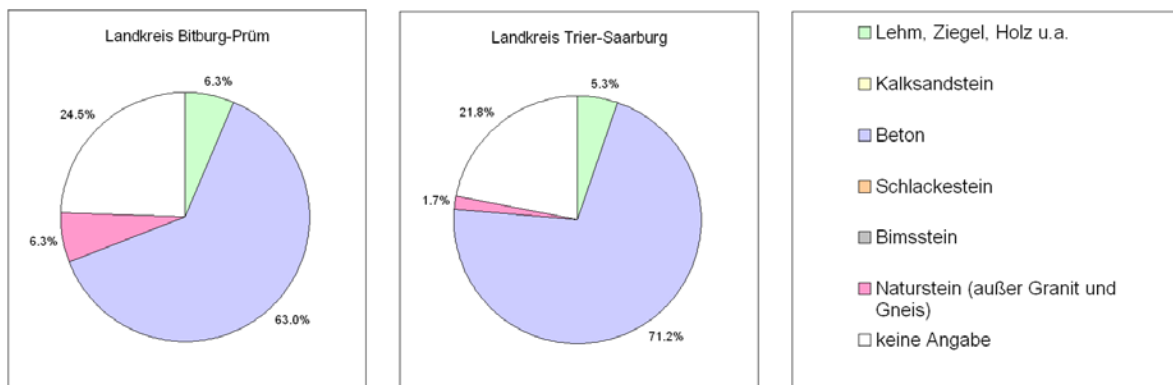


Abb. 6
Prozentuale Anteile der Bauausführung des Kellerbodens

4.1.5 Bautenschutz

Die erdberührten Wände spielen für die Frage des Radoneintritts aus dem Baugrund eine wesentliche Rolle. Die Durchlässigkeit resp. Undurchlässigkeit wird stark durch das Vorhandensein von äußeren Abdichtungen beeinflusst. Aus diesem Grunde wird nachfolgend der Anteil an Feuchteschutz- (Abb. 7) bzw. Wärmedämmungsmaßnahmen (Abb. 8) angegeben. In beiden Fällen sind keine Unterschiede zwischen den beiden Landkreisen zu erkennen. Insgesamt haben über 50 % der Gebäude im erdberührten Bereich einen Feuchteschutz, der bekanntermaßen als guter Radonschutz anzusehen ist.

Feuchteschutz im Keller

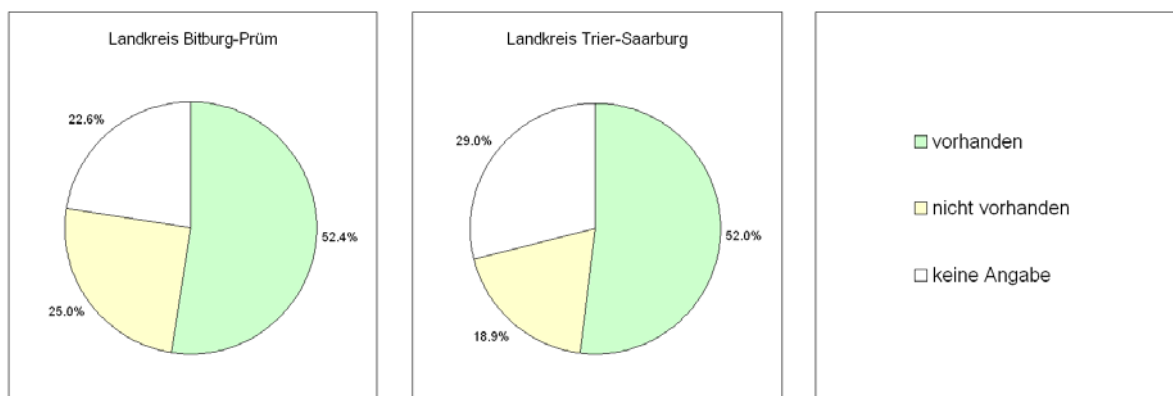


Abb. 7
Prozentuale Anteile des Feuchteschutzes im Keller

Wärmedämmung im Keller

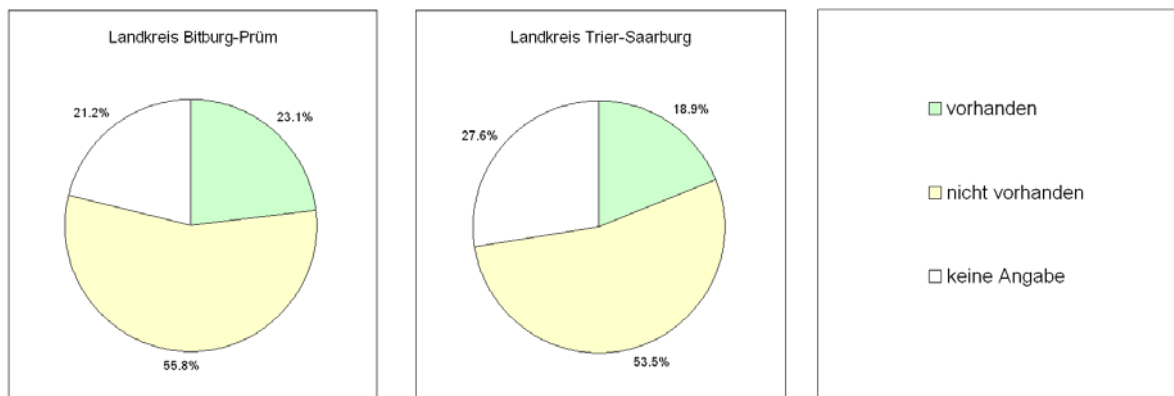


Abb. 8
 Prozentuale Anteile der Wärmedämmung im Keller

4.1.6 Raumnutzung

Die Raumnutzung der Messräume wurde getrennt für Keller- und Erdgeschossräume betrachtet (Abb. 9 und 10).

Raumnutzung Keller

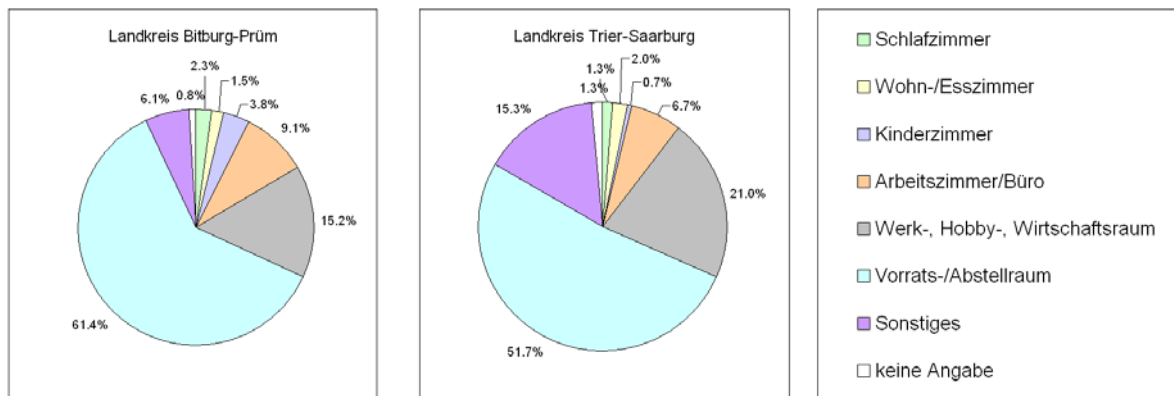


Abb. 9
 Prozentuale Anteile der Raumnutzung im Keller

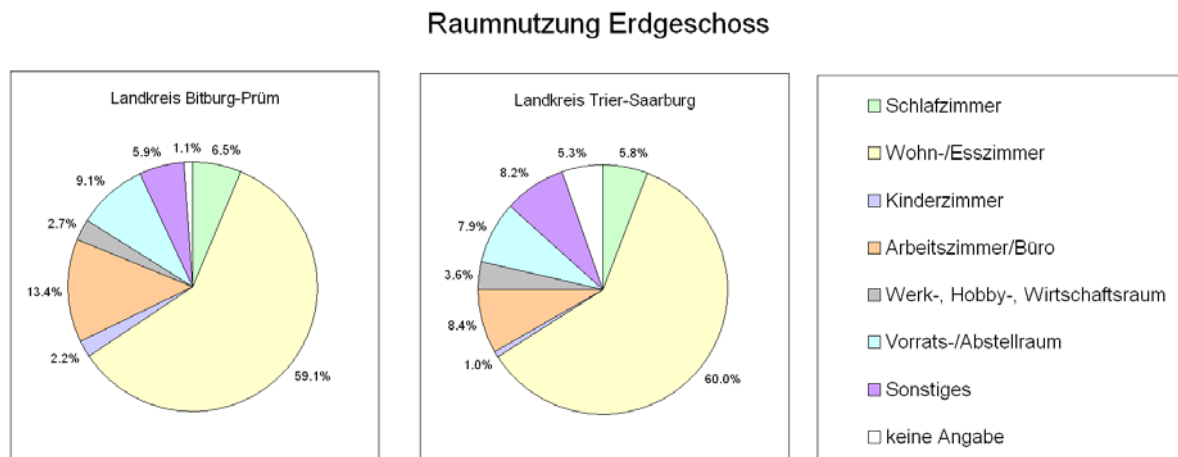


Abb. 10
Prozentuale Anteile der Raumnutzung im Erdgeschoss

Die Raumnutzung kann als Indikator für die Aufenthaltsdauer in den jeweiligen Räumen angesehen werden. Es wurde eine Unterteilung in sieben Kategorien vorgenommen. Wohn-/Ess-, Schlaf-, Kinder- und Arbeitszimmer repräsentieren dabei Räume, bei denen von einer längeren Aufenthaltsdauer der Bewohner ausgegangen werden kann („Aufenthaltsräume“); Hobby- sowie Vorrats- und Abstellräume dagegen werden in der Regel nur kurzzeitig genutzt bzw. begangen. Alle übrigen Raumnutzungen (z.B.: Flur, Bad, Waschküche, Heizungsraum) wurden in der Kategorie „Sonstiges“ zusammengefasst. Die Nutzung der Messräume ist in beiden Landkreisen sehr ähnlich. Auffallend ist, dass trotz ausdrücklicher Bitte, die Exosimeter in Hauptaufenthaltsräumen zu platzieren, ca. ein Viertel der Messgeräte im Erdgeschoss in anderen Räumen aufgestellt wurde. Ein relativ hoher Anteil der Kellerräume (10 bis 15 %) wird als Aufenthaltsraum genutzt.

4.2 Messergebnisse

Aus dem Landkreis Bitburg-Prüm liegen 138 Ergebnisse aus Kellerräumen, 218 Ergebnisse aus Erdgeschossräumen sowie 51 Ergebnisse aus der 1. Etage und aus höheren Etagen vor. Hierin sind insgesamt 24 Messwerte aus dem Projekt St. Sch. 4271 enthalten. Aus dem Landkreis Trier-Saarburg liegen 300 Ergebnisse aus Kellerräumen, 425 Ergebnisse aus Erdgeschossräumen sowie 90 Ergebnisse aus der 1. Etage und aus höheren Etagen vor. Die graphische Darstellung aller Messwerte im Wahrscheinlichkeitsnetz ist in Abbildung 11 dargestellt, die statistischen Kennzahlen der Verteilungen sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

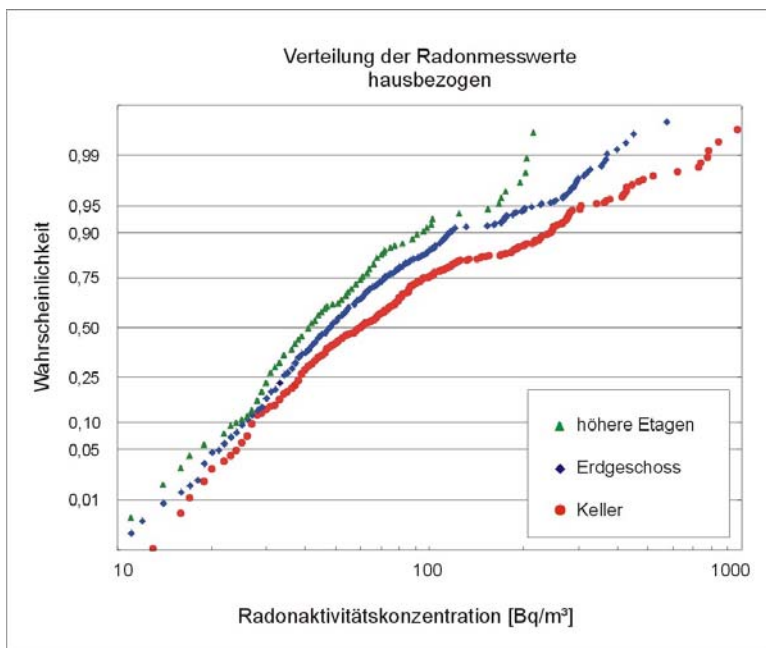


Abb. 11
 Häufigkeitsverteilung aller Messwerte in den verschiedenen Etagen

Da einige Teilnehmer trotz klarer Aufstellungsanweisungen auch beide Detektoren in der selben Etage aufgestellt haben, wird für die folgenden Betrachtungen jeweils der höchste Messwert einer Etage eines einzelnen Hauses herangezogen. Dadurch wird die Anzahl der einbezogenen Messwerte zwar etwas niedriger (134, 186 bzw. 45 Messwerte im Landkreis Bitburg-Prüm; 296, 394 bzw. 87 Messwerte im Landkreis Trier-Saarburg), die Aussage insgesamt jedoch klarer.

Messwerte, hausbezogen	Anzahl	AM Bq/m ³	SD Bq/m ³	GM Bq/m ³	GSD	Median Bq/m ³	p90 Bq/m ³	p95 Bq/m ³	Maximum Bq/m ³	Anteil >200 Bq/m ³ %	Anteil > 400 Bq/m ³ %	Anteil >1000 Bq/m ³ %
Keller	430	103	132	68	2.2	60	243	305	1055	13.5	4.0	0.2
Erdgeschoss	580	69	73	53	1.9	47	115	218	752	5.5	0.7	---
Höhere Etagen	132	54	40	45	1.8	41	96	167	215	2.3	---	---

Messwerte, hausbezogen, Bitburg-Prüm	Anzahl	AM Bq/m ³	SD Bq/m ³	GM Bq/m ³	GSD	Median Bq/m ³	p90 Bq/m ³	p95 Bq/m ³	Maximum Bq/m ³	Anteil >200 Bq/m ³ %	Anteil > 400 Bq/m ³ %	Anteil >1000 Bq/m ³ %
Keller	134	103	150	68	2.1	60	188	343	1055	9.7	3.3	0.7
Erdgeschoss	186	83	93	61	1.9	53	172	269	752	7.5	1.6	---
Höhere Etagen	45	64	48	52	1.7	46	154	175	215	4.4	---	---

Messwerte, hausbezogen, Trier-Saarburg	Anzahl	AM Bq/m ³	SD Bq/m ³	GM Bq/m ³	GSD	Median Bq/m ³	p90 Bq/m ³	p95 Bq/m ³	Maximum Bq/m ³	Anteil >200 Bq/m ³ %	Anteil > 400 Bq/m ³ %	Anteil >1000 Bq/m ³ %
Keller	296	103	123	68	2.3	58	247	304	783	15.2	4.1	---
Erdgeschoss	394	63	60	49	1.9	44	110	197	448	4.6	0.3	---
Höhere Etagen	87	49	34	42	1.8	41	88	102	204	1.1	---	---

Tab. 2

Statistische Kennwerte der Messwertverteilungen (AM = arithmetisches Mittel, SD = Standardabweichung, GM = geometrisches Mittel, GSD = geometrische Standardabweichung, p = Perzentil)

Die Werte sind angenähert logarithmisch normalverteilt. Die geometrischen Mittelwerte nehmen von 68 Bq/m³ für die Kellerräume über 53 Bq/m³ für Erdgeschossräume bis hin zu 45 Bq/m³ für Räume in höheren Etagen ab; geringe Unterschiede zwischen den beiden Landkreisen sind zu erkennen. Die Standardabweichung reduziert sich ebenfalls deutlich in der selben Weise. Im gesamten Datenkollektiv wiesen 96 Messräume eine Radonkonzentration über 200 Bq/m³ und davon 22 Messräume eine Konzentration über 400 Bq/m³ auf.

Die Verteilungen der Messwerte für die Kellerräume sind in beiden Landkreisen identisch (Abb. 12), die Verteilung der Erdgeschosswerte des Landkreises Bitburg-Prüm ist leicht zu höheren Werten verschoben (Abb. 13).

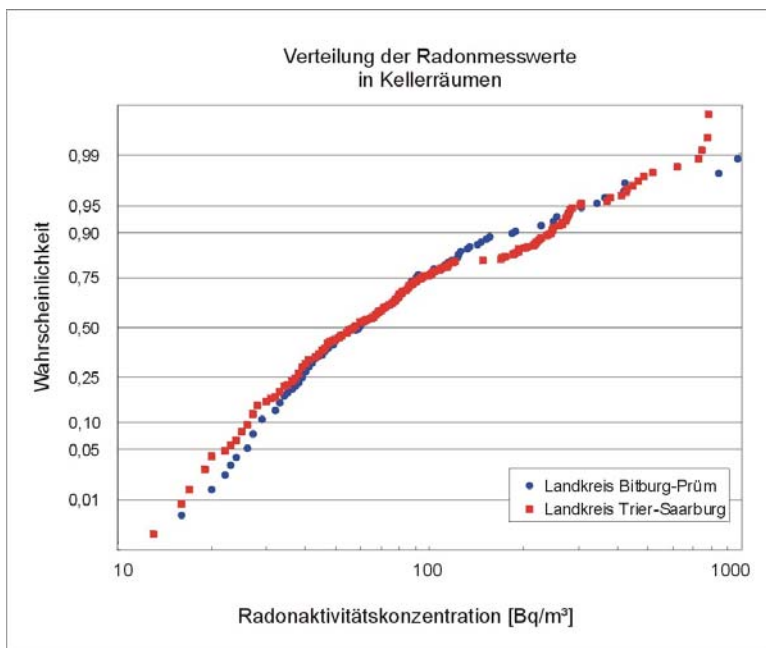


Abb. 12
Häufigkeitsverteilung der Messwerte in Kellerräumen, landkreisbezogen

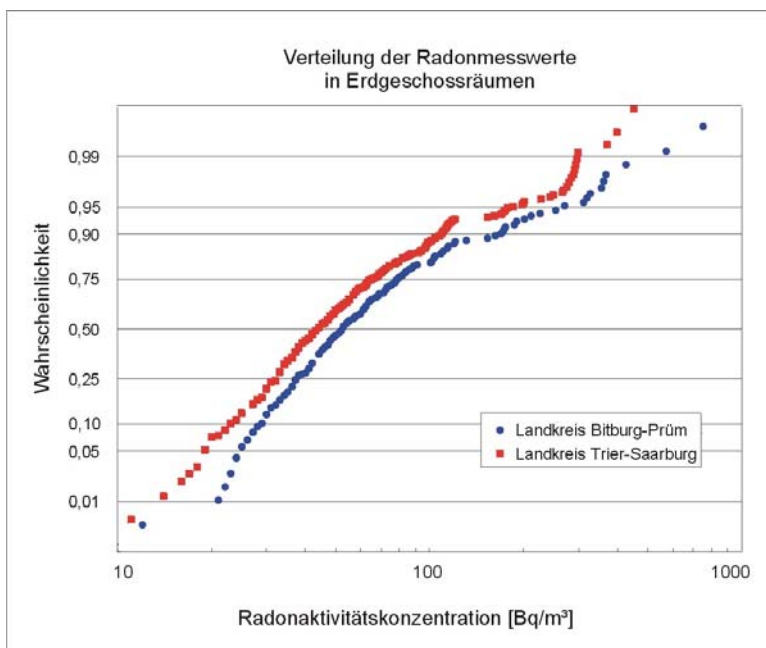


Abb. 13
Häufigkeitsverteilung der Messwerte in Erdgeschossräumen, landkreisbezogen

Die Ursache hierfür kann aus einem Vergleich der Altersverteilung sowie des Baumaterials abgeleitet werden. Im Landkreis Bitburg-Prüm existiert ein höherer Anteil an Häusern, die vor 1960 gebaut wurden, sowie ein höherer Anteil an Häusern mit Natursteinverbauung. Beides wirkt sich in der Verteilung der Radonkonzentration erhöhend aus. Betrachtet man ausschließlich junge vollunterkellerte Häuser ohne Natursteinverbauung, so sind beide Verteilungen nahezu identisch (Abb. 14).

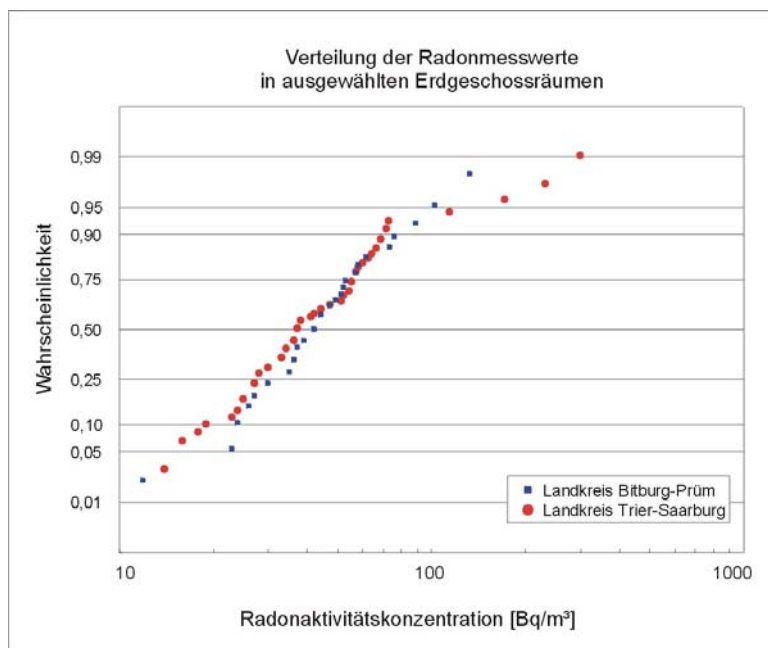


Abb. 14

Häufigkeitsverteilung der Messwerte in ausgesuchten Erdgeschossräumen (voll unterkellert, keine Natursteine, erbaut nach 1990), landkreisbezogen

Um die Daten besser interpretieren zu können, erfolgt eine getrennte Betrachtung der Verteilungen nach den Baumerkmalen. Dabei wird auf die Ergebnisse der Forschungsvorhaben St. Sch. 4187 und St. Sch. 4251 des BfS zurückgegriffen, in denen die wesentlichen, die Radonmigration ins Gebäude bestimmenden Parameter identifiziert wurden. Abbildung 15 zeigt den Einfluss des Haustypes auf die Innenraumkonzentrationen, wobei die Art der Unterkellerung der wesentliche Faktor ist. Die Verteilungen der vollunterkellerten Gebäude sind gegenüber den teil- und nicht unterkellerten Häusern deutlich zu niedrigeren Radonwerten verschoben.

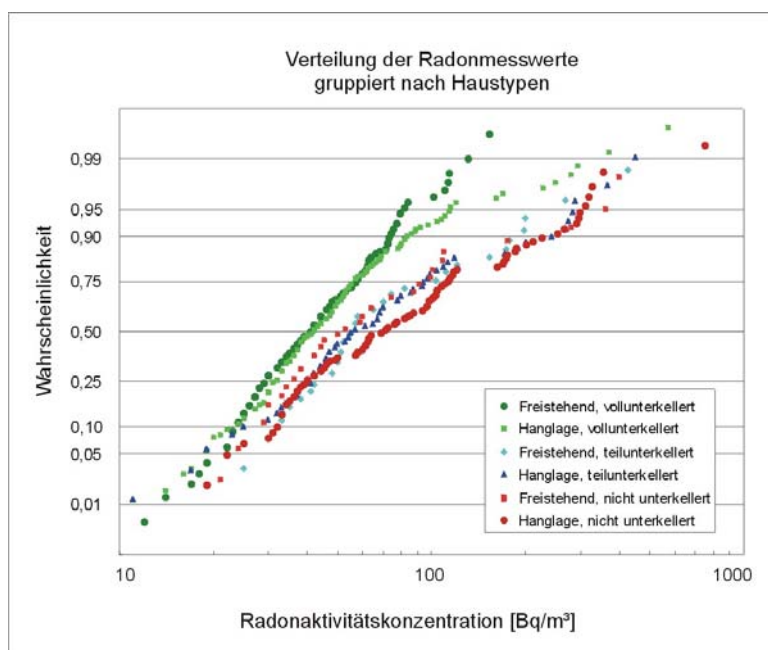


Abb. 15
Häufigkeitsverteilung der Messwerte in Erdgeschoss-
räumen, gruppiert nach Haustypen

Die Art des Baumaterials ist ebenfalls von sehr großer Bedeutung (Abb. 16). Gebäude mit Beton als Baumaterial und ohne Natursteinverbauung sind weniger radonbelastet als die übrigen Gebäude.

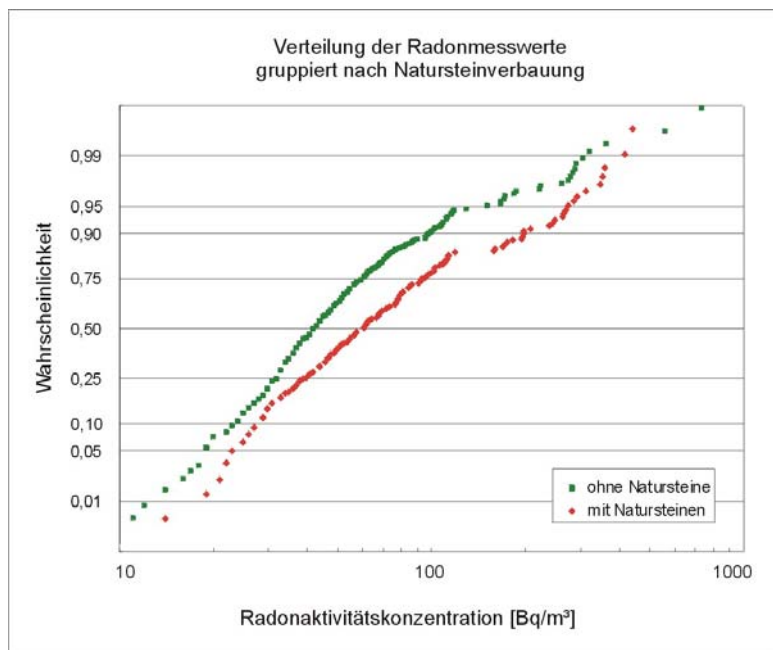


Abb. 16
Häufigkeitsverteilung der Messwerte in Erdgeschoss-
räumen, gruppiert nach Natursteinverbauung

Der Einfluss des Baumaterials Beton kommt noch deutlicher zum Ausdruck, wenn man die entscheidende Schnittstelle zwischen Haus und Baugrund bzw. die Migrationswege vom Keller ins Erdgeschoss betrachtet. In Abbildung 17 ist die Verteilung jeweils unter Berücksichtigung der Bauausführung des Kellerbodens dargestellt. Sehr deutlich wird der erhebliche migrationshemmende Effekt von Beton gegenüber den anderen Materialien; die Radonaktivitätskonzentrationen im Erdgeschoss sind sehr viel niedriger.

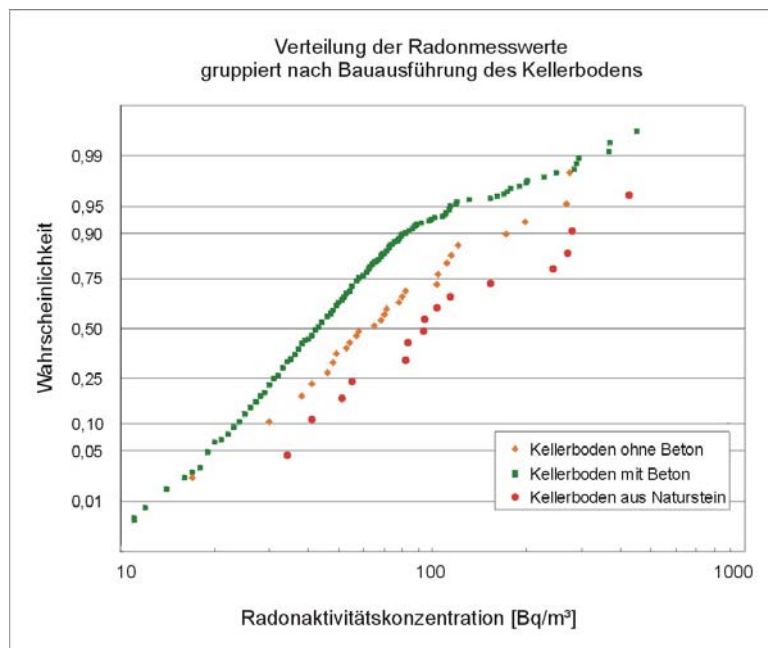


Abb. 17
Häufigkeitsverteilung der Messwerte in Erdgeschoss-
räumen, gruppiert nach der Bauausführung des Kellerbodens

Die gleiche Wirkung besitzt ein Feuchteschutz im erdberührten Bereich. Abbildung 18 zeigt die klare Schutzwirkung solcher Maßnahmen auch gegenüber dem Radoneintritt ins Gebäude.

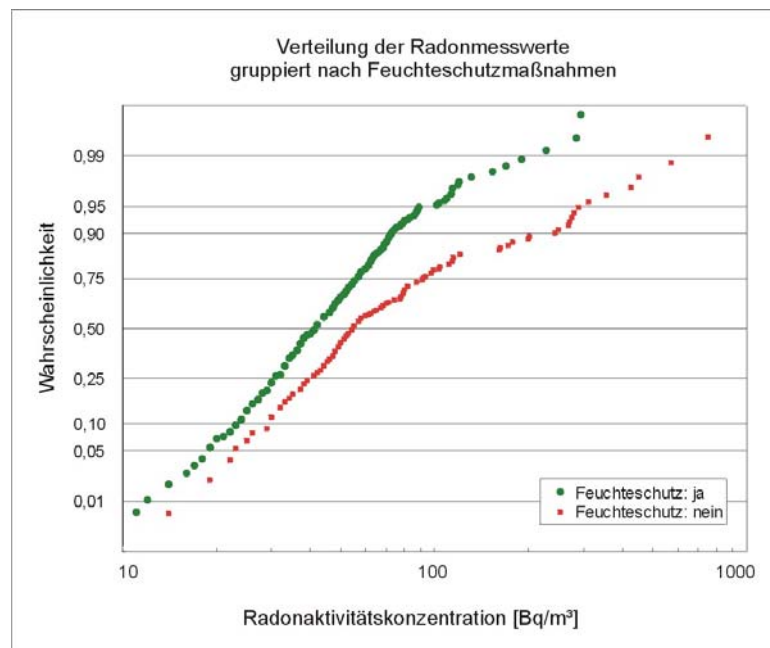


Abb. 18
Häufigkeitsverteilung der Messwerte in Erdgeschoss-
räumen, gruppiert nach Feuchteschutzmaßnahmen

Die Unterschiede in Bauausführung und Bausubstanz bedingen erhebliche Variationen bei der Radonbelastung eines Hauses. Um Regionen unabhängig von der Bausubstanz vergleichen zu können, wurde in den o.g. Forschungsvorhaben des BfS ein „Referenzraum“ definiert, der durch Angleichung der wichtigsten Bauparameter eine identische Bewertungsgrundlage liefert. Dieser Referenzraum liegt im Erdgeschoss eines vollunterkellerten Hauses, das als Baumaterial Beton aufweist und in dem keine Natursteine als Konstruktionsmaterial verbaut wurden. In Abbildung 19 sind die Verteilungen der Radonmesswerte in den Referenzräumen und entsprechend den „Nicht-Referenzräumen“ sowie im Vergleich dazu in allen Erdgeschossräumen dargestellt.

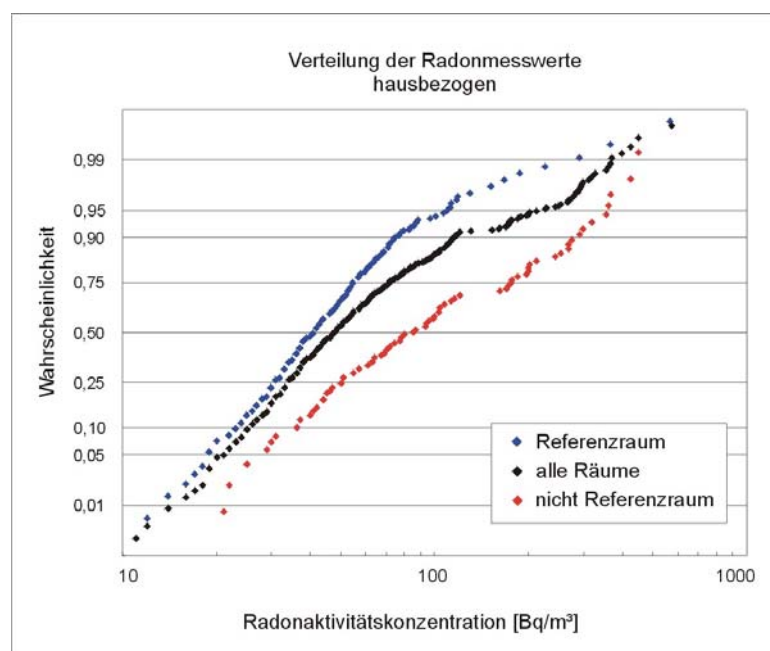


Abb. 19
Häufigkeitsverteilung der Messwerte in Erdgeschoss-
räumen, gruppiert nach der Art des Raumes

Das Baualter wurde bisher nicht betrachtet, da es in vielen Fällen als Synonym für die Art der Bauausführung steht. So sind ältere Häuser häufig nicht unterkellert oder weisen einen hohen Anteil an Natursteinverbauung auf. Dies kommt klar zum Ausdruck, wenn man in Abbildung 20 die verschiedenen baualterabhängigen Verteilungen betrachtet. Die ältesten Häuser, die vor 1900 gebaut wurden, zeigen die höchsten Radonmesswerte. Betrachtet man ausschließlich Referenzräume, ist eher an einen Effekt der Alterung der Gebäudesubstanz zu denken. Es zeigt sich aber auch, dass bei vergleichbarem Baustil der Alterungseffekt niedriger ausfällt als die altersunabhängigen, baubedingten Unterschiede (Abb. 21).

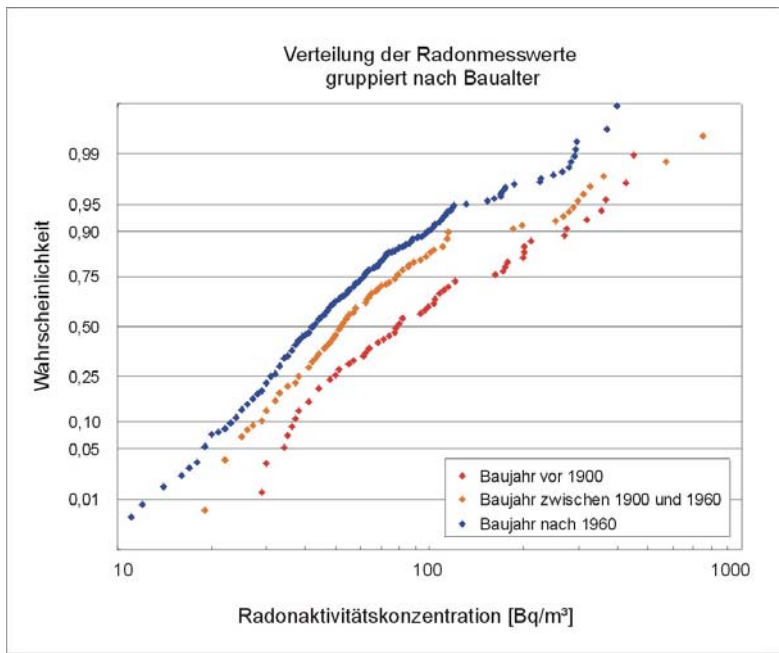


Abb. 20
Häufigkeitsverteilung der Messwerte in Erdgeschoss-
räumen, gruppiert nach dem Baualter

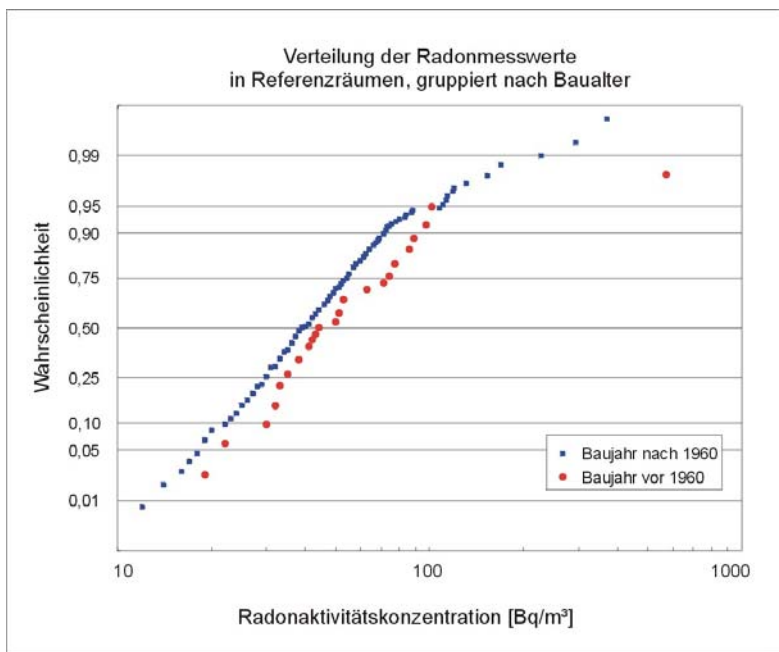


Abb. 21
Häufigkeitsverteilung der Messwerte in Referenz-
räumen, gruppiert nach dem Baualter

Die Auswahl der untersuchten Gemeinden erfolgte - wie bereits dargestellt - auch unter geologischen Gesichtspunkten. Die Basis der geologischen Auswahl beruht dabei auf der Tatsache, dass unterschiedliche geologische Einheiten ein unterschiedliches geogenes Radonpotenzial besitzen. Zwischen der Radonaktivitätskonzentration in der Bodenluft und der Radonaktivitätskonzentration in der Raumluf besteht ein klarer linearer Zusammenhang, wenn man die geologischen Einheiten betrachtet. In Gebäuden über Einheiten mit hohen Radonaktivitätskonzentrationen in der Bodenluft treten gehäuft hohe Radonbelastungen in der Raumluf auf. Dies wurde in Forschungsvorhaben in den letzten Jahren eindeutig nachgewiesen. Dabei ist die Prognose für ein einzelnes Haus nicht möglich, bei Betrachtung einer Anzahl von Gebäudemesswerten über einer geologischen Einheit ist der Zusammenhang zwischen den Verteilungskenngrößen aber unstrittig. Um für den vorliegenden Datenbestand eine solche Auswertung durchführen zu können, wurde zunächst jedem Haus die Geologie des Hausstandortes zugewiesen. Basis hierfür war die Geologische Karte der Universität Trier im Maßstab 1 : 100.000 (Hochschulumgebungskarte). Da diese den Landkreis Trier-Saarburg nicht in Gänze abdeckt, wurde für die südlichsten Punkte die Geologie aus der geologischen Karte der BGR 1 : 200.000 ergänzt.

Das Untersuchungsgebiet ist aus den beiden großen geologischen Komplexen des paläozoischen Grundgebirgssockels - Rheinisches Schiefergebirge - sowie den Randausläufern des mesozoischen Pariser Beckens aufgebaut (Abb. 22). Aus Sicht der Radonproblematik sind vor allem zwei Schichtglieder von Interesse: Die unterdevonischen dunklen Hunsrückschiefer, die flächig im südlichen Randbereich des Schiefergebirges auftreten sowie die Mergel und Dolomite des Unteren Muschelkalk, in deren Verwitterungsschicht Radionuklide angereichert werden können. Beide Schichtglieder sind für erhöhte Radonkonzentrationen in der Bodenluft bekannt und wie in der Abbildung zu erkennen ist, liegen auch nahezu alle Messwerte über 200 Bq/m³ in Kellerräumen in diesen beiden Einheiten.

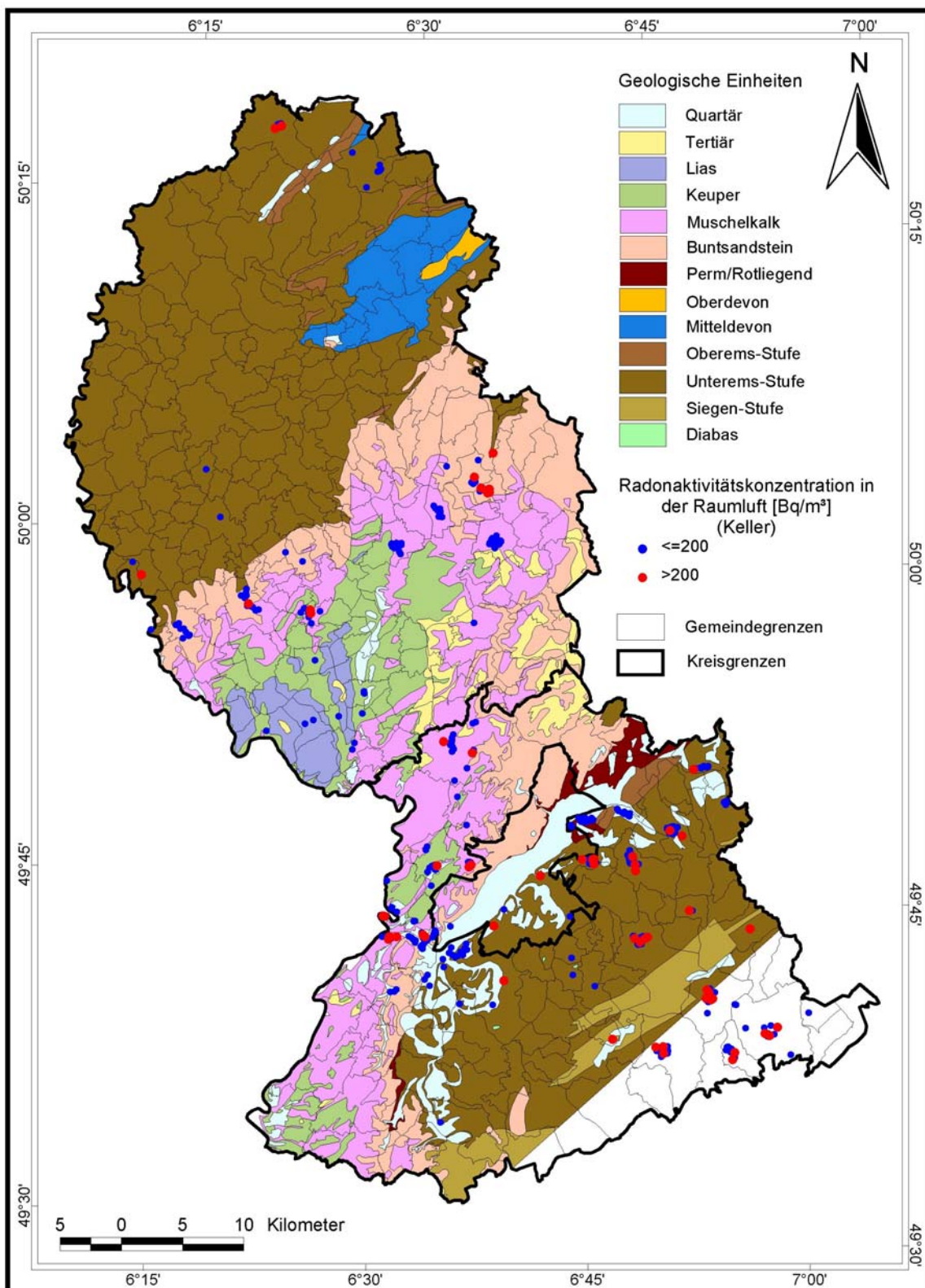


Abb. 22
Geologische Karte des Untersuchungsgebietes mit Lage der Raumlufmessorte

Die Zuordnung der Messorte zu den geologischen Einheiten ist in Abbildung 23 dargestellt. Während im Landkreis Trier-Saarburg der Schwerpunkt der Untersuchungen über dem Devon lag, sind im Landkreis Bitburg-Prüm vornehmlich Messorte über mesozoischen Gesteinen untersucht worden.

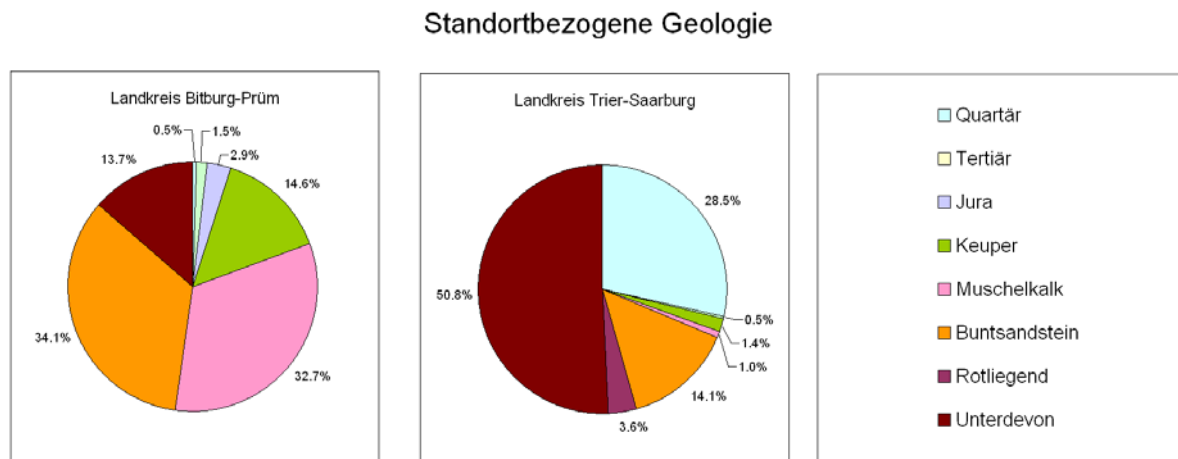


Abb. 23
Prozentuale Anteile der geologischen Einheiten

Vergleicht man die geometrischen Mittelwerte (Hauszuordnung Bodenluft-Keller-räume) der verschiedenen geologischen Einheiten, so lässt sich bis auf wenige Ausnahmen eine gute Übereinstimmung finden (Abb. 24). Das Rotliegend fällt klar heraus, weil alle gemessenen Häuser in einem Rasterelement mit hohem Bodenluft-Interpolationswert liegen. Über Muschelkalk und Devon hingegen würde man aber aufgrund der geologischen Prognose höhere geometrische Mittelwerte und damit höhere Anteile an Messwerten über 200 Bq/m^3 erwarten.

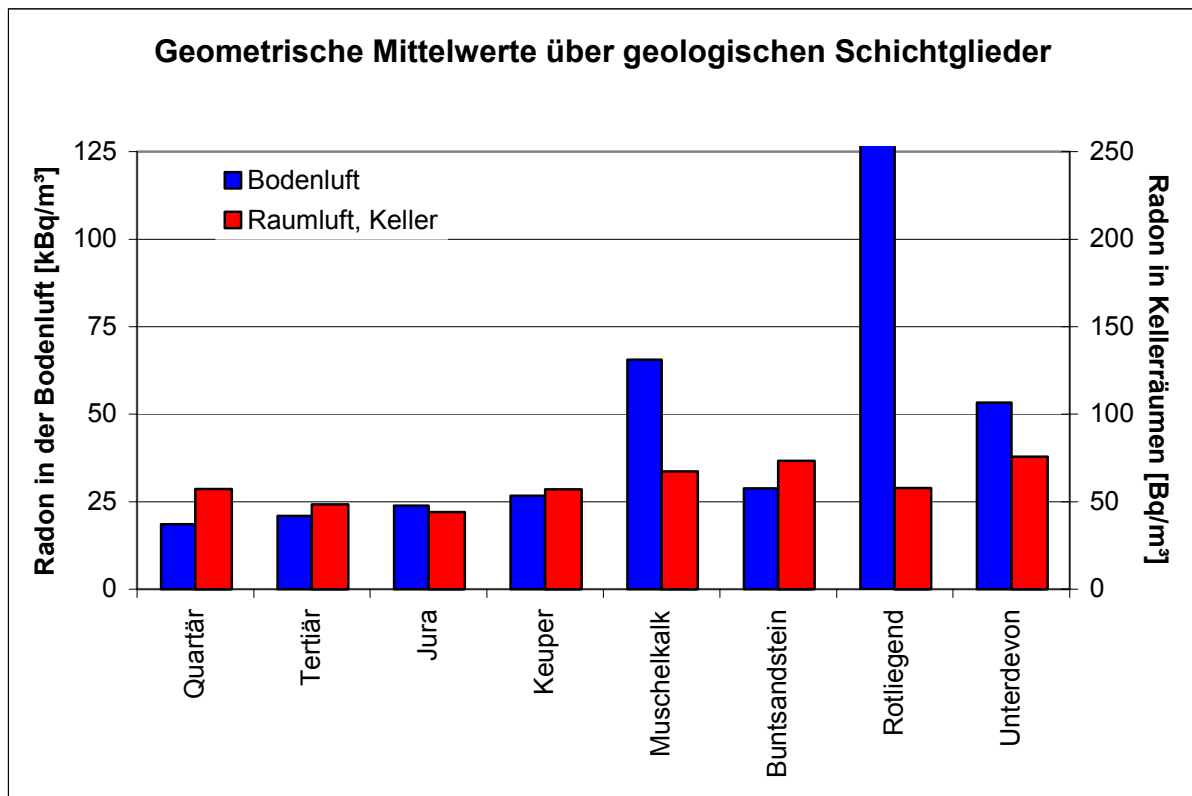


Abb. 24

Geometrische Mittelwerte in der Bodenluft und im Keller über verschiedenen geologischen Einheiten

Insgesamt ist zu erkennen, dass von einer mittleren Transferrate von 2 ‰, wie sie auch in anderen Forschungsvorhaben gefunden wurde, für den Übergang Boden-Keller auszugehen ist. Die jüngeren Schichtglieder vom Quartär bis Keuper zeigen die erwarteten niedrigen Radonkonzentrationen. Für das Forschungsvorhaben St. Sch. 4271 wurden bundesweit die geometrischen Mittelwerte verschiedener geologischer Einheiten visualisiert. Trägt man in diese Abbildung die Werte aus dem Trier-Bitburger Raum ein, so lässt sich erkennen, dass insbesondere Muschelkalk und Devon dieses Raumes aus dem allgemeinen Trend herausfallen (Abb. 25). Die übrigen Einheiten passen gut in das vorhandene Bild.

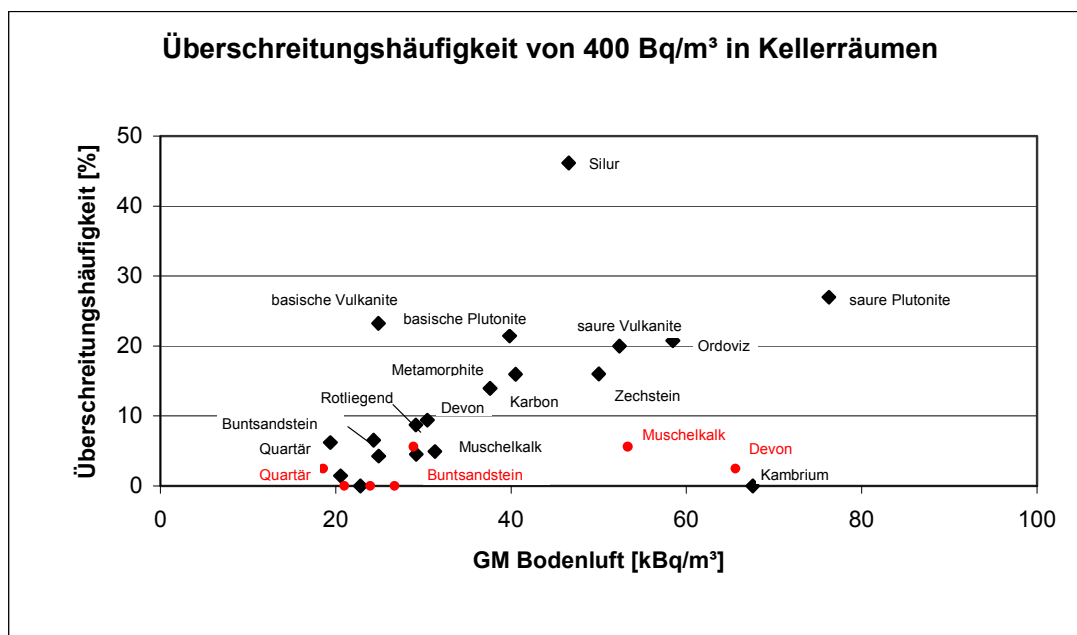


Abb. 25

Streudiagramm Bodenluft – Überschreitungshäufigkeit 400 Bq/m³ im Keller (schwarz: Werte aus Forschungsvorhaben St. Sch. 4271, rot: Werte aus Trier-Bitburger Raum)

Neben der Möglichkeit der Nutzung des unabhängigen Datensatzes der Bodenluftmessungen kann auch aufgrund der exakten räumlichen Lokalisierung der Gebäude eine Zuordnung von Raumluf- und Bodenluftkonzentration (letztere auf Grundlage der interpolierten Hochschulumgebungskarte) durchgeführt werden. Zunächst ist festzustellen, dass ein hoher Prozentsatz an Häusern vorhanden ist, die in Gebieten mit Radonaktivitätskonzentrationen in Bodenluft unterhalb von 80 kBq/m³ liegen (Abb. 26). Dies ist aufgrund der kleinräumig wechselnden Bodenluftverhältnisse mit einem solchen Forschungsansatz nicht zu vermeiden. Sollen gezielt nur Lokalitäten mit hohen Radonaktivitätskonzentrationen in der Bodenluft beprobt werden, so muss vor der Messkampagne eine aufwändige Recherche mit dem Ausschluss aller ungeeigneten Ortslagen durchgeführt werden. Dies würde dazu führen, dass bei der Akquisition gezielt Bewohner bestimmter Ortsteile angesprochen werden müssten, was einen deutlich höheren Organisationsaufwand bedeutet.

Radonaktivitätskonzentration in der Bodenluft, interpolierte Werte am Haus

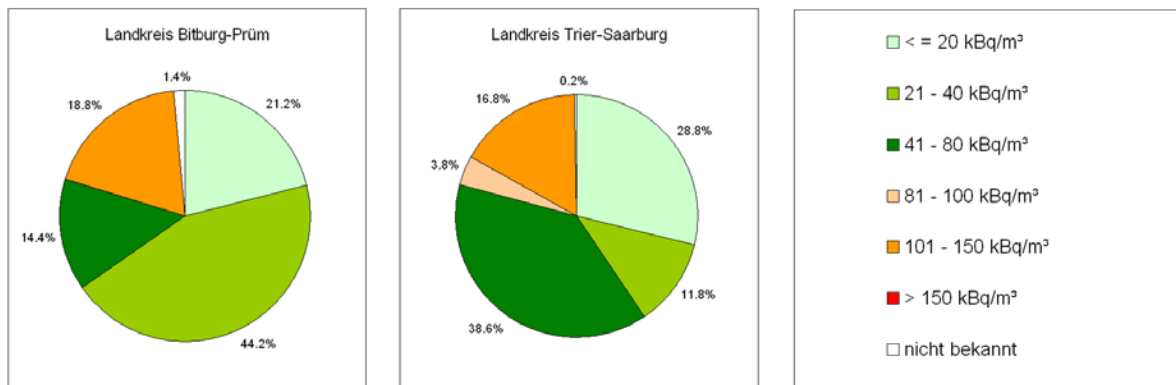


Abb. 26
 Prozentuale Verteilung der Bodenluftwerte

Werden die Radonmesswerte der Kellerräume nach den vorgegebenen Bodenluftkategorien der in Bearbeitung befindlichen „Radon-Richtlinie“ gruppiert, so werden sowohl bei den geometrischen Mittelwerten (Abb. 27) als auch bei den Überschreitungshäufigkeiten von 400 Bq/m³ (Abb. 28) klare Abhängigkeiten zur Bodenluftkonzentration sichtbar.

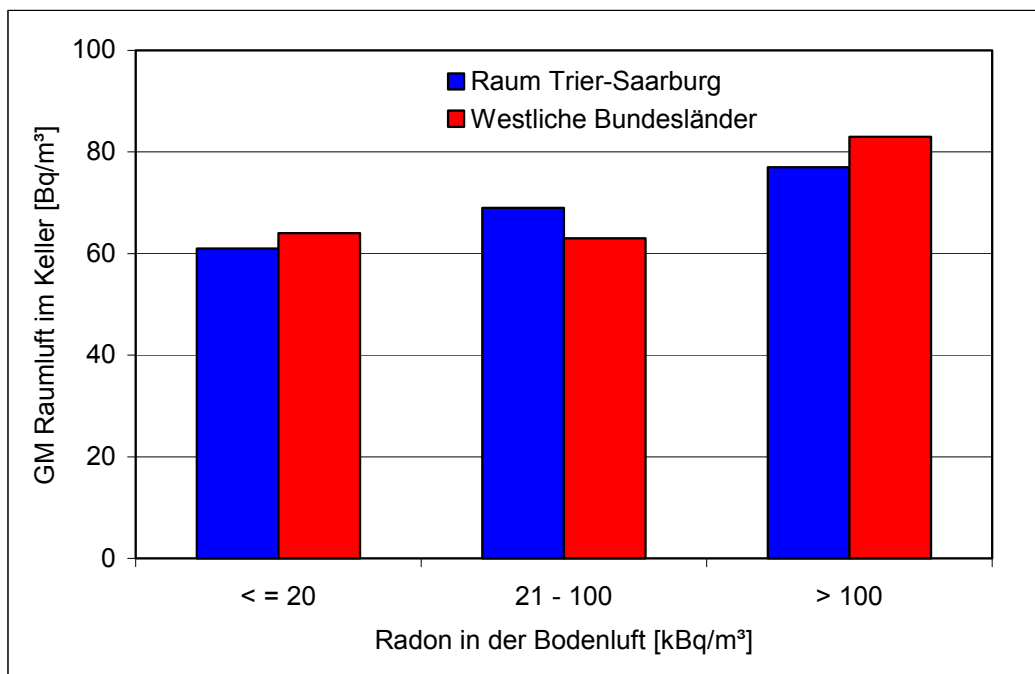


Abb. 27
 Geometrische Mittelwerte der Kellerräume, gruppiert nach Bodenluftkonzentrationen

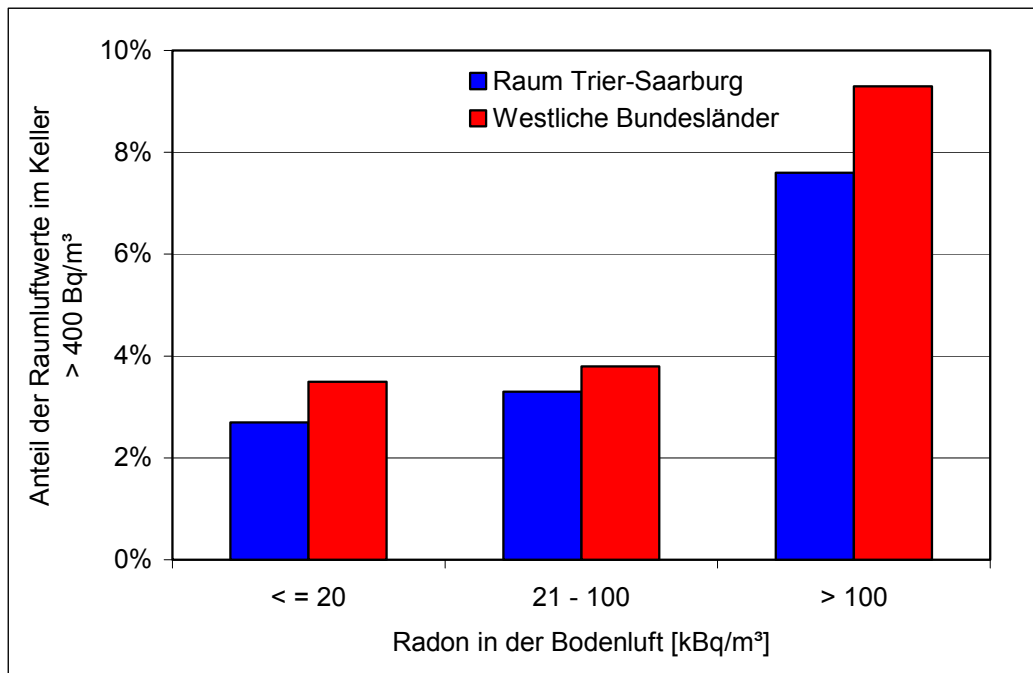


Abb. 28

Überschreitungshäufigkeit in Kellerräumen, gruppiert nach Bodenluftkonzentrationen

Die Werte passen sehr gut zu den im Projekt St. Sch. 4271 für die westlichen Bundesländer ermittelten Kenngrößen. Ein Anstieg in der Überschreitungshäufigkeit wird erst bei sehr hohen Bodenluftkonzentrationen über 100 kBq/m³ erkennbar, im o.g. Projekt wird dieser Anstieg sogar erst bei Werten oberhalb von 150 kBq/m³ eindeutig. Ein Radonbodenluftwert von 100 kBq/m³ ist als Empfehlung zusätzlicher baulicher Schutzmaßnahmen damit im Sinne einer konservativen Richtlinie und bei Beachtung der vorhandenen Fehlergrenzen sinnvoll und notwendig. Die Daten der Kellerräume sind auf der interpolierten Bodenluftkarte (Abb. 29) visualisiert.

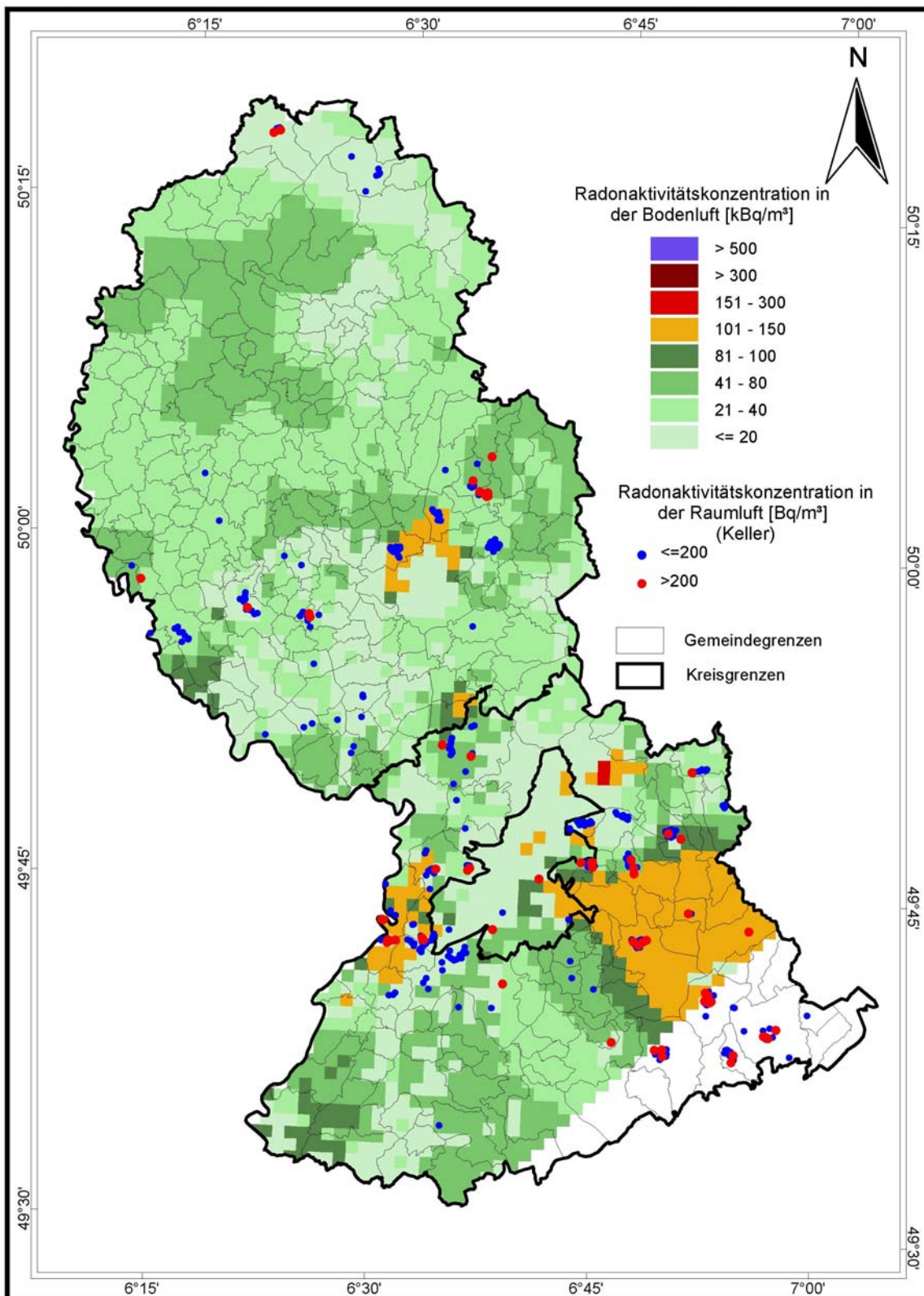


Abb. 29
Bodenluftkarte des Untersuchungsgebietes mit Lage der Raumluftmessorte

Die Ergebnisse wurden gemeindebezogen ausgewertet und die Anteile der Überschreitungen von 200 Bq/m³, 400 Bq/m³ und 1.000 Bq/m³ berechnet. Tabelle 3 zeigt die Kennwerte für Kellerräume, Tabelle 4 für Erdgeschossräume und Tabelle 5 für Referenzräume.

Kellerräume	Anzahl	AM Bq/m ³	SD Bq/m ³	GM Bq/m ³	GSD	Maximum Bq/m ³	Anteil >200 Ba/m ³ %	Anteil > 400 Ba/m ³ %	Anteil >1000 Ba/m ³ %	
Landkreis Trier-Saarburg										
07235022	Fell	17	122	137	78	2,4	484	17,6	11,8	---
07235036	Gusenburg	17	101	138	63	2,3	518	11,8	11,8	---
07235045	Hermeskeil	15	121	98	89	2,2	368	20,0	---	---
07235051	Igel	15	89	64	70	2,0	217	13,3	---	---
07235058	Kell am See	17	116	115	73	2,7	466	23,5	5,9	---
07235060	Kenn	18	56	23	52	1,5	104	---	---	---
07235063	Klüssenrath	11	82	75	63	2,0	304	9,1	---	---
07235068	Konz	21	52	40	42	1,8	202	4,8	---	---
07235073	Langsur	7	143	96	106	2,3	279	28,6	---	---
07235074	Leiwien	6	60	23	53	1,8	93	---	---	---
07235078	Longuich	9	59	30	50	1,8	107	---	---	---
07235083	Mehring	16	76	70	58	2,0	277	12,5	---	---
07235085	Mertesdorf	17	111	86	84	2,1	282	23,5	---	---
07235096	Oberbillig	17	163	188	100	2,5	741	23,5	17,6	---
07235103	Osburg	16	153	212	74	3,0	724	25,0	12,5	---
07235114	Reinsfeld	22	154	166	101	2,4	775	22,7	4,5	---
07235132	Tawern	3	65	20	61	1,4	89	---	---	---
07235137	Trierweiler	18	90	77	63	2,4	247	16,7	---	---
07235143	Wasserliesch	10	44	19	40	1,5	79	---	---	---
07235501	Welschbillig	16	90	81	63	2,2	286	12,5	---	---
Landkreis Bitburg-Prüm										
0723007	Badem	16	75	36	68	1,6	155	---	---	---
0723013	Bettingen	10	181	299	89	2,9	1055	20,0	10,0	10,0
0723039	Fließem	9	54	28	49	1,6	125	---	---	---
0723063	VG Irrel	11	52	28	50	1,6	123	---	---	---
0723067	Körperich	12	43	18	40	1,5	91	---	---	---
0723070	Kyllburg	16	210	276	119	2,9	969	31,3	12,5	---
0723075	Malberg	15	79	79	61	1,9	364	6,7	---	---
0723080	Mettendorf	13	102	96	78	2,0	416	7,7	7,7	---
0723109	Rittersdorf	15	64	28	59	1,5	123	---	---	---
0723202	Auw b. Prüm	6	135	118	83	2,8	343	33,3	---	---
0723288	Olzheim	6	89	43	76	1,8	151	---	---	---

Tab. 3

Statistische Kennwerte der Messergebnisse in Kellerräumen, gemeindebezogen (Erläuterung der Abkürzungen: s. Tab. 2)

Erdgeschossräume	Anzahl	AM Bq/m ³	SD Bq/m ³	GM Bq/m ³	GSD	Maximum Bq/m ³	Anteil >200 Bq/m ³ %	Anteil > 400 Bq/m ³ %	Anteil >1000 Bq/m ³ %
Landkreis Trier-Saarburg									
07235022	Fell	19	78	70	58	2,1	278	10,5	---
07235036	Gusenburg	22	57	56	45	1,9	293	4,5	---
07235045	Hermeskeil	22	52	26	46	1,6	116	---	---
07235051	Igel	26	60	44	49	1,8	170	---	---
07235058	Kell am See	25	70	68	52	2,0	295	8,0	---
07235060	Kenn	31	35	14	33	1,5	71	---	---
07235063	Klüssenrath	18	69	34	61	1,6	160	---	---
07235068	Konz	26	42	22	38	1,5	98	---	---
07235073	Langsur	12	40	26	34	1,7	115	---	---
07235074	Leiwen	9	128	137	82	2,4	396	22,2	---
07235078	Longuich	10	35	13	33	1,4	62	---	---
07235083	Mehring	21	65	62	48	2,0	249	9,5	---
07235085	Mertesdorf	23	66	37	56	1,8	174	---	---
07235096	Oberbillig	28	71	66	55	1,9	299	7,1	---
07235103	Osburg	19	93	97	60	2,4	368	10,5	---
07235114	Reinsfeld	25	80	71	62	2,0	290	8,0	---
07235132	Tawern	3	64	7	63	1,1	72	---	---
07235137	Trierweiler	24	73	70	54	2,0	274	12,5	---
07235143	Wasserliesch	12	48	19	42	1,7	77	---	---
07235501	Welschbillig	30	55	37	45	1,9	184	---	---
Landkreis Bitburg-Prüm									
0723007	Badem	22	53	21	49	1,5	108	---	---
0723013	Bettingen	20	124	129	81	2,5	573	15,0	5,0
0723039	Fließern	14	59	47	51	1,6	225	7,1	---
0723063	VG Irrel	29	103	162	61	2,3	752	10,3	6,9
0723067	Körperich	10	44	11	43	1,3	64	---	---
0723070	Kylburg	19	77	66	61	1,9	310	5,3	---
0723075	Malberg	24	77	84	57	1,9	355	8,3	---
0723080	Mettendorf	19	52	20	48	1,5	91	---	---
0723109	Rittersdorf	26	84	54	71	1,8	211	3,8	---
0723202	Auw b. Prüm	9	70	47	57	1,9	172	---	---
0723288	Olzheim	10	94	90	74	1,8	361	10,0	---

Tab. 4

Statistische Kennwerte der Messergebnisse in Erdgeschossräumen, gemeindebezogen (Erläuterung der Abkürzungen: s. Tab. 2)

Referenzräume	Anzahl	AM Bq/m ³	SD Bq/m ³	GM Bq/m ³	GSD	Maximum Bq/m ³	Anteil >200 Bq/m ³ %	Anteil > 400 Bq/m ³ %	Anteil >1000 Bq/m ³ %
Landkreis Trier-Saarburg									
07235022	Fell	12	62	55	48	1,9	227	8,3	---
07235036	Gusenburg	9	63	83	39	2,4	293	11,1	---
07235045	Hermeskeil	13	50	26	45	1,6	113	---	---
07235051	Igel	11	59	50	45	2,0	168	---	---
07235058	Kell am See	12	47	25	40	1,9	107	---	---
07235060	Kenn	16	37	15	34	1,5	71	---	---
07235063	Klüssenrath	6	40	9	39	1,2	52	---	---
07235068	Konz	13	32	7	31	1,3	47	---	---
07235073	Langsur	7	31	12	29	1,5	55	---	---
07235074	Leiwen	5	47	16	45	1,4	77	---	---
07235078	Longuich	4	30	8	28	1,4	38	---	---
07235083	Mehring	10	40	13	37	1,4	60	---	---
07235085	Mertesdorf	11	46	26	39	1,8	97	---	---
07235096	Oberbillig	10	50	13	48	1,3	77	---	---
07235103	Osburg	8	73	112	40	2,4	368	12,5	---
07235114	Reinsfeld	12	52	22	48	1,5	110	---	---
07235132	Tawern	3	64	7	63	1,1	72	---	---
07235137	Trierweiler	12	41	17	37	1,5	74	---	---
07235143	Wasserliesch	4	36	14	32	1,7	52	---	---
07235501	Welschbillig	11	43	27	37	1,7	118	---	---
Landkreis Bitburg-Prüm									
0723007	Badem	12	48	16	46	1,4	84	---	---
0723013	Bettingen	9	106	166	56	2,7	573	11,1	11,1
0723039	Fließem	10	45	11	43	1,3	61	---	---
0723063	VG Irrel	8	41	13	39	1,4	64	---	---
0723067	Körperich	4	42	8	41	1,2	53	---	---
0723070	Kylburg	10	59	31	53	1,6	119	---	---
0723075	Malberg	4	56	20	53	1,4	89	---	---
0723080	Mettendorf	7	52	19	48	1,5	78	---	---
0723109	Rittersdorf	13	63	40	57	1,6	189	---	---
0723202	Auw b. Prüm	3	65	47	52	1,9	131	---	---
0723288	Oizheim	5	56	18	53	1,4	80	---	---

Tab. 5

Statistische Kennwerte der Messergebnisse in Referenzräumen, gemeindebezogen (Erläuterung der Abkürzungen: s. Tab. 2)

Bei der Betrachtung sollte allerdings unbedingt die Anzahl der vorhandenen Messwerte beachtet werden, da die Fehlerbreite bei einer geringen Anzahl von Messwerten sehr groß wird. Es wird aber auch an dieser Stelle noch einmal darauf hingewiesen, dass bei den Referenzräumen insgesamt nur 5 Messwerte über 200 Bq/m³ vorkommen. Dies bedeutet, dass bei jungen, modernen Häusern in der Regel kein Radonproblem in dieser Region zu erwarten sein wird. Etwaige zukünftige Messungen sollten sich konzentriert auf ältere Häuser mit Natursteinverbauung konzentrieren.

Die Anzahl der Messungen im Erdgeschoss, die geometrischen Mittelwerte sowie die Überschreitungshäufigkeiten für 200 Bq/m³ und 400 Bq/m³ - jeweils für Keller- und Erdgeschossräume - sind in den Abbildungen 30 bis 37 für alle untersuchten Gemeinden visualisiert.

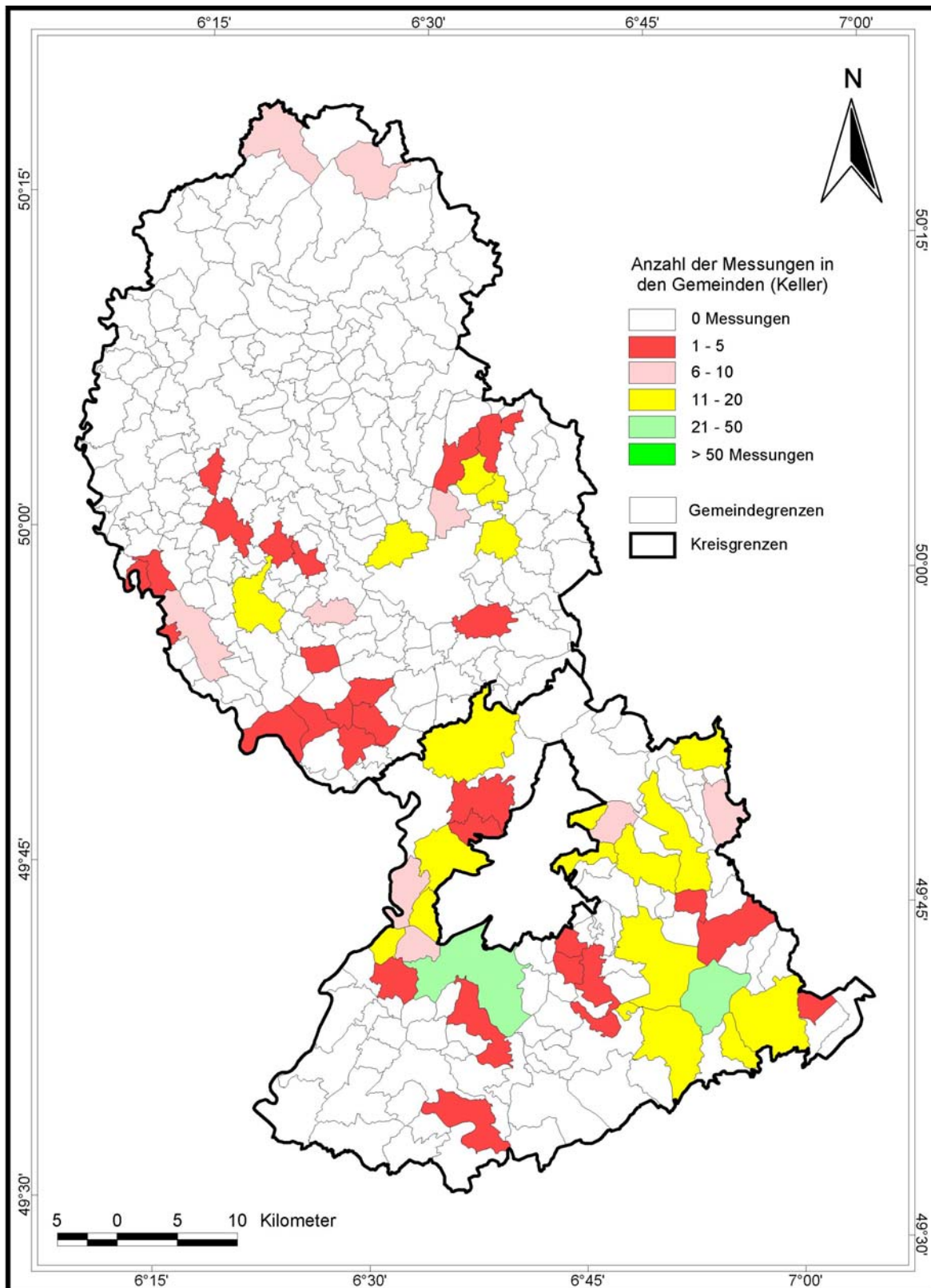


Abb. 30
Anzahl der Messungen pro Gemeinde in Kellerräumen

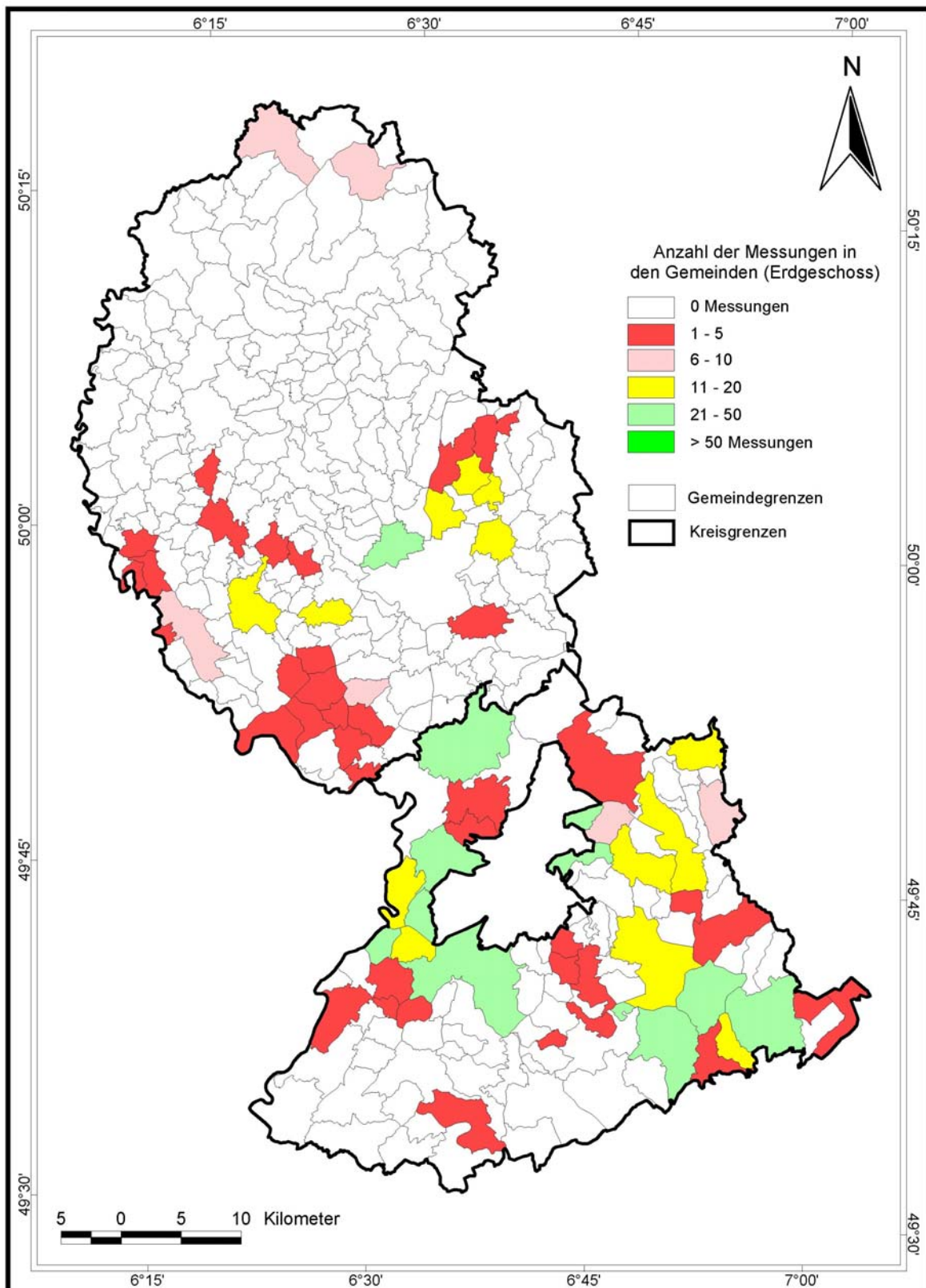


Abb. 31

Anzahl der Messungen pro Gemeinde in Erdgeschossräumen

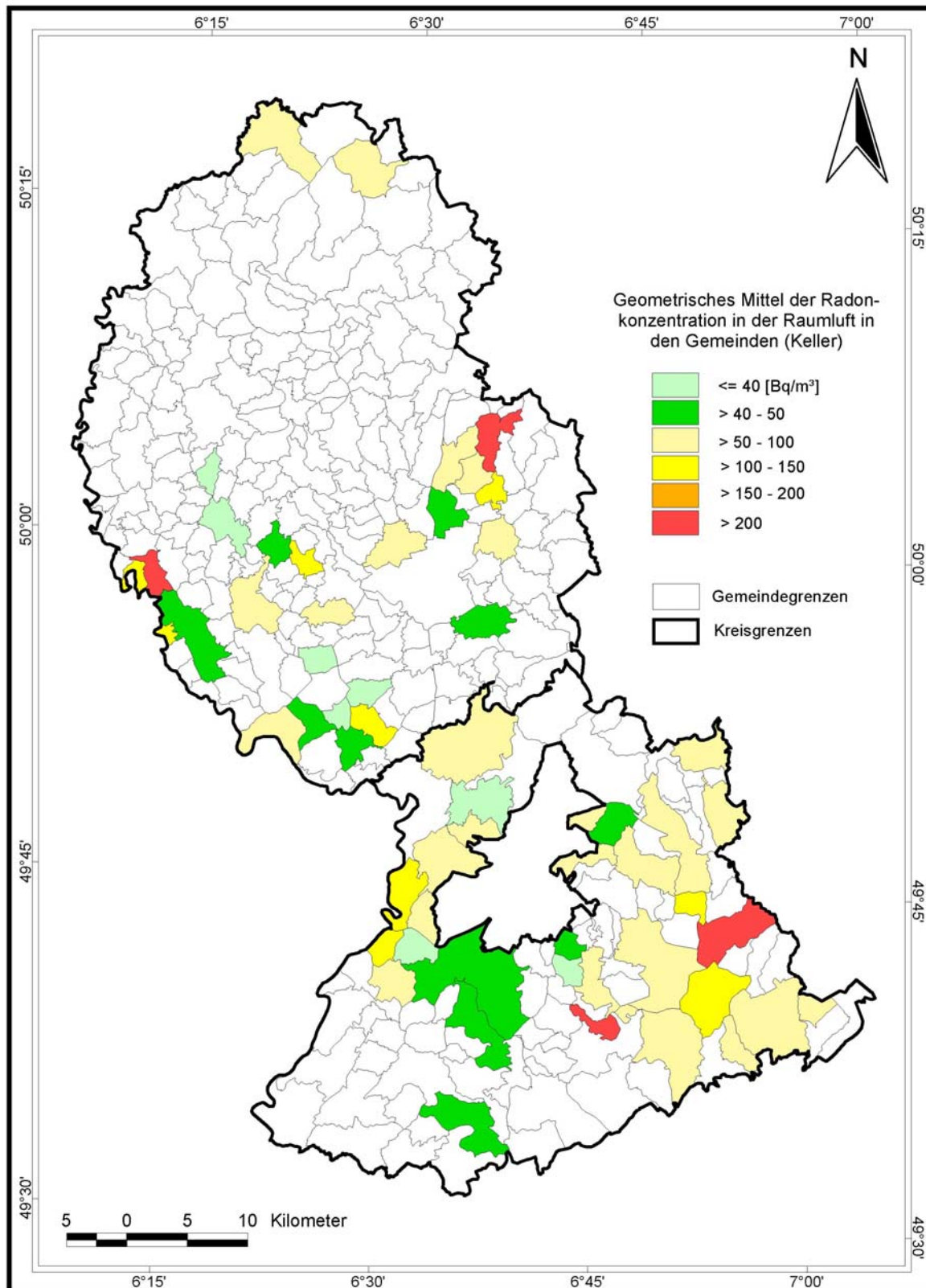


Abb. 32

Geometrisches Mittel der Messungen in Kellerräumen, gemeindebezogen

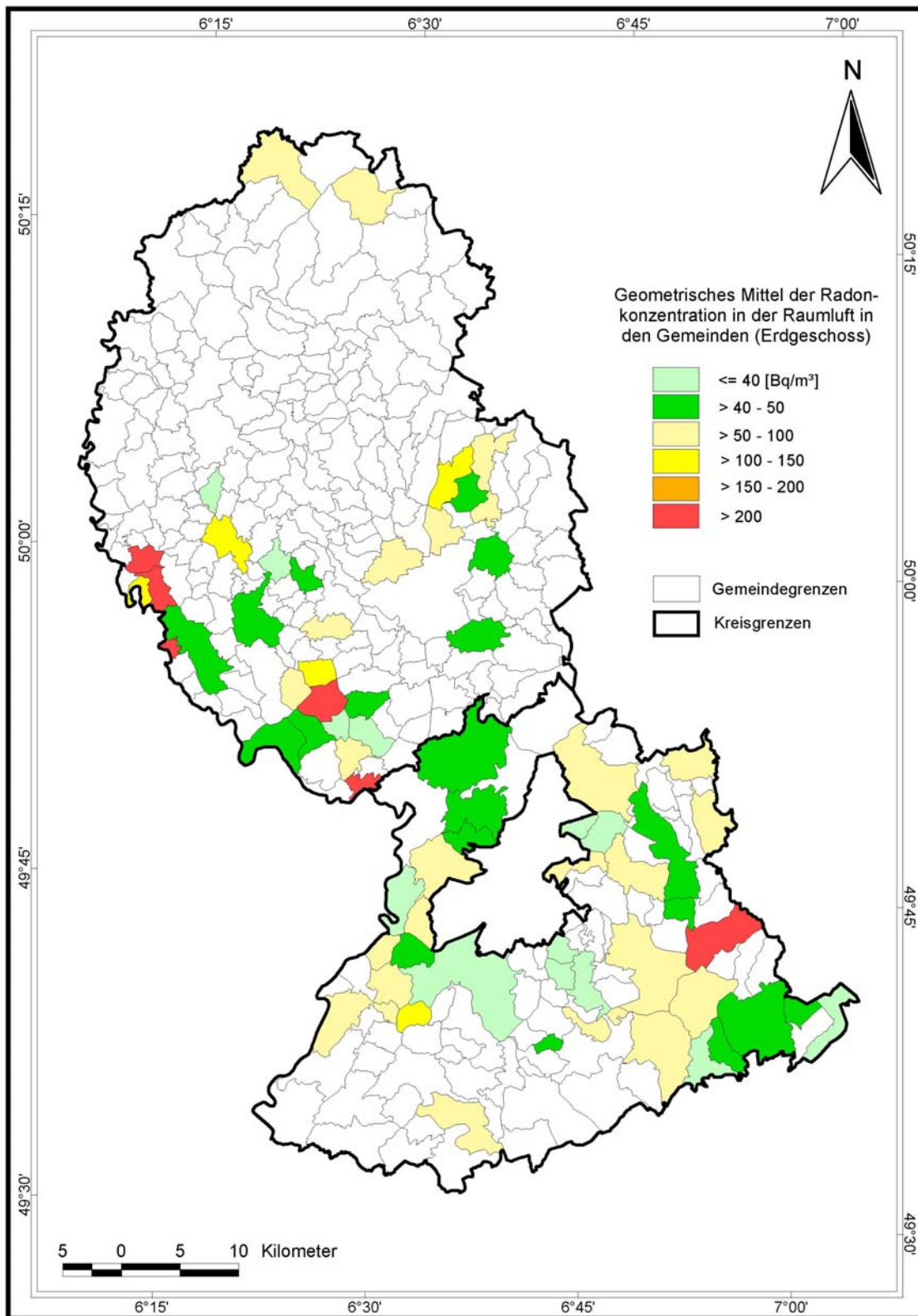


Abb. 33
Geometrisches Mittel der Messungen in Erdgeschossräumen, gemeindebezogen

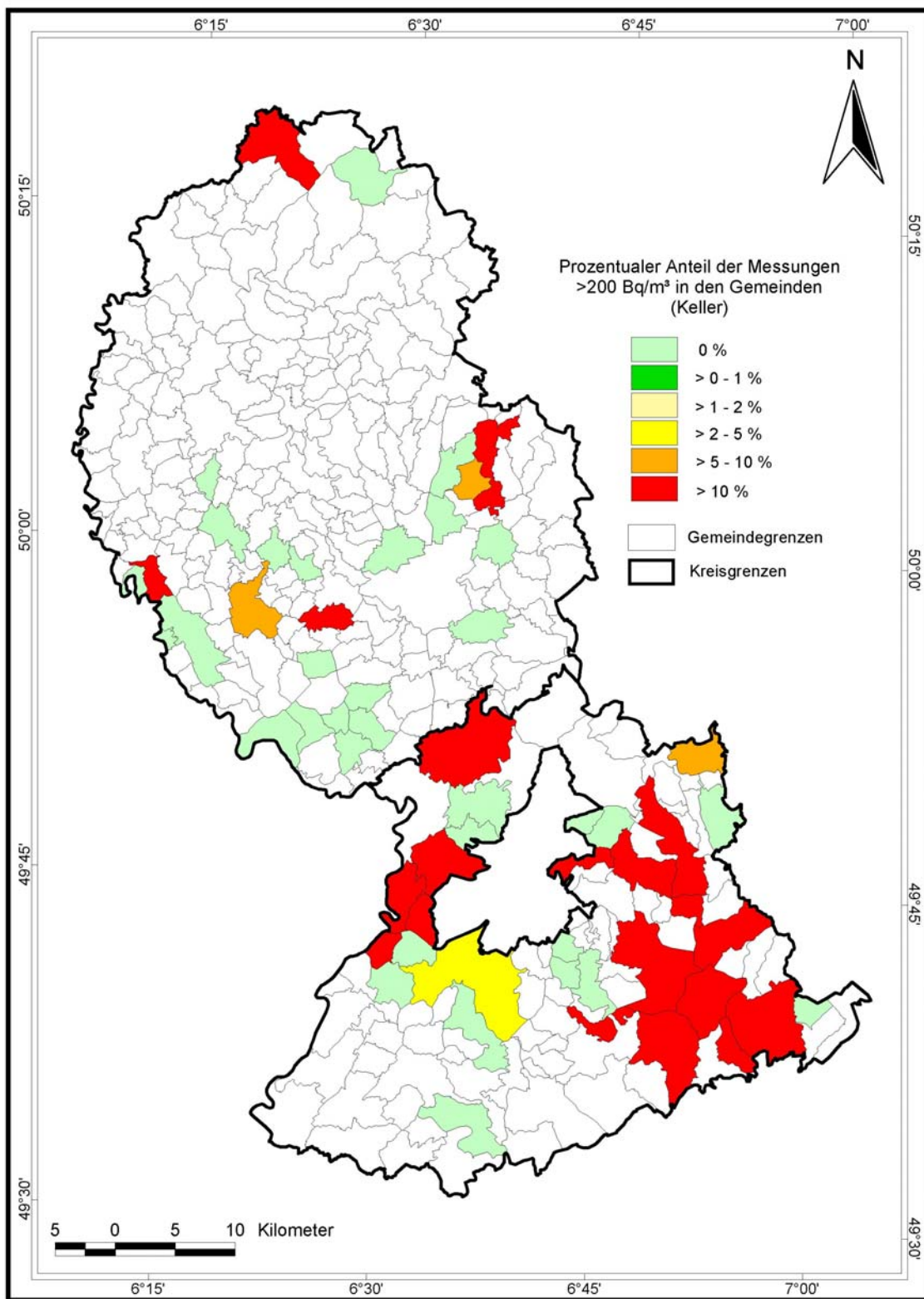


Abb. 34
Überschreitungshäufigkeit > 200 Bq/m³ in Kellerräumen, gemeindebezogen

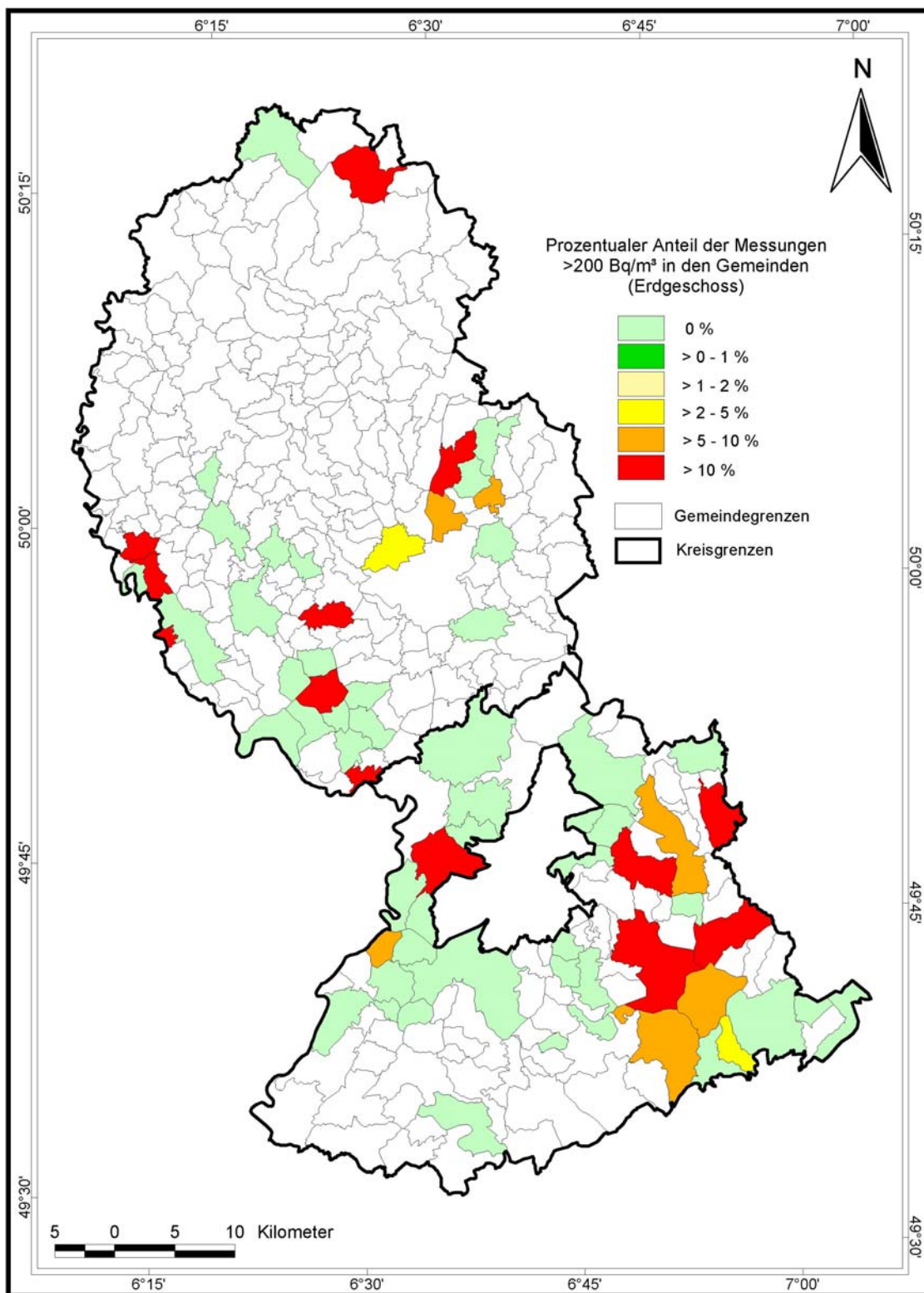


Abb. 35
Überschreitungshäufigkeit > 200 Bq/m³ in Erdgeschossräumen, gemeindebezogen

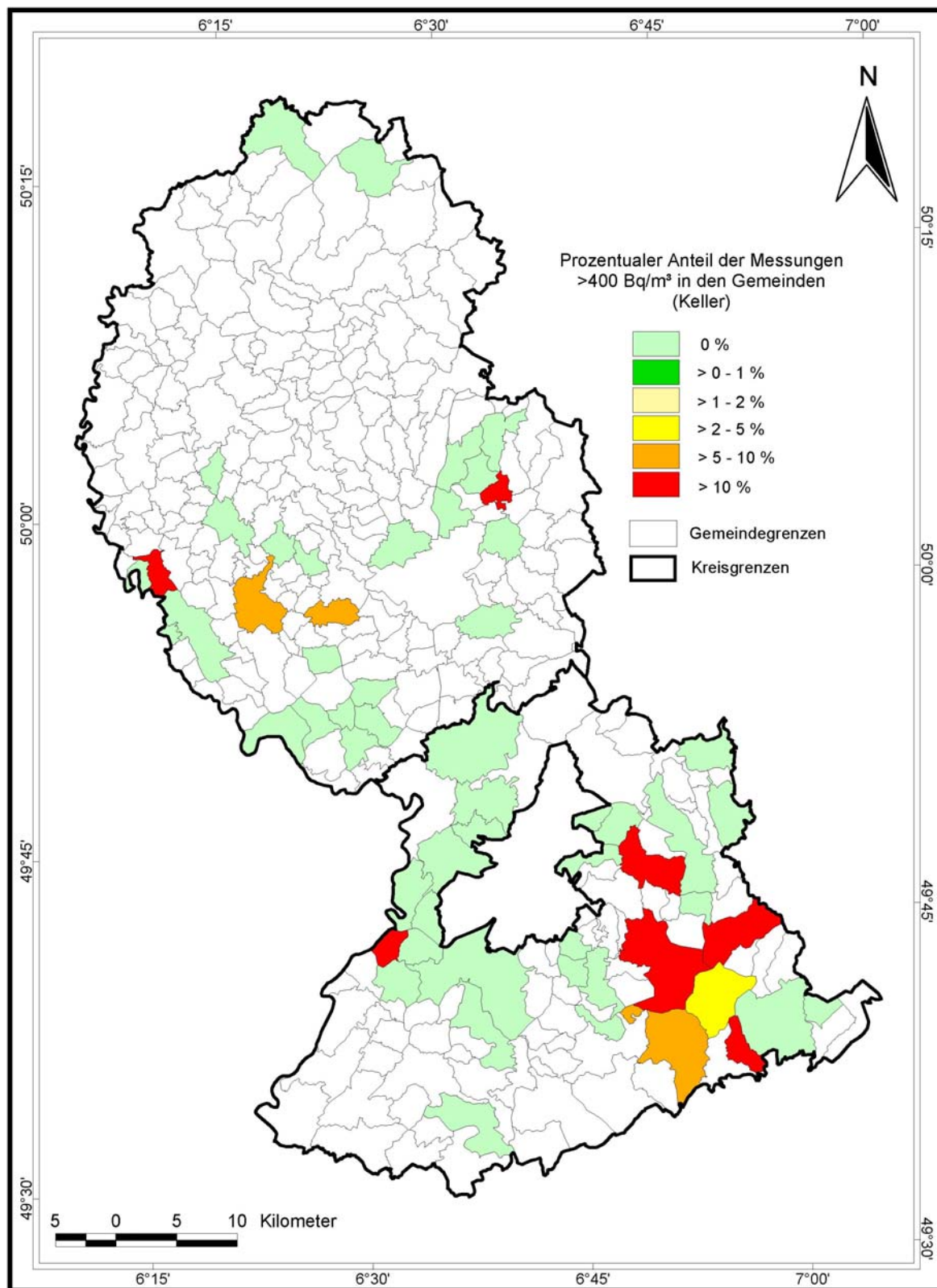


Abb. 36
Überschreitungshäufigkeit > 400 Bq/m³ in Kellerräumen, gemeindebezo-
gen

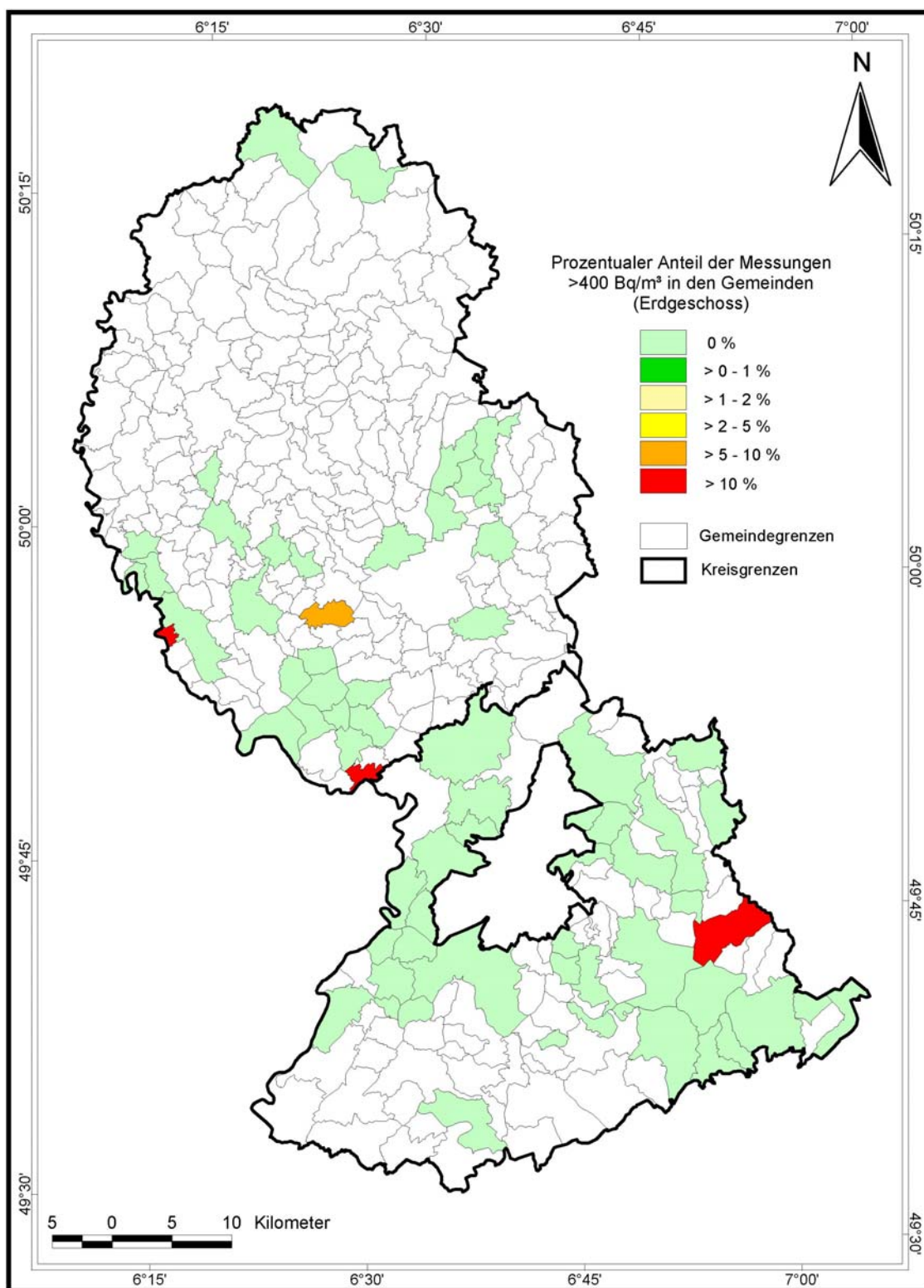


Abb. 37
 Überschreitungshäufigkeit > 400 Bq/m³ in Erdgeschossräumen, gemeindebezogen

5 Fazit

Die beiden untersuchten Landkreise sind aufgrund einzelner erhöhter Radonaktivitätskonzentrationen in der Bodenluft für ein Radonraumlufmessprogramm ausgesucht worden. Die gefundenen Messwertverteilungen passen sehr gut in das bisher bekannte Bild der Ergebnisse in den alten Bundesländern. Über den relevanten geologischen Einheiten des Gebietes, dem Muschelkalk und dem Unterdevon, wurden weniger Messräume mit Werten über 200 Bq/m³ gefunden als die geologische Prognose erwarten ließ. Ältere Häuser mit Natursteinverbauung sind deutlich stärker belastet als junge Häuser mit Beton als Baumaterial. Insbesondere bei Bodenluftwerten über 100 kBq/m³ ist ein deutlicher Anstieg an Messwertüberschreitungen von 200 Bq/m³ festzustellen.

Wir empfehlen, bei eventuell geplanten weiteren Messkampagnen während der Akquisitionsphase eine gezielte Auswahl der Häuser nach Bodenluftkonzentration und Baumaterial zu treffen.