

DMT GmbH & Co. KG

Industrial Engineering
Gasemission & Verwertung

Am Technologiepark 1
45307 Essen
Deutschland

Telefon +49 201 172-1478
Telefax +49 201 172-1735
dmt@dmt.de
www.dmt.de

TÜV NORD GROUP

DIN EN ISO
9001
zertifiziert | DIN EN ISO
14001
zertifiziert

**Stellungnahme zur möglichen Radonbelastung in Zusammenhang mit dem geplanten
Grubenwasseranstieg auf -320 m NN in den Wasserprovinzen Reden und Duhamel**

Auftraggeber: RAG Aktiengesellschaft
Shamrockring 1
44623 Herne

Auftragnehmer: DMT GmbH & Co. KG
Am Technologiepark 1
45307 Essen

Sachverständige: Dr. Heribert Meiners
Dipl.-Ing. Michael Ophale

Unterauftragnehmer: Sachverständigenbüro Dr. Kemske
Euskirchener Str. 54
53121 Bonn

Sachverständiger: Dr. Joachim Kemske

Dieser Bericht darf nur vollständig inklusiver aller Abbildungen weitergegeben werden. Eine auszugsweise Weitergabe oder Nutzung einzelner Textpassagen oder Abbildungen bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung des Verfassers.

Inhaltsverzeichnis	Seite
1. Einleitung	2
2. Geologie	5
3. Radonexposition im Saarland	7
3.1. Spezifische Radionuklidaktivitäten der Gesteine und Böden	7
3.2. Radonaktivitätskonzentration in der Bodenluft	10
3.2.1. Geogenes Radonpotenzial	10
3.2.2. Radonkonzentrationen über Wegsamkeiten im Untergrund	17
3.2.3. Radon und Methan	19
3.3. Radon in Gebäuden	20
3.4. Zusammenfassung Radonbelastung im Saarland	21
4. Zusammenfassende Darstellung der Inhalte und Aussagen von Gutachten zur Radonproblematik in Zusammenhang mit dem Bergbau im Saarland aus den Jahren 1998 bis 2010	23
4.1. Inhalte der Gutachten	23
4.2. Konzeption, Durchführung und Auswertung der Messungen	26
4.3. Zusammenfassung Gutachten (1): Boden- und Raumluftmessungen in Fürstenhausen	27
4.4. Zusammenfassung Gutachten (2) bis (4): Raumluftmessungen in Fürstenhausen	34
4.5. Zusammenfassung Gutachten (5) bis (9): Boden- und Raumluftmessungen in Nalbach	42
4.6. Zusammenfassung Gutachten (10): Raumluftmessungen in Reisbach	48
4.7. Zusammenfassung Artikel Keller (11): Raumluftmessungen in Schiffweiler	50
4.8. Zusammenfassende Bewertung der Boden- und Raumluftmessungen in Fürstenhausen, Nalbach, Reisbach und Schiffweiler	50
5. Möglichkeit der Radonfreisetzung im oberflächennahen Bereich als Folge des untertägigen Anstieges des Grubenwassers und Bewertung der Situation	53
6. Schlussbemerkungen	55

1. Einleitung

Nach Einstellung der Kohleförderung im Saarland im Jahr 2012 plant die RAG Aktiengesellschaft, das Grubenwasser ansteigen zu lassen, um die Förderteufe des Grubenwassers zu verringern. Dies soll schrittweise über einen Zeitraum von voraussichtlich mehreren Jahren geschehen. Durch den Grubenwasseranstieg auf –320 m NN soll aus der bisherigen Wasserprovinz Reden zusammen mit der Provinz Duhamel die neue Grubenwasserprovinz Duhamel/Reden gebildet werden.

In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage, inwieweit dieser Grubenwasseranstieg Auswirkungen auf die oberflächennahe Situation bezüglich möglicher Methanausgasungen hat.

Da bekanntermaßen erhöhte CH₄-Gehalte mit ebenfalls erhöhten Radonkonzentrationen einhergehen können, soll im Vorfeld auch diese Fragestellung beleuchtet werden.

Die räumliche Ausdehnung des Betrachtungsraumes ist in Abbildung 1 dargestellt. Er reicht von Lebach im Norden bis Neunkirchen im Osten, im Süden bis nach Völklingen und im Westen bis Saarlouis und Dillingen. Schematisch eingezeichnet sind die Regionen der im Kapitel 4 beschriebenen Radonuntersuchungen.

Dieser Betrachtungsraum wurde mit allen Fachgutachtern abgestimmt.

Eine Grundlage der weiteren Betrachtungen sind die Untersuchungen der DMT GmbH & Co. KG im Gutachten: Begutachtung und sicherheitstechnische Bewertung des Grubenwasseranstiegs in den Wasserprovinzen Reden und Duhamel bis zu einem Niveau von -320 m NN im Hinblick auf Fragen der Ausgasung, PFG-Nr. 351 001 16.

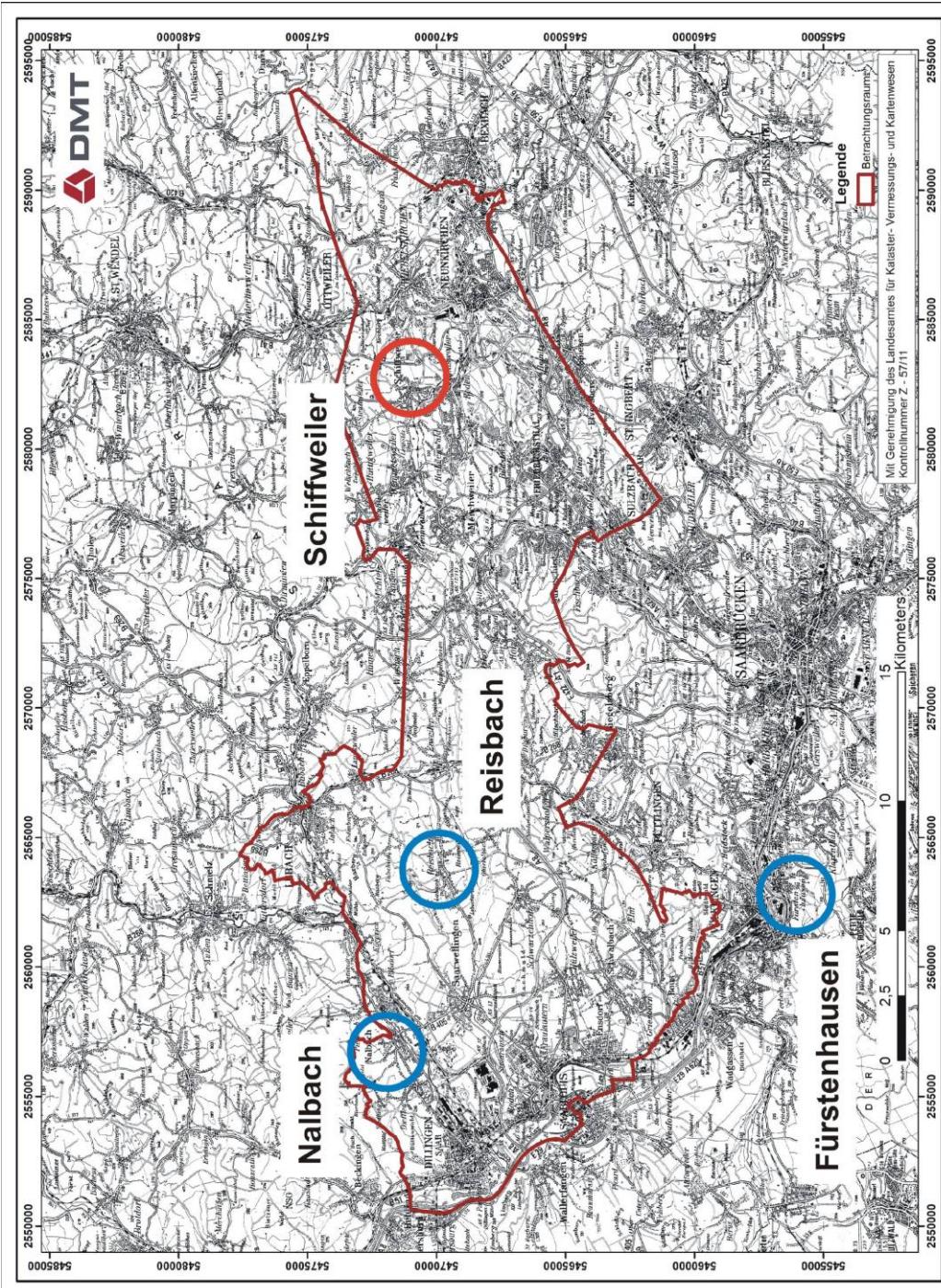


Abb. 1: Betrachtungsraum mit Arealen, in denen Untersuchungen zur Radonbelastung durchgeführt wurden (s. Kap. 4; blau: Kemski, Klingel & Veerhoff bzw. Kemski & Partner, orange: Prof. Keller; Karte von DMT zur Verfügung gestellt)

Bei dieser Stellungnahme handelt es sich um eine zusammenfassende Beschreibung der bislang in verschiedenen Teilen des Saarlandes bearbeiteten Fragen zur Radonthematik (Fragestellung, Vorgehensweise, Ergebnisse). Es wurden **keine neuen zusätzlichen Messungen** durchgeführt! Auf eine Darstellung der wissenschaftlichen Grundlagen zu Radon in der Boden- und Raumluft wird verzichtet. Entsprechende Informationen hierzu sind u.a. Kapitel 3 in Gutachten (1) und den Kapiteln 2 bis 6 in Gutachten (9) zu entnehmen.

Kapitel 2 beinhaltet eine Kurzbeschreibung der Geologie im Saarland.

In Kapitel 3 der Stellungnahme werden in allgemeiner Form zunächst folgende Themenkomplexe beschrieben und dabei ggf. vorliegende Daten für das Saarland präsentiert:

- Radionuklidaktivitäten der Gesteine und Böden,
- flächiges geogenes Radonpotenzial
- lokale Bodenluftanomalien über Bereichen verbesserter Wegsamkeiten im Untergrund,
- Radonkonzentrationen an natürlichen Methangasaustritten,
- Radonmessungen in der Raumluft von Gebäuden.

Kapitel 4 beinhaltet eine zusammenfassende Darstellung der Gutachten für das Oberbergamt und die RAG Aktiengesellschaft zur Radonproblematik in Zusammenhang mit dem Bergbau im Saarland aus den Jahren 1998 bis 2010 mit einer Bewertung der Gesamtsituation.

In Kapitel 5 werden schließlich Überlegungen zu einer möglichen Radonfreisetzung im oberflächennahen Bereich als Folge des geplanten untertägigen Anstieges des Grubenwasserspiegels und ggf. zu ergreifenden Maßnahmen diskutiert.

Anmerkung:

Zur Verdeutlichung der Sachverhalte sind exemplarisch einige Abbildungen aus den verwendeten Gutachten in diese Stellungnahme übernommen. Die Abbildungsunterschrift enthält jeweils den Verweis auf die Originalabbildung. Kartographische Darstellungen von Raumluftmessungen in Gebäuden wurden aus Datenschutzgründen grundsätzlich ohne detaillierten topographischen Bezug erstellt.

2. Geologie

Das geologische Bild des Saarlandes wird im Wesentlichen durch die paläozoischen (Devon, Karbon und Rotliegend) und mesozoischen Schichtenfolgen (Trias) beherrscht (Abb. 2). Die heutige Morphologie wird durch die landschaftsprägenden Geschehnisse des Quartär bestimmt.

Charakteristisch sind die mehrere 1 000 m mächtigen permo-karbonen Sedimentserien, die als Abtragungsschutt der umliegenden Hochgebiete in einer ausgedehnten Beckenstruktur des variszischen Gebirges abgelagert wurden. Zyklisch aus konglomerat-führenden Sandsteinen, Silt- und Tonsteinen sowie Kohlelagen zusammengesetzte Sedimentfolgen des Oberkarbon (Alter: ca. 320 bis 300 Mio. Jahre) enthalten zahlreiche bauwürdige Steinkohleflöze. Sie konzentrieren sich auf die Gesteine des Westfal und Stefan, die geographisch den zentralen Teil des Saarlandes einnehmen.

Im Unterrotliegenden kam es zu weitflächigen Überflutungen mit dem Absatz fluvialer, deltaischer und lakustriner Sand-, Silt- und Tonsteine. An der Wende Unter-/Oberrotliegend wurden mächtige Lavadecken basaltischer und andesitischer Zusammensetzung sowie rhyolithische Tuffe (z.B.: Nohfeldener Rhyolith) gefördert, die sich mit konglomeratischen Rotsedimenten verzahnen. Diese Gesteine schließen sich nördlich an das Saar-Karbon an.

Im Oberrotliegenden engten tektonische Bewegungen das Becken in zunehmendem Maße ein, es erfolgte die Auffaltung des NE-SW-streichenden und asymmetrisch aufgebauten Saarbrücker Hauptsattels, der den Beckenbereich in die Prims- und Saargemünd-Zweibrücker Mulde teilt. Parallel zum Schichtstreichen verlaufende sowie querschlägig und diagonal dazu angeordnete, NW-SE- und N-S-streichende Störungen, die meist auch in das überlagernde Deckgebirge hineinreichen, zerlegen den gefalteten Schichtstapel in ein Schollenmosaik.

Im Süden (Bliesgau) und Westen (Warndt) des Karbon findet man flachlagernde und z.T. mehrere 100 m mächtige Abfolgen sandiger, kalkig-dolomitischer und mergeliger Gesteinsserien des Buntsandstein und Muschelkalk, die die paläozoischen Gesteine überlagern.

In weiten Teilen des Landes bedecken quartäre Sedimente wie Terrassenkiese, Lössflächen und pleistozäne Fließerden die älteren Gesteine.

Der Betrachtungsraum umfasst einen großen Teil des Ausbisses des Saarkarbons sowie im westlichen Teil die bis an die Saar reichenden Buntsandstein-Ablagerungen und ihre jungen Überdeckungen (s. Abb. 2).

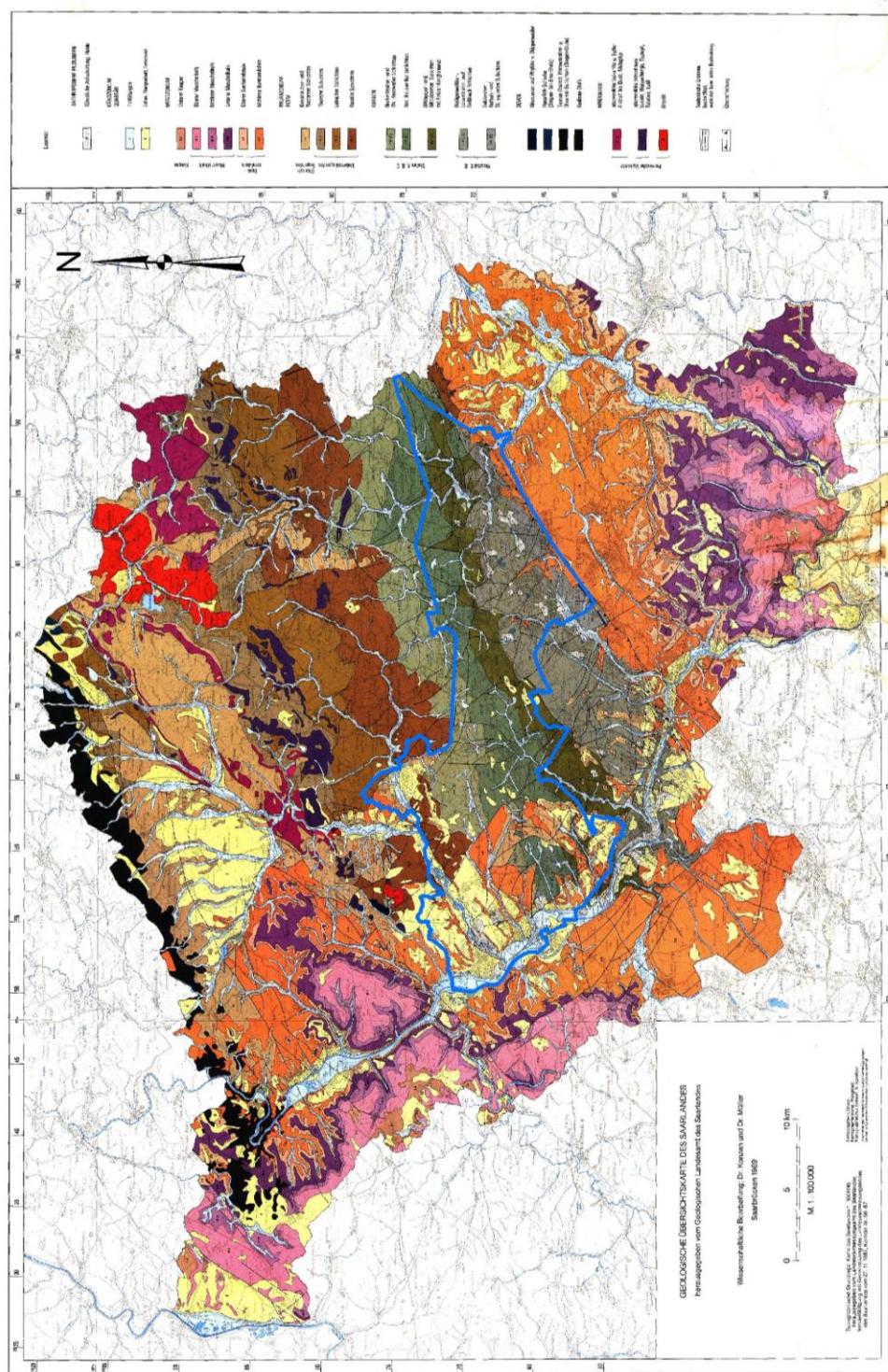


Abb. 2: Geologische Karte des Saarlandes mit Betrachtungsraum (blaue Umrandung; Karte von RAG zur Verfügung gestellt)

3. Radonexposition im Saarland

Für die Bewertung und Einordnung der lokalen Radonbelastung in der Boden- und Raumluft in den untersuchten Arealen ist die Kenntnis der regionalen Verhältnisse und der natürlichen Variation der Radonexposition im Saarland notwendig.

3.1. Spezifische Radionuklidaktivitäten der Gesteine und Böden

Alle Gesteine und Böden enthalten in unterschiedlichen Konzentrationen und Bindungsformen die Mutternuklide des Radon, Ra-226 und U-238. Radium, als Zwischenglied der natürlichen U-238-Zerfallsreihe, stellt hierbei die unmittelbare Radonquelle im Untergrund dar.

Bei Angaben der Radionuklidgehalte handelt es sich oftmals um die Urankonzentration in ppm. Unter Annahme des radioaktiven Gleichgewichtes innerhalb der Zerfallsreihe kann dies in eine spezifische Radiumaktivität umgerechnet werden. Es gilt: 1 ppm Uran = 12,4 Bq/kg Radium. Die durchschnittliche Urankonzentration in der Erdkruste beträgt ca. 3 ppm; dies entspricht einer Radiumaktivität von ca. 40 Bq/kg.

Bei Fragen zum geogenen Radonpotenzial oder zum Radoneintritt in Gebäude sind primär die Aktivitäten der oberflächennah anstehenden Gesteine bzw. der Böden von Interesse. Die Gesteine des tieferen Untergrundes spielen eine Rolle, wenn die Möglichkeit einer Radonmigration aus größerer Tiefe diskutiert wird. Die Radionuklidaktivitäten können als Basisinformation verwendet werden. Unter Hinzuziehung bodenphysikalischer Parameter (z.B.: Dichte, Porosität, Emanationskoeffizient) kann eine Abschätzung der zu erwartenden Radonkonzentration in der Bodenluft erfolgen („Untergrundbelastung“ bzw. diffusive Komponente).

Im Saarland wurden im Rahmen verschiedener Forschungsvorhaben des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) zahlreiche Festgesteine und Böden hinsichtlich ihrer Radionuklidaktivitäten untersucht. Die Verteilungen sind in Abbildung 3 einander gegenübergestellt.

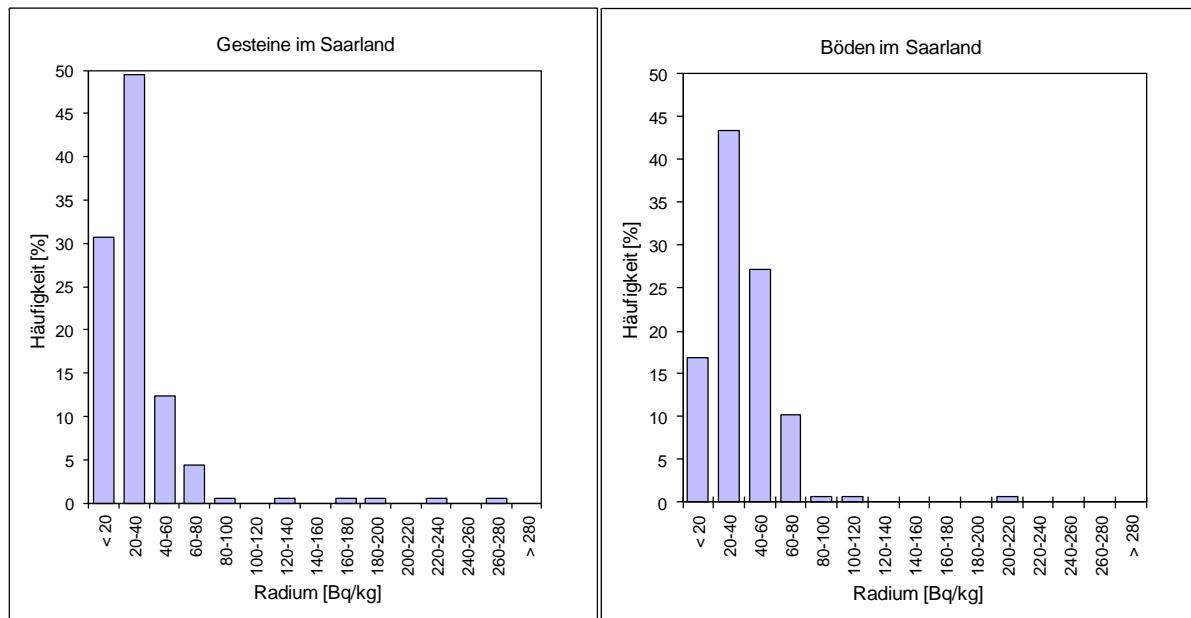


Abb. 3: Häufigkeitsverteilungen der spezifischen Radiumaktivitäten in Gesteinen (Probenzahl n = 256) und in Böden (n = 136) im Saarland (Abbildungen entsprechen Anlagen 8 und 11 in Gutachten (1))

Der Median der Gesteine lag bei 28 Bq/kg, derjenige der Böden bei 37 Bq/kg. Beide Verteilungen ähneln damit Deutschland-weiten Daten (Median Gesteine: 34 Bq/kg, Median Böden: 38 Bq/kg). Die Radionuklidgehalte in Böden sind zumeist gut mit denen im unverwitterten Ausgangsgestein korreliert.

Kohlegesteine, Kalksteine, Mergel und Sandsteine zeigten mit ca. 10 bis 30 Bq/kg niedrigere Medianwerte als feinkörnige Sedimente, Magmatite und Konglomerate mit Werten von ca. 40 bis 50 Bq/kg. Stark erhöhte Radiumaktivitäten mit lokal bis zu 400 Bq/kg wurden nur vereinzelt beobachtet (z.B.: Nohfeldener Rhyolith). Diese petrographisch bedingten Unterschiede spiegeln sich auch in einer stratigraphischen Unterteilung wider (Abb. 4).

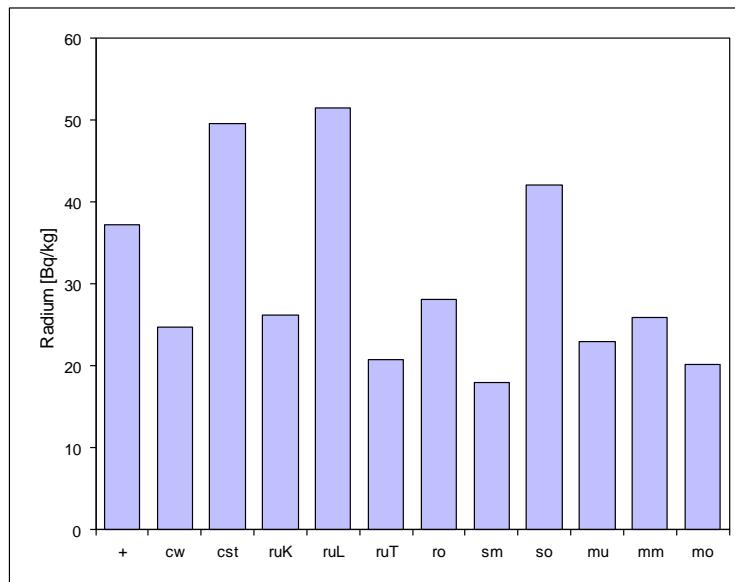


Abb. 4: Medianwerte der spezifischen Radiumaktivitäten von Gesteinen ausgesuchter stratigraphischer Einheiten im Saarland (+: Magmatite, cw: Westfal, cst: Stefan, ruK: Unterrotliegend, Kuseler Schichten, ruL: Unterrotliegend, Lebacher Schichten, uT: Unterrotliegend, Tholeyer Schichten , ro: Oberrotliegend, sm: Mittlerer Buntsandstein, so: Oberer Buntsandstein, mu: Unterer Muschelkalk, mm: Mittlerer Muschelkalk, mo: Oberer Muschelkalk; Abbildung entspricht Anlage 10 in Gutachten (1))

Die Gesteine des Stefan, der Lebacher Schichten (Tonsteine, Unterrotliegend) und des Oberen Buntsandstein (Siltsteine), die stellenweise Urananreicherungen aufweisen, sind durch höhere Medianwerte als die übrigen Schichtglieder gekennzeichnet. Die Gesteine des Westfal weisen niedrige spezifische Radiumaktivitäten auf (Median: 24 Bq/kg, Spannweite: < 5 bis 60 Bq/kg). Entsprechendes ergaben auch Untersuchungen der Uranprospektion im Saarland aus den 1950er bis 1980er Jahren. Anomalien wurden in den Dilsburger und in den Breitenbacher Schichten des Stefan gefunden. Im gesamten übrigen flözführenden Karbon wurde nur eine einzige lokale Anomalie in den Sulzbacher Schichten (ca. 300 Bq/kg) bekannt.

3.2. Radonaktivitätskonzentration in der Bodenluft

3.2.1. Geogenes Radonpotenzial

In Gesteinen und Böden erfolgt eine ständige Radonneubildung durch den Alpha-Zerfall seines unmittelbaren Mutternuklids Radium. Es existiert aber kein direkter und allgemeingültiger Zusammenhang zwischen den beiden Größen, weil zahlreiche andere Faktoren Einfluss auf die Radonfreisetzung aus dem Festkörper in den Porenraum (Emanation) haben; hier sind insbesondere Feuchte und Korngröße zu nennen. Generell zeichnet sich ein Trend hoher Radonkonzentrationen bei hohen spezifischen Radiumaktivitäten sowie eine Obergrenze möglicher Radongehalte in der Bodenluft ab. Speziell im Bereich mittlerer bis niedriger Radiumgehalte, die in Gesteinen und Böden besonders häufig auftreten, lassen sich dagegen keine Vorhersagen der Höhe der Radonaktivitätskonzentration in der Bodenluft treffen. Für die meisten geologischen Substrate mit spezifischen Radiumaktivitäten zwischen 10 und 40 Bq/kg ist keine Abhängigkeit zwischen Radium und Radon zu erkennen (Abb. 5).

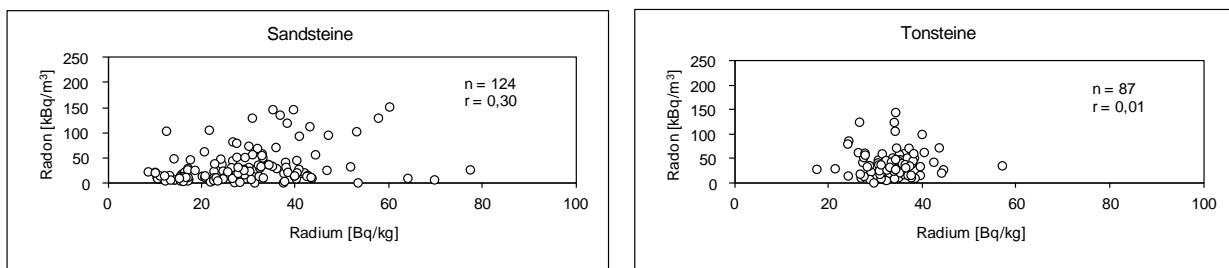


Abb. 5: Beziehung zwischen Radiumaktivitäten der Gesteine und Radonaktivitätskonzentrationen in der Bodenluft über ausgesuchten Gesteinsarten (Abbildung entspricht Teilen von Anlage 3 in Gutachten (1))

Die Radonaktivitätskonzentrationen in der Bodenluft zeigen generell eine deutliche Abhängigkeit vom geologischen Untergrund und können daher lateral oder flächig erheblich variieren. Laterale Unterschiede haben ihre Ursache u.a. in bodenphysikalischen und/oder geochemischen Eigenschaften. Saure Magmatite (z.B.: Granite) sind in der Regel gute Radonlieferanten; Konzentrationen von lokal mehreren 100.000 Bq/m³ sind möglich. Klastische Sedimentgesteine weisen oftmals durchschnittliche Werte auf, d.h. Gehalte im Bereich mehrerer 10.000 Bq/m³. Regionale Unterschiede zwischen gleichartigen Gesteinen (z.B.: Sandsteine) spiegeln den Wechsel in der Faziesausbildung und von Liefergebieten und damit den Ausgangsgesteinen wider. In Ausnahmefällen können auch Sedimentgesteine (z.B.: Alaun/Schwarzschiefer) sehr hohe und den Graniten durchaus vergleichbare Konzentrationen aufweisen, wenn nämlich die Bedingungen während der Gesteinsentstehung einen verstärkten Uraneinbau begünstigt haben (z.B.: reduzierendes Milieu). Eine Sonderrolle können Kalksteine einnehmen, wenn es während der Verwitterung zu einer

selektiven Anreicherung der Radionuklide in den feinkörnigen Verwitterungsrückständen gegenüber dem Ausgangsgestein gekommen ist und damit eine erhöhte Radonfreisetzung möglich ist. Zudem treten in diesen Gesteinen nicht selten Verkarstungerscheinungen auf. Die dabei entstandenen lokal stark erhöhten Permeabilitäten ermöglichen einen Radon-transport über größere Entfernung im Untergrund.

Radonaktivitätskonzentrationen in der Bodenluft weisen in der Regel eine lognormale Verteilung auf. In Histogrammdarstellungen zeigt sich eine rechtsschiefe Verteilung, d.h. ein steiler Anstieg der Klassenbelegung bei niedrigen Werten mit einem langen, flach abfallenden Schwanz, d.h. geringer Klassenbelegung, zu höheren Konzentrationen. Dies trifft beispielsweise auf die bundesdeutsche Verteilung der Radonbodenluftwerte zu (Abb. 6). Der Median (50 % der Werte liegen über diesem Wert, 50 % darunter) der Radonkonzentration in Böden in Deutschland liegt bei ca. 35.000 Bq/m³.

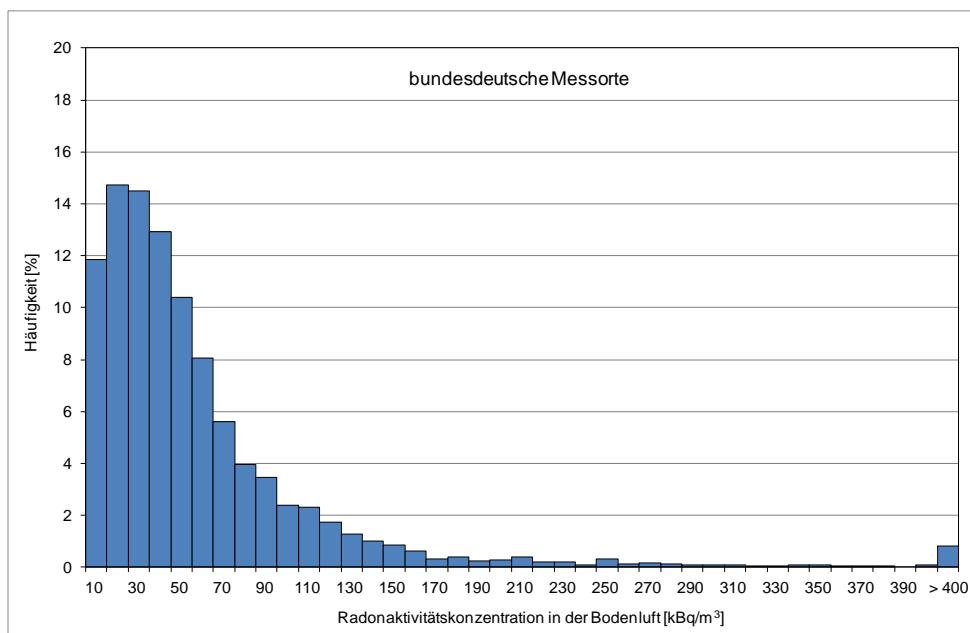


Abb. 6: Häufigkeitsverteilung der Radonaktivitätskonzentration in der Bodenluft in Deutschland (4.240 Messorte)

Die o.g. Messwerte bildeten die Basis für die Erstellung einer kleinmaßstäblichen Deutschland-Karte der Radonaktivitätskonzentration in der Bodenluft in 1 m Tiefe (Abb. 7). Die Ergebnisse einer flächenhaften Interpolation wurden in einem 3 x 3 km-Raster dargestellt. Dabei wurden geologische Grenzen als „Trennflächen“ zwischen Gebieten mit unterschiedlichen Radonkonzentrationen in der Bodenluft berücksichtigt, wodurch sich die Karte bestmöglich den wahren Gegebenheiten in der Natur annähert.

Die Deutschland-Karte ist als Übersichtskarte und Planungsgrundlage für die generelle Einschätzung der geogenen Radonbelastung konzipiert und stellt ein Instrument für Entscheidungsträger in der Verwaltung dar. Sie erlaubt keine Aussagen über die tatsächliche kleinräumige Radonbelastung, beispielsweise für eine Gemeinde oder gar ein einzelnes Haus! Für detaillierte Aussagen sind stets lokale Untersuchungen auf der Basis eines geeigneten Kartenmaßstabes unter Berücksichtigung der jeweiligen geologisch-bodenkundlichen Gegebenheiten notwendig.

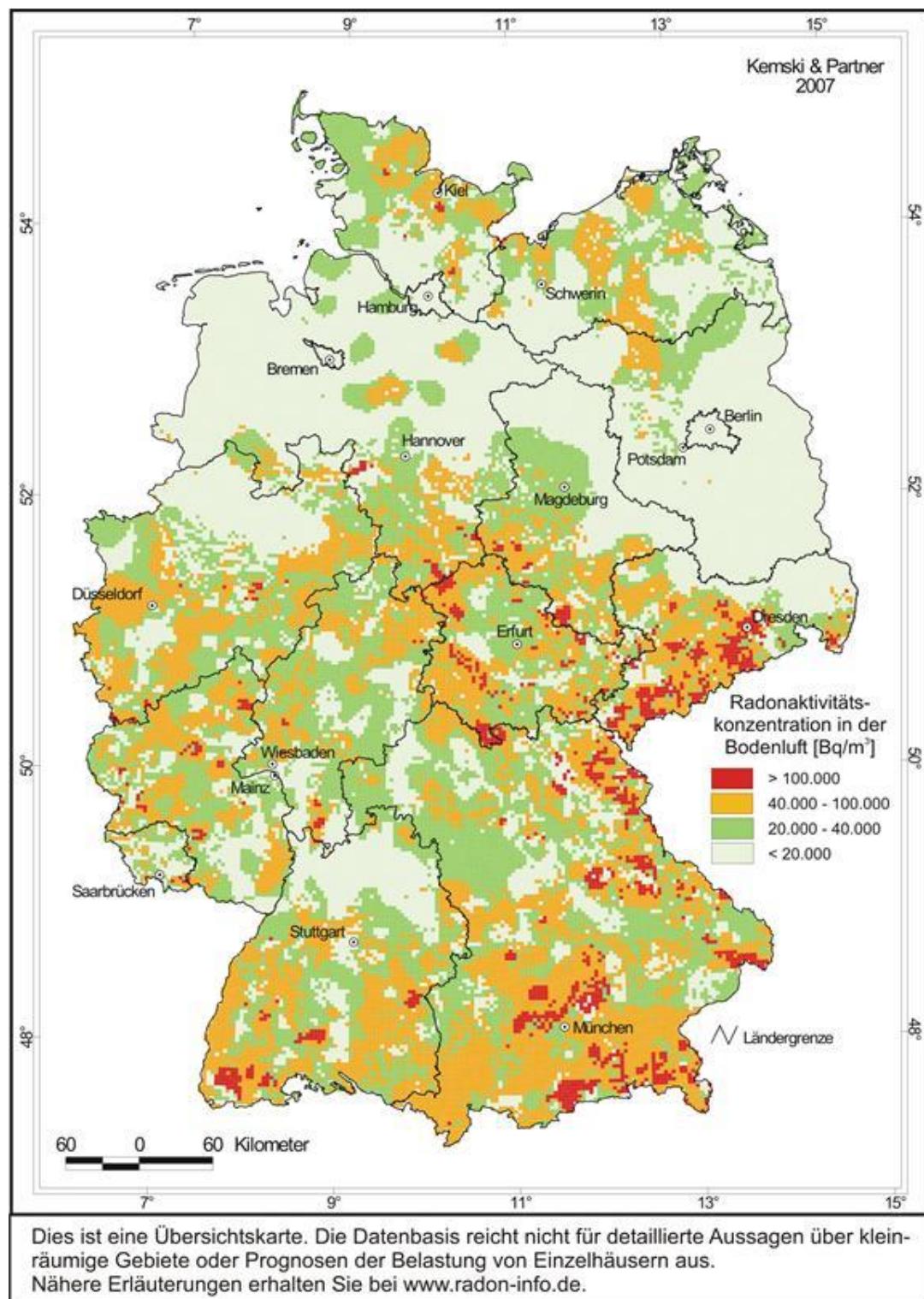


Abb. 7: Deutschland-Karte der Radonaktivitätskonzentration in der Bodenluft in 1 m Tiefe

Die Bodenluftmessungen in Deutschland zeigen eine weite Streuung der Radonaktivitätskonzentrationen in der Bodenluft in Abhängigkeit vom geogenen Untergrund. Die unterlagernde Geologie paust sich in der Karte stellenweise durch, beispielsweise dokumentiert durch die hohen Werte über Granitarealen (Fichtelgebirge, Oberpfalz, Sachsen, südlicher Schwarzwald). Aber auch über hochpermeablen Lockersedimenten in Süddeutschland oder über dunklen bitumenreichen Tonschiefern im Sauerland oder in Thüringen lassen sich überdurchschnittlich hohe Bodenluftkonzentrationen beobachten. Pauschale Aussagen über bestimmte Gesteinsarten sind nicht in allen Fällen möglich, weil gleichartige Gesteine geochemisch durchaus sehr unterschiedlich sein und stark variierende Radionuklidkonzentrationen aufweisen können.

Bodenluftmessungen über der Mehrzahl der wichtigsten Gesteinseinheiten im Saarland ergeben, dass der Median der meisten Schichtglieder Radonaktivitätskonzentrationen unter 30.000 Bq/m³ liegt (Abb. 8).

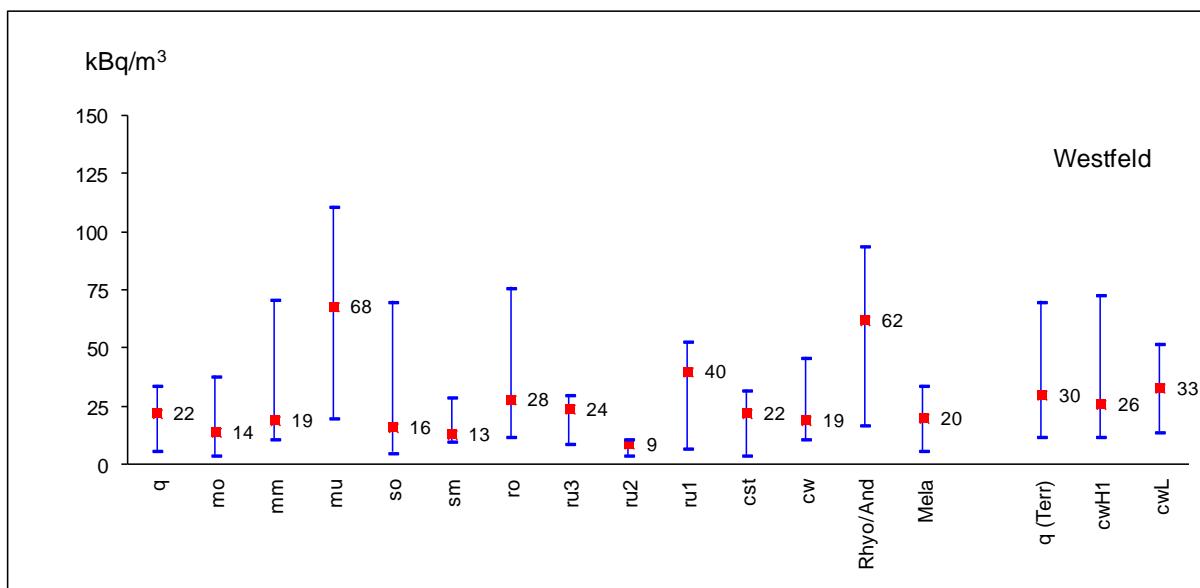


Abb. 8: Radonaktivitätskonzentrationen in der Bodenluft über den Hauptgesteinseinheiten des Saarlandes (Median, 10- und 90-Perzentile; q: Quartär, mo: oberer Muschelkalk, mm: mittlerer Muschelkalk, mu: unterer Muschelkalk, so: oberer Buntsandstein, sm: mittlerer Buntsandstein, ro: Oberrotliegend, ru3: Unterrotliegend 3, ru2: Unterrotliegend 2, ru1: Unterrotliegend, cst: Stefan, cw: Westfal, Rhyo/And: Rhyolith/Andesit, Mela: Melaphyr Westfeld: q (Terr): quartäre Terrassenablagerungen, cwH1: Westfal (Heiligenwalder Schichten), cwL: Westfal (Luisenthaler Schichten); Abbildung entspricht Anlage 19 in Gutachten (1))

Höhere Mediane weisen lediglich die permischen Effusiva des Nohfeldener Rhyoliths im nördlichen Saarland mit 62.000 Bq/m³ und die im südlichen Landesteil flächenhaft auftretenden Kalksteine des unteren Muschelkalk mit 68.000 Bq/m³ auf. Hier wurden Maxima von 170.000 Bq/m³ beobachtet. Leicht erhöht (Median: 40.000 Bq/m³) sind die Werte über den Kuseler Schichten des Unterrotliegend (ru 1, Konglomerate und Sandsteine mit vereinzelter Kohleführung). Die übrigen Schichtglieder zeigen keine auffälligen Radonkonzentrationen. Die Gesteine des Westfal und Stefan (Oberkarbon) sind durch Medianwerte um ca. 20.000 Bq/m³ gekennzeichnet. Die regionale Verteilung der Radonmesswerte im Saarland ist in Abbildung 9 dargestellt.

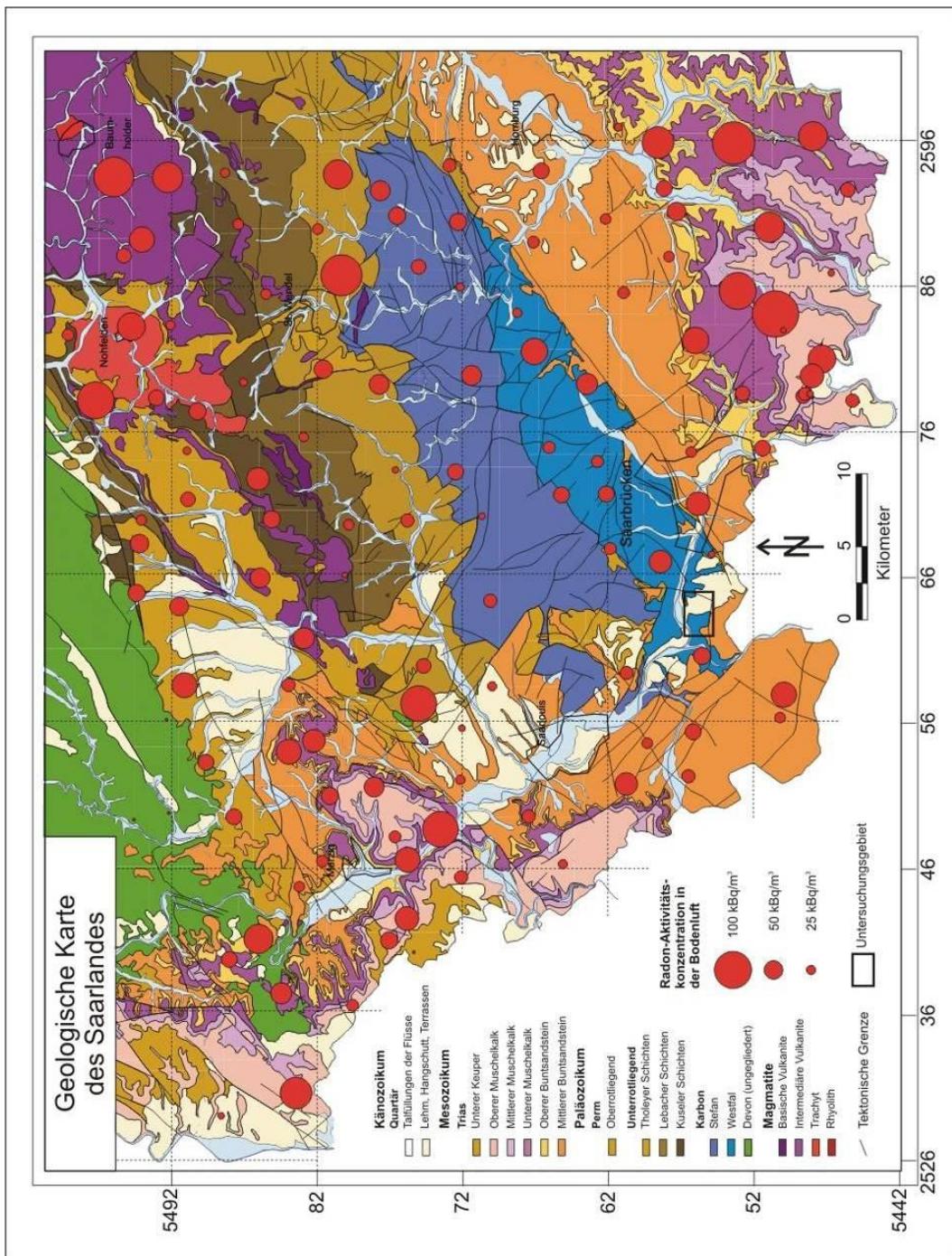


Abb. 9: Regionale Verteilung der Radonaktivitätskonzentration in der Bodenluft im Saarland ($1 \text{ kBq}/\text{m}^3 = 1.000 \text{ Bq}/\text{m}^3$; Abbildung entspricht Anlage 20 in Gutachten (1))

Den entsprechenden Ausschnitt des Saarlands aus der Deutschland-Karte zeigt Abbildung 10. Da in die Interpolation der Karte auch die o.g. beschriebenen Messwerte eingegangen sind, ergeben sich keine grundlegend anderen Aussagen.

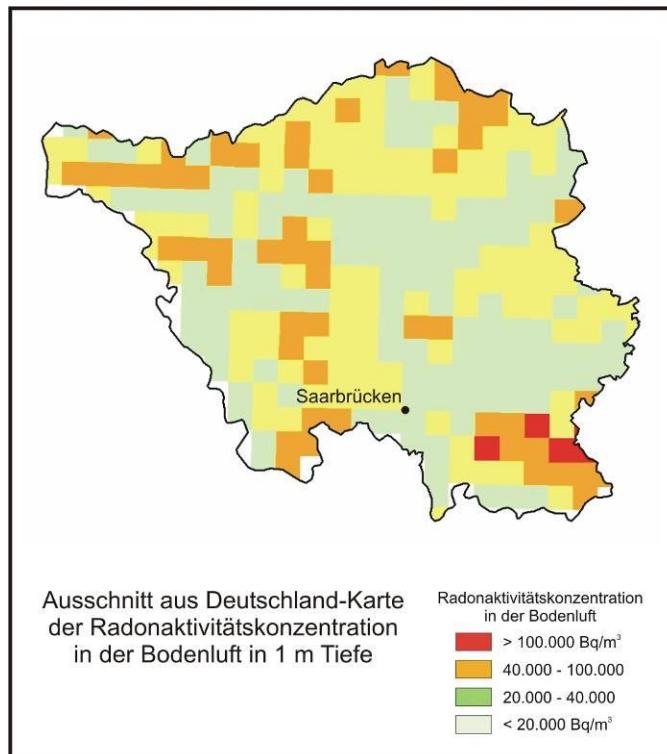


Abb. 10: Ausschnitt des Saarlands aus der Deutschland-Karte der Radonaktivitätskonzentration in der Bodenluft (vgl. Abb. 7; ohne Maßstab)

Entsprechende kleinräumige Untersuchungen wurden in Fürstenhausen über Gesteinen des Oberkarbon und in Nalbach über Gesteinen des Unterrotliegend durchgeführt. Die Ortschaften liegen am südwestlichen bzw. nördlichen Rand des Betrachtungsraumes. Die Ergebnisse sind in den Kapiteln 4.3. und 4.5. beschrieben.

3.2.2. Radonkonzentrationen über Wegsamkeiten im Untergrund

Bergaugebiete sind Regionen, in denen flächenhaft mit erhöhten Wegsamkeiten im Untergrund zu rechnen ist. Als Folge des Bergbaus kommt es zu einer Störung des im Gleichgewicht befindlichen Spannungszustandes des Gebirges mit einer Schließung der untertägigen Hohlräume. Dieser Ausgleichsprozess dauert so lange an, bis wieder ein neuer Gleichgewichtszustand innerhalb des Gebirges erreicht worden ist. Bei dem im deutschen Stein-

kohlebergbau üblichen Strebbaudies in der Regel rasch nach dem Abbau. Das Hangende wird innerhalb weniger Tage großflächig freigelegt und bricht aufgrund der fehlenden Unterstützung wenige Meter hinter der Abbaufront in den Abbauhohlraum. Das Haupt-hangende, d.h. die über dem unmittelbaren Hangenden anstehenden Gebirgsschichten, folgt den Bewegungen der hangenden Schichten in zeitlich größeren Abständen. Die Bodenbewe-gungen an der Erdoberfläche stellen einen kinematischen Vorgang dar. Sie beginnen nach der Aufnahme der Gewinnung zu dem Zeitpunkt, an dem eine senkungsfähige Fläche freige-lebt ist. Die höchsten Senkungsgeschwindigkeiten werden ca. ein bis zwei Monate nach der Unterbauung des jeweiligen Bereiches an der Erdoberfläche registriert. An der Erdoberfläche entsteht ein Senkungstrog. Seine Grenze beschreibt den Bereich innerhalb des Gebirges bis zur Erdoberfläche, auf den die Abbautätigkeit einwirkt. Die maximale Senkung sowie die Form des Senkungstroges sind von Abbaugröße, -teufe und -mächtigkeit abhängig; zusätz-lich ist von Bedeutung, ob der untertägige Hohlraum mit Versatz verfüllt wird. Unterschiedlich starke Senkungen verursachen Schieflagen und diese wiederum Krümmungen, die oberflä-chennah wesentlich größere Schäden an Gebäuden, Leitungssystemen u.ä. verursachen als die reinen Senkungen. Eine radial zum Abbau liegende Linie im Abbauvorfeld, d.h. außerhalb der an der Erdoberfläche projizierten Abbaufäche, wird gezerrt, wohingegen eine tangential laufende Linie eine Pressung erfährt. Auf der radialen Linie ändert sich die Zerrung auch nach Beendigung des Abbaus nicht, die geschaffenen Wegsamkeiten bleiben geöffnet (ste-hende Zerrungszone). Bei einer solchen Zerrungszone handelt es sich nicht um ein schma-les lineares Flächenelement, sondern um eine Flächenschar in einem breiten Bereich erhö-hter Wegsamkeit mit einer lateralen Ausdehnung von einigen 10er Metern.

Entsprechende Untersuchungen wurden in Fürstenhausen über Gesteinen des Oberkarbon durchgeführt. Die Ortschaft liegt am südwestlichen Rand des Betrachtungsraumes. Die Ergebnisse sind in Kapitel 4.3. beschrieben.

Im Zuge des untertägigen Grubenwasseranstieges werden oberflächennahe Bodenhebu-nge in der Größenordnung von wenigen Zentimetern erwartet. Die Hebungen können unter-schiedlich sein (s. Gutachten Ingenieurbüro Heitfeld-Schetelig GmbH: Gutachten zu den Bodenbewegungen im Rahmen des stufenweisen Grubenwasseranstiegs in den Wasserpro-vinzen Reden und Duhamel des Bergwerks Saar – Bewertung des Einwirkungspotenzials und Monitoringkonzept – Anstiegsphase 1 bis -320 mNHN).

Bodenbewegungen i.w.S. können durch unterschiedliche Mechanismen (z.B.: Schaffung ver-besserter Wegsamkeiten, Vergrößerung der inneren Oberfläche) zu einem Anstieg der Radonkonzentrationen in der oberflächennahen Bodenluft führen. Zudem kann es an Gebäu-den zu Schäden und damit zur Schaffung potenzieller Eintrittspfade für die radonhaltige Bodenluft führen.

Eine derartige Ursache-Wirkungskette ist auch im Falle des oben beschriebenen Grubenwasseranstieges denkbar. Eine seriöse Quantifizierung eines potenziellen Anstiegs der Radonkonzentration in der Boden- und Raumluft ist jedoch nicht möglich. Die erwarteten Absolutbeträge sind wesentlich niedriger als die während der Abbautätigkeit beobachteten Beiträge. Eine deutliche Erhöhung der Radonwerte ist bei diesem Szenario daher nicht sehr wahrscheinlich.

Gleichzeitig kann es in der unmittelbaren Folge eines Anstieges des Grubenwassers über Änderungen des Spannungszustandes im Gebirge zu Erschütterungen im Untergrund kommen. Da die daraus resultierenden Gefügeänderungen an das Vorhandensein geogen angelegter Trennflächen gebunden sind, sind die Auswirkungen dieser Ereignisse räumlich begrenzt. Hierdurch kann derselbe Mechanismus wie in der Folge von Hebungen in Gang gesetzt werden. Auch für diesen Fall ist eine seriöse Quantifizierung eines Konzentrationsanstieges nicht möglich. Zeitaufgelöste Radonmessungen in der Raumluft in Gebäuden in Nalbach ließen keine Korrelation zu abbaubedingten Erschütterungen erkennen (s. Kap. 4.5.). Nach Ende des Grubenwasseranstieges sind keine diesbezüglichen Erschütterungen mehr zu erwarten.

3.2.3. Radon und Methan

Ein weiteres Phänomen, das in Bergaugebieten auftreten und zu einer Erhöhung der oberflächennahen Bodenluftkonzentrationen führen kann, sind Methanausgasungen.

Bei der Entstehung von Steinkohle kommt es während des Inkohlungsprozesses u.a. zur Bildung von Methan, das im Gestein gespeichert wird und bei der Entstehung von Hohlräumen im Gebirge freigesetzt werden kann. Von dort ist eine Migration entlang der Wegsamkeiten aus dem tieferen Untergrund in das Deckgebirge oder - beim Fehlen abdichtender Bodenhorizonte - an die Erdoberfläche möglich. Hier kann es flächenhaft, lokal punktförmig oder auch entlang linear angeordneter Austrittsstellen zutage treten. Die Stärke der Oberflächenausgasung kann zeitlich variieren, wobei Bodendurchfeuchtung und Luftdruckschwankungen eine entscheidende Rolle spielen. Erfahrungsgemäß ist die Methanausgasung zeitlich nicht konstant und nimmt mit der Zeit nach und nach ab. Es ist denkbar, dass Radon advektiv mit Methan als Trägergas transportiert wird und somit die Entstehung einer oberflächennahen Bodenluftanomalie möglich ist.

Entsprechende Untersuchungen wurden in Fürstenhausen über Gesteinen des Oberkarbon durchgeführt. Die Ortschaft liegt am südwestlichen Rand des Betrachtungsraumes. Die Ergebnisse sind in Kapitel 4.3. beschrieben.

Hinweis:

Methangehalte sind Indikatoren für den Zustrom von Gasgemischen aus dem Gebirge bzw. aus den bergmännisch geschaffenen Hohlräumen (Grubengebäude). In der Regel treten neben CH₄ auch CO₂, N₂ und O₂ auf, O₂ (Sauerstoff) allerdings in sehr geringer Größenordnung. Die Gasgemischaustrittsstellen lassen sich durch das im saarländischen Steinkohlengebirge in der Regel vorhandene Methan (CH₄) recht einfach detektieren. Die gute Korrelation zwischen CH₄ und Radon besagt somit, dass mit der Größe des Gasgemischzustroms auch die Radonkonzentration zunehmen kann.

3.3. Radon in Gebäuden

Bei einer Bewertung muss zwischen einem bergbaubedingten Einfluss auf die Höhe der Radonkonzentration und einer von der absoluten Höhe dieser Werte abhängigen gesundheitlichen Gefährdung der Bewohner unterschieden werden.

Für die Strahlenexposition des Menschen durch die Inhalation von Radon und seinen Folgeprodukten in der Raumluft von Gebäuden ist der langzeitige Mittelwert im Wohn- und Aufenthaltsbereich des Hauses (z.B.: Wohn-, Schlafzimmer) entscheidend. Bewertungsgrundlage waren die nach dem jeweils aktuellen wissenschaftlichen Kenntnisstand gültigen Regelwerke (SSK-Empfehlungen (1994): Normalbereich unter 250 Bq/m³; EU-Richtlinie 90/143/Euratom (1990): Referenzwert von 400 Bq/m³ für bestehende Gebäude bzw. Planungswert für Neubauten von 200 Bq/m³; „Zielwert“ des BMUB von 100 Bq/m³). Hierbei handelte es sich stets um Richtwerte mit empfehlendem Charakter. Grenzwerte der Radonkonzentration in der Raumluft existierten zu keinem Zeitpunkt; dies ist auch aktuell nicht der Fall.

Hinweis:

2014 wurde die EU-Richtlinie 2013/59/Euratom „zur Festlegung grundlegender Sicherheitsnormen für den Schutz vor den Gefahren einer Exposition gegenüber ionisierender Strahlung“ verabschiedet, die bis 2018 in nationales Recht umzusetzen ist. Darin wird ein Referenzwert von 300 Bq/m³ im Jahresmittel für alle Räume genannt, der nicht überschritten werden darf. Dieser Wert gilt für alle Arbeitsplätze, Wohnungen und öffentlich zugängliche Gebäude.

Allgemein bekannte hausspezifische Einflussfaktoren auf die Höhe der Radonkonzentration (z.B.: niedrigere Werte bei vorhandenem Feuchteschutz im Keller) werden nicht mehr beschrieben. Betont werden sollte lediglich der positive Effekt auf die Reduzierung der Radonkonzentration durch die Abdichtung vorhandener Risse im erdberührten Bereich. Solche

Maßnahmen wurden häufig im Rahmen von Bergschadensregulierungen vorgenommen und das beschriebene Ergebnis ließ sich auch hier nachweisen.

Im Rahmen eines Deutschland-weiten Forschungsvorhabens des BMU sind in den Jahren 2001 bis 2003 u.a. auch im Saarland in zahlreichen Gemeinden Untersuchungen zur Radonkonzentration in der Raumluft (Jahresmessungen mit Kernspurdetektoren) durchgeführt worden. Je Gemeinde wurden ca. 20 Gebäude untersucht. Die Messungen erfolgten vornehmlich im Norden und Osten des Landes, nicht jedoch im zentralen Teil mit den ausstreichenden Karbonablagerungen, in dem der Bergbau umging. Der Median lag im Keller bei 49 Bq/m³ (Anzahl der Räume n = 277), im Erdgeschoss bei 37 Bq/m³ (n = 331). Diese Werte waren mit denen anderer westdeutscher Bundesländer vergleichbar. Konzentrationen über 400 Bq/m³ (= EU-Referenzwert für bestehende Gebäude aus 1990) wurden nur in 0,9 % der Erdgeschoss- und in 2,2 % der Kellerräume beobachtet. Im bundesdeutschen Vergleich sind die Werte als durchschnittlich einzustufen.

Untersuchungen zur Verteilung der Radonkonzentration in Gebäuden in Abhängigkeit von der bergbaulichen Tätigkeit wurden in Fürstenhausen über Gesteinen des Oberkarbon, in Nalbach über Gesteinen des Unterrotliegend und in Reisbach ebenfalls über Gesteinen des Oberkarbon durchgeführt. Die Ortschaften liegen am südwestlichen bzw. nördlichen Rand des Betrachtungsraumes. Die Ergebnisse sind in den Kapiteln 4.3., 4.5. und 4.6. beschrieben.

In der Gemeinde Schiffweiler wurde durch die Universität des Saarlandes (Prof. Keller) eine Fallstudie zur Höhe der Radonkonzentration in Gebäuden über den dort anstehenden Gesteinen des Oberkarbon durchgeführt. Die Ergebnisse sind im Kapitel 4.7 beschrieben.

3.4. Zusammenfassung Radonbelastung im Saarland

Die spezifischen Radionuklidaktivitäten der Gesteine und Böden im Saarland sind im bundesdeutschen Vergleich als durchschnittlich zu bewerten. Nur einzelne Schichtglieder – und diese teilweise auch nur lokal – weisen erhöhte Werte auf. Im Karbon sind die Aktivitäten in den Gesteinen des Stefan höher als diejenigen des Westfal.

Die Radonkonzentrationen in der Bodenluft liegen in großen Teilen um das bundesdeutsche Mittel und im Bereich vergleichbarer Gesteine andernorts. Nur über einzelnen Schichtgliedern (Rhyolith, Oberrotliegend, unterer Muschelkalk) findet man erhöhte Werte. Die Bodenluftwerte über den Gesteinen des Karbon sind durchschnittlich.

Die Radonkonzentrationen in der Raumluft sind im bundesdeutschen Vergleich durchschnittlich. Für Wohngebäude existieren in Deutschland unverbindliche Richtwerte, die sich an

Empfehlungen nationaler und internationaler Strahlenschutzbehörden sowie der EU orientieren. Der stärkste - und damit niedrigste - Wert liegt bei 100 Bq/m^3 im Jahresmittel im Aufenthaltsbereich. Die Absolutwerte im Aufenthaltsbereich im Erdgeschoss liegen fast ausnahmslos deutlich unter 100 Bq/m^3 und damit in einem gesundheitlich unbedenklichen Bereich.

4. Zusammenfassende Darstellung der Inhalte und Aussagen von Gutachten zur Radonproblematik in Zusammenhang mit dem Bergbau im Saarland aus den Jahren 1998 bis 2010

4.1. Inhalte der Gutachten

Zwischen 1998 und 2010 wurden im Auftrag des Oberbergamts für das Saarland und das Land Rheinland-Pfalz und der Deutsche Steinkohle AG bzw. RAG Aktiengesellschaft mehrere Untersuchungen zur Radonproblematik im Gebiet des untertägigen Steinkohleabbaus im Saarland durchgeführt. Die Fragestellungen beschäftigten sich stets mit einer möglichen Beeinflussung sowohl des geogenen Radonpotenzials als auch der Raumluftbelastung durch den Bergbau. Die Ergebnisse sind in den dazugehörigen Gutachten beschrieben, die nachfolgend chronologisch aufgelistet sind.

- (1) Gutachten zur Frage des Auftretens von Radon im Zusammenhang mit dem geplanten Abbau des Bergwerks Warndt/Luisenthal in den Flözen 1 - 4, Westfeld, 8. Sohle (7.7.1998);
Auftraggeber; Oberbergamt für das Saarland und das Land Rheinland-Pfalz;
Auftragnehmer: Kemske, Klingel & Veerhoff, Partnerschaft beratender Geologen;
90 Seiten, 41 Anlagen
- (2) Gutachten über Raumluft-Radonmessungen in Fürstenhausen (17.12.1998);
Auftraggeber: Oberbergamt für das Saarland und das Land Rheinland-Pfalz;
Auftragnehmer: Kemske, Klingel & Veerhoff, Partnerschaft beratender Geologen;
20 Seiten, 15 Anlagen
- (3) Gutachten über Raumluft-Radonmessungen in Fürstenhausen (9.4.2002);
Auftraggeber: Deutsche Steinkohle AG (Bestell Nr. 1792645/483/DE);
Auftragnehmer: Kemske & Partner, Beratende Geologen;
18 Seiten, 19 Anlagen
- (4) Gutachten über Messungen der Radonaktivitätskonzentration in der Raumluft in Fürstenhausen (22.2.2005);
Auftraggeber: Deutsche Steinkohle AG (Bestell Nr. 2878693/483/DE);
Auftragnehmer: Kemske & Partner, Beratende Geologen;
13 Seiten, 12 Anlagen
- (5) Gutachten zur Feststellung des Ist-Zustandes im Hinblick auf die Radonbelastung der Boden- und Raumluft in der Gemeinde 66809 Nalbach, Saarland (25.8.2006);
Auftraggeber: DSK (Bestellnummer: 3351469/B59/DE vom 17.11.2005);
Auftragnehmer: Kemske & Partner, Partnerschaft beratender Geologen;
27 Seiten, 35 Anlagen

- (6) Gutachten zu den fortlaufenden Radon-Raumluftmessungen in der Gemeinde 66809 Nalbach, Saarland (21.5.2007);
Auftraggeber: Deutsche Steinkohle AG (Bestellnummer: 3570109/B59/DE vom 6. September 2006);
Auftragnehmer: Kemske & Partner, Partnerschaft beratender Geologen;
11 Seiten, 16 Anlagen
- (7) 2. Gutachten zu den fortlaufenden Radon-Raumluftmessungen in der Gemeinde 66809 Nalbach, Saarland (20.12.2007);
Auftraggeber: Deutsche Steinkohle AG (Bestellnummer: 3570109/B59/DE vom 6. September 2006);
Auftragnehmer: Kemske & Partner, Partnerschaft beratender Geologen;
10 Seiten, 19 Anlagen
- (8) 3. Folgegutachten zu den fortlaufenden Radon-Raumluftmessungen in der Gemeinde 66809 Nalbach, Saarland (20.5.2008);
Auftraggeber: Deutsche Steinkohle AG (Bestellnummer: 3570109/B59/DE vom 6. September 2006);
Auftragnehmer: Kemske & Partner, Partnerschaft beratender Geologen;
11 Seiten, 18 Anlagen
- (9) Gutachten zur Radonsituation in der Gemeinde 66809 Nalbach, Saarland während des Kohleabbaus in der Primsmulde 2006-2008 (7.11.2008);
Auftraggeber: RAG Aktiengesellschaft – Deutsche Steinkohle (Bestellnummer: 3570109/B59/DE vom 06.09.2006 1. Nachtrag vom 16.7.2008);
Auftragnehmer: Kemske & Partner, Partnerschaft beratender Geologen;
44 Seiten
- (10) Gutachten zur Frage der Radonbelastung in Wohnräumen der Gemeinde 66793 Reisbach, Saarland (26.10.2010);
Auftraggeber: RAG Aktiengesellschaft (Bestellnummer: 4323094/B59/DE vom 12.10.2009);
Auftragnehmer: Kemske & Partner, Partnerschaft beratender Geologen;
26 Seiten
- (11) Keller, G.; Schütz, M. (1997): Lokale Radonmessungen im Rahmen einer Risikostudie.- Universität Saarland, magazin forschung 1/1997: 38-45.

Das Areal in Fürstenhausen mit Gesteinen des Oberkarbon liegt unmittelbar südlich der Grenze des Betrachtungsraumes. Die anderen Areale liegen innerhalb des Betrachtungsraumes: Nalbach mit Gesteinen des Unterrotliegend und Reisbach, ebenfalls mit Gesteinen des Oberkarbon, am nördlichen Rand sowie Schiffweiler mit Gesteinen des Oberkarbon im nordöstlichen Teil (s. Abb. 1).

Gutachten (1) beschäftigt sich schwerpunktmäßig mit dem geogenen Radonpotenzial in Fürstenhausen im Gebiet des Bergwerkes Warndt/Luisenthal, Westfeld. Durch Feldmessungen sollte untersucht werden, wie hoch die geogenen Radonkonzentrationen in der Bodenluft sind und ob Erhöhungen im Bergbau-beeinflussten Bereich festzustellen sind. Des Weiteren sollte geprüft werden, ob eine Beeinflussung durch anthropogene Tätigkeiten (z.B.: oberflächennahe Bodenluftanomalien über Bergbau-bedingten Zerrungszonen) erfolgt und/oder ein Zusammenhang mit bekannten Methanausgasungen existiert. Zudem sollten die Ergebnisse von Raumluftmessungen in Fürstenhausen bewertet werden, die im Frühjahr 1998 durch die Stadt Völklingen durchgeführt worden waren.

Gutachten (2) hat als Umsetzung der Empfehlungen aus Gutachten (1) die Durchführung von Radonmessungen in der Raumluft in Fürstenhausen zum Inhalt. Ziel war es, zu klären, ob sich die in Gutachten (1) beschriebene Beeinflussung der Radonkonzentrationen in der Bodenluft durch den Bergbau auf die Radonwerte in Häusern auswirken. Die Messungen fanden im Herbst 1998 statt.

Gutachten (3) und (4) beschreiben die Durchführung und Ergebnisse von Radonmessungen in der Raumluft in Gebäuden in Fürstenhausen, wie sie in den Nebenbestimmungen 6.1 des Planfeststellungsbeschlusses vom 16.1.2001 zum Rahmenbetriebsplan mit UVP für den weiteren Abbau im Westfeld festgeschrieben wurden. Gutachten (3) beinhaltet die Messungen aus dem Jahr 2001, Gutachten (4) die Ergebnisse aus 2004.

Gutachten (5) behandelt die Frage des Auftretens von Radon im Zusammenhang mit dem geplanten untertägigen Abbau des Flözes Schwalbach im Feld Primsmulde. Es sollte der Ist-Zustand im Gebiet der Gemeinde Nalbach in Bezug auf die Radonkonzentration in der Bodenluft sowie der Raumluft von Wohnhäusern vor Abbaubeginn im Jahr 2006 dokumentiert werden. Die Gutachten (6) bis (8) dokumentieren die Ergebnisse der fortlaufenden Raumluftmesskampagnen. Gutachten (6) umfasst den Zeitraum vom Herbst 2006 bis Frühjahr 2007, Gutachten (7) vom Frühjahr bis Herbst 2007 und Gutachten (8) vom Herbst 2007 bis Frühjahr 2008. Im Februar 2008 wurde der Abbau durch Verfügung der Landesregierung aufgrund schwerer Bergbau-bedingter Erderschütterungen eingestellt. In Gutachten (9) werden die Ergebnisse der letzten Messreihe zwischen Frühjahr und Herbst 2008 beschrieben sowie die Resultate aller Messungen zusammenfassend und abschließend dargestellt.

Gutachten (10) behandelt die Frage des Auftretens von Radon in Gebäuden in Reisbach im Zusammenhang mit dem untertägigen Abbau in den Streben 8.7 West und 8.5 bis 8.7 Ost. Die Ergebnisse von drei jeweils halbjährigen Messkampagnen zwischen Herbst 2008 und Sommer 2010 werden zusammenfassend dargestellt.

4.2. Konzeption, Durchführung und Auswertung der Messungen

Die Boden- und Raumluftmessungen wurden bei allen Untersuchungen in identischer bzw. vergleichbarer Art und Weise durchgeführt, was Messmethodik sowie Datenerhebung und Auswertung betraf. Daher werden die Ergebnisse gleichartiger Messreihen aus Fürstenhausen und Nalbach jeweils zusammenfassend beschrieben und bewertet. Charakteristische Ergebnisse werden exemplarisch in Form von Abbildungen und/oder Tabellen wiedergegeben.

Vor den Untersuchungen wurden jeweils Fallgebiete (mit starker Beeinflussung durch den Bergbau) und Kontrollgebiete (weniger starker Bergbaueinfluss) definiert, in denen die Boden- und/oder Raumluftmessungen durchgeführt wurden. Die Ergebnisse der beiden Messreihen wurden miteinander verglichen und auf signifikante Unterschiede geprüft. Die räumliche Abgrenzung der Gebiete erfolgte in Absprache mit dem Oberbergamt. Weil der Abbau über die Jahre voranschritt, variierte bei zeitlich mehreren aufeinander folgenden Raumluftmesskampagnen die Lage und Größe der Gebiete von Studie zu Studie.

Die Bodenluftmessungen erfolgten mit Hilfe eines standardisiertes Kurzzeitmessverfahrens (Szintillationszähler mit Lucas-Zellen), das im Rahmen von Forschungsvorhaben des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) zur Erstellung der Bodenluftkarte Deutschlands entwickelt worden war. Es ist mittlerweile in eine DIN ISO-Norm 11665-11, Verfahren zur Probenahme und Prüfung von Bodenluft aufgenommen und stellt auch heute noch den Stand der Technik und das Referenzverfahren in Deutschland dar. Damit werden für die jeweiligen geologischen Verhältnisse repräsentative und belastbare Messwerte erhoben, die unmittelbar mit den Ergebnissen der Deutschland-weiten Messungen verglichen werden können.

Alle Raumluftmessungen erfolgten nach DIN 25 706, Teil 1 mit Festkörperspurdetektoren. Bei den Kampagnen 1998 und 2001 in Fürstenhausen wurden Makrofol-Detektoren eingesetzt, die vom Institut für Biophysik der Universität des Saarlandes (Prof. Dr. Keller) geliefert und ausgewertet wurden. Bei der Kampagne 2004 in Fürstenhausen sowie allen Messreihen in Nalbach und Reisbach kamen CR 39-Detektoren der Firma Gammadata (heute Landauer Nordic - Uppsala/Schweden) zum Einsatz.

Anmerkung:

Die o.g. DIN wurde im August 2013 durch die DIN ISO 11665-4, Anhang A – Messung mit Festkörperspurdetektoren ersetzt. In den wesentlichen Inhalten unterscheiden sich die beiden Normen nicht.

In jedem Haus sollte je ein Messgerät im Keller und im Hauptaufenthaltsraum im Erdgeschoss aufgestellt werden. Aus Gründen der Vergleichbarkeit handelte es sich bei den untersuchten Gebäuden in der ganz überwiegenden Anzahl der Fälle um Wohnhäuser.

Mit Hilfe eines Fragebogens wurden zusätzlich Informationen zur Bauweise und Nutzung des Hauses und zu Art und Umfang aufgetretener und ggf. bereits regulierter Bergschäden am Haus erhoben.

4.3. Zusammenfassung Gutachten (1): Boden- und Raumluftmessungen in Fürstenhausen

Die untersuchte Region liegt im Stadtteil Fürstenhausen in Völklingen. Es handelt sich um ein stark besiedeltes Areal, das durch die geplante Ausweitung des Kohleabbaus im Bergwerk Warndt/Luisenthal von Setzungen des Gebirges bis an die Erdoberfläche betroffen sein wird.

Geologisch zählt das Gebiet zum Saarbrücker Hauptsattel, der aus den kohleführenden Sedimentgesteinen des Karbon (Luisenthaler und Heiligenwalder Schichten des Westfal D) aufgebaut ist. Diese werden lokal von pleistozänen Terrassensedimenten der Saar überlagert. Petrographisch setzt sich das flözführende Oberkarbon aus einer Wechsellagerung von Konglomeraten, Sand-, Ton- und Siltsteinen sowie Steinkohlenflözen zusammen. Der Sattel wird von zahlreichen Quer-, Längs- und Diagonalstörungen durchzogen. Die vorherrschenden Bodentypen über den Gesteinen des Westfal im Saarland sind Braunerden und Pseudogleye. Über Sandsteinen und Konglomeraten dominieren nicht sehr tiefgründige Braunerden, die durch eine gute Permeabilität und geringe Wasserführung gekennzeichnet sind. Über Tonsteinen und Verwitterungslehmen (umgelagerte Zersetzungspprodukte der Tonsteine) findet man zumeist Pseudogleye, in der Regel dichte Böden und geringer Permeabilität. Der hohe Tonmineralanteil führt oftmals zur Ausbildung von stauenden Schichten.

Zur Bestimmung der spezifischen Radiumaktivitäten wurden 10 Gesteinsproben im unmittelbaren Strebereich der Flöze 1 und 2 aus den Flözen sowie dem Liegenden und Hangenden und zusätzlich 22 Gesteinsproben unterschiedlicher lithologischer Ausprägung aus dem Schichtstapel der Geisheck-, Luisenthaler und Heiligenwalder Schichten entnommen. Gammaspektrometrisch wurden die spezifischen Radiumaktivitäten bestimmt. Es zeigte sich eine relativ einheitliche Verteilung mit insgesamt niedrigen bis durchschnittlichen Werten. Die Spannweite reichte von weniger als 10 Bq/kg (zumeist in Kohlen) bis 64 Bq/kg in einem bituminösen Schiefer. Der Median lag bei 32 Bq/kg. Diese Werte stimmen gut mit Aktivitäten vergleichbarer klastischer Sedimente überein und passen auch gut zur bekannten Variationsbreite der Gesteine des saarländischen Oberkarbon.

Analoge Untersuchungen von neun Bodenproben aus dem Westfeld an Messorten mit erhöhten Radonaktivitätskonzentrationen in der Bodenluft ergaben vergleichbare Resultate. Die spezifischen Radiumaktivitäten wiesen mit ca. 20 bis 30 Bq/kg niedrige bis durchschnittliche Werte auf. Unter Einbeziehung bodenphysikalischer Kenngrößen (z.B.: Dichte, Porosität, Emanationskoeffizient) kann eine Radonaktivitätskonzentration in der Bodenluft abgeschätzt werden. Unter Zugrundelegung durchschnittlicher Werte für die o.g. Kenngrößen ließ sich eine mittlere Radonaktivitätskonzentration in der Bodenluft von 17.000 Bq/m³ berechnen, unter Hinzuziehung von Extremwerten schwankte sie zwischen weniger als 5.000 und 89.000 Bq/m³. Unter Zugrundlegung der o.g. maximalen Radiumaktivität von 64 Bq/kg ergab sich eine mittlere Radonaktivitätskonzentration von 40.000 Bq/m³ sowie ein theoretischer Maximalwert von 172.000 Bq/m³. Ausgehend von diesen Überlegungen ist im Gebiet des Westfeldes aufgrund der in den Böden vorhandenen spezifischen Radiumaktivitäten bei diffusiver Radonbewegung nicht flächenhaft mit anomal hohen Radonaktivitätskonzentrationen in der Bodenluft zu rechnen. Aktivitätskonzentrationen in der Bodenluft über 100.000 Bq/m³ sind demnach theoretisch möglich, wären aber nach wissenschaftlichem Kenntnisstand räumlich und zeitlich eng begrenzt. Da die in größerer Tiefe anstehenden Gesteine des Westfäl ebenfalls nur geringe Radiumaktivitäten aufweisen, ist auch nicht von einer Freisetzung und Nachlieferung erhöhter Radonkonzentrationen (> 100.000 Bq/m³) aus dem tieferen Untergrund bis an die Erdoberfläche auszugehen.

Für die Bestimmung der Radonaktivitätskonzentration in der Bodenluft wurden in Fürstenhausen über die gesamte Fläche des geplanten Abbaus im Westfeld räumlich möglichst gleichmäßig verteilt 44 Messpunkte in natürlich gewachsenem Untergrund beprobt. Die Anzahl der Messpunkte war der flächenhaften Verbreitung der anstehenden geologischen Einheiten annähernd proportional (Luisenthaler Schichten: 7 Punkte, Heiligenwalder Schichten: 31 Punkte, quartäre Terrassenablagerungen der Saar: 6 Punkte). Abbildung 11 zeigt die räumliche Verteilung der Radonkonzentrationen in der Bodenluft.

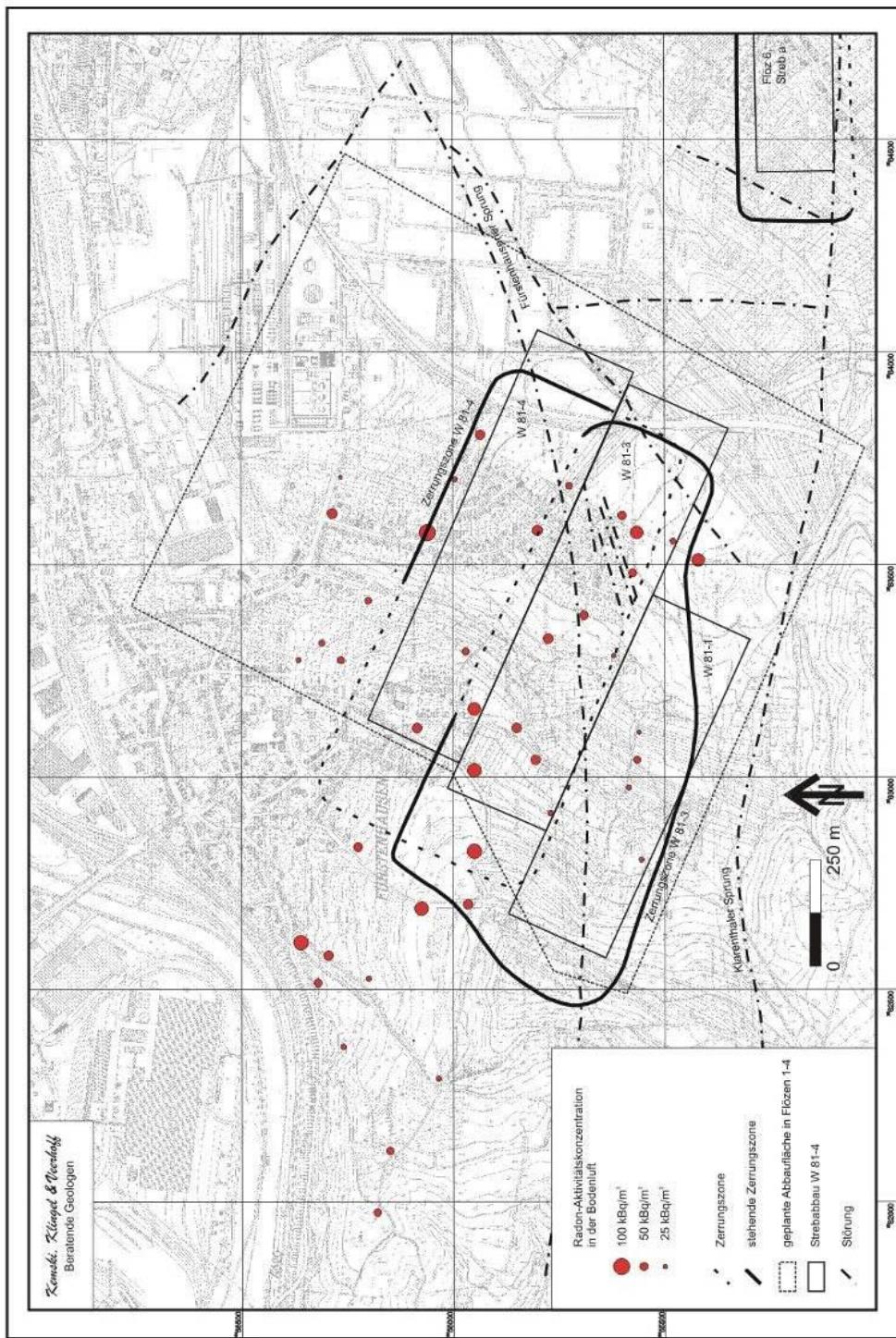


Abb. 11: Räumliche Verteilung der Radonaktivitätskonzentration in der Bodenluft
 (1 kBq/m³ = 1.000 Bq/m³; Abbildung entspricht Anlage 22 aus Gutachten (1))

Die Häufigkeitsverteilung der Radonaktivitätskonzentration in der Bodenluft zeigte eine typische logarithmische Normalverteilung. Die Werte schwankten zwischen ca. 5.000 und 98.000 Bq/m³, der Median lag bei 27.000 Bq/m³ und war somit gegenüber den aus dem Saarland bekannten Werten für Gesteine des Westfal (Median: 19.000 Bq/m³, s. Kap. 2.2.1., Abb. 6) leicht erhöht. Unterschiede zwischen den drei o.g. stratigraphischen Einheiten waren nicht auszumachen.

Um den möglichen Einfluss des Bergbaus bewerten zu können, wurden die Messpunktdaten in zwei Gruppen aufgeteilt. Gruppe 1 enthielt alle Messpunkte in Bereichen, die vom Bergbau weitgehend unbeeinflusst blieben sowie diejenigen Punkte, unter denen der Abbau schon länger als zwei Jahre zurück lag. Gruppe 2 enthielt alle Punkte in Arealen, die im Einwirkungsbereich des aktuellen Abbaus (jünger als 2 Jahre) lagen. Die Verteilungen für beide Gruppen zeigten klare Unterschiede (Abb. 12).

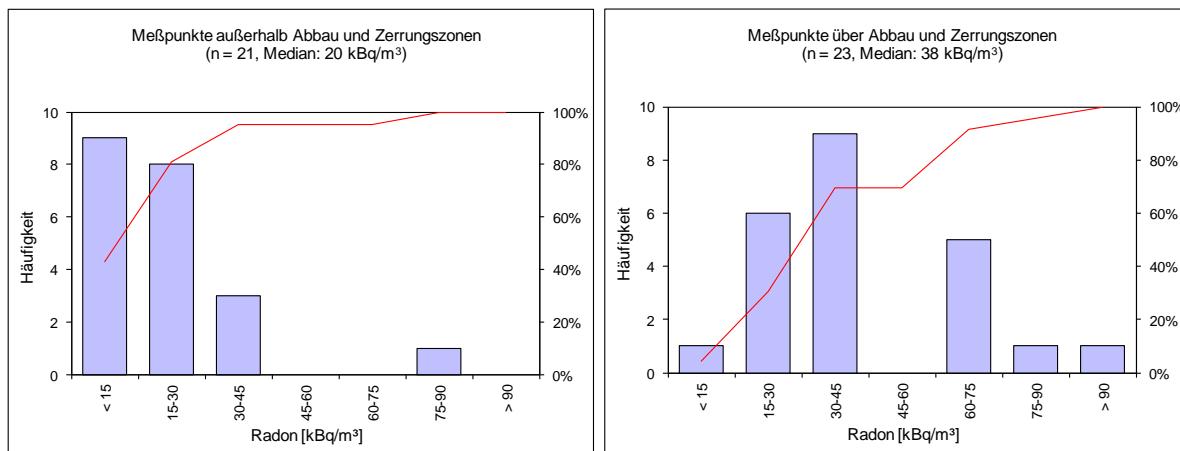


Abb. 12: Häufigkeitsverteilungen der Radonkonzentrationen in der Bodenluft im Westfeld ($1 \text{ kBq/m}^3 = 1.000 \text{ Bq/m}^3$; Abbildung entspricht Anlage 25 aus Gutachten (1))

Im Bergbau-unbeeinflussten Gebiet lag der Median bei 20.000 Bq/m³, im Bergbau-beeinflussten Gebiet mit 38.000 Bq/m³ annähernd doppelt so hoch. Eine Beeinflussung der Bodenluftwerte durch die untertägigen Abbauarbeiten ist somit wahrscheinlich. Insgesamt jedoch sind die beobachteten Konzentrationen als durchschnittlich einzustufen (Median: 27.000 Bq/m³). Mit flächenhaft erhöhten Radonkonzentrationen in der Raumluft von Häusern (hier: über 250 Bq/m³ im Aufenthaltsbereich) in diesem Gebiet ist daher nicht zu rechnen. Nicht auszuschließen sind jedoch Veränderungen an der Schnittstelle zwischen Baugrund und Haus in den vom Abbau unterfahrenen Bereichen, die möglicherweise einen Radoneintritt ins Haus begünstigen.

Der Auftraggeber stellte Karten der stehenden Zerrungszonen für die verschiedenen Abbaue zur Verfügung, die als Planungsgrundlage für die Festlegung der Bodenluftprofile dienten. Es war davon auszugehen, dass die Bodenbewegungen an der Erdoberfläche unter den spezifischen Bedingungen im Westfeld mit einer Streblänge von ca. 250 m nach 50 m Abbaufortschritt entsprechend 2 Monate nach Abbaubeginn eintraten und nach Einstellung der Gewinnung ca. zwei Jahre andauerten. Die vertikalen Zerrungsmaxima bewegten sich zwischen 0,2 und 1,1 m für die Strebe im Westfeld und zwischen 0,08 und 0,1 m für die Strebe im Südfeld.

Die räumlich weit ausgedehnte Klüftung des Untergrundes in den oben beschriebenen Zerrungszonen im Westfeld kann eine Erhöhung der Wasser- und Gaspermeabilität bis in den oberflächennahen Bereich zur Folge haben. Gase können sich im Boden lateral ausbreiten und eine über mehrere 10er Meter zu verfolgende Gasanomalie verursachen. Ein kanalisierte Radonaufstieg bis in den Fundamentbereich der Häuser durch zerrüttete Gesteine als Folge von Bergsenkungen oder oberflächennahen Auffahrungen kann hohe Radonkonzentrationen in der Raumluft bewirken, wie z.B. aus dem Erzgebirge bekannt ist. Bodenluftmessungen entlang von Messtrassen (Länge: 100 bis 350 m, Messpunktabstand: 10 m) senkrecht zu den stehenden Zerrungszonen sollten einen möglichen Einfluss überprüfen. Innerhalb der Trasse herrschten einheitliche Verhältnisse hinsichtlich Morphologie und Geländenutzung, um mögliche Einflüsse von Bodenart, Bodenfeuchte u.ä. zu minimieren. Über und nahe stehenden Zerrungszonen wurden an zahlreichen Stellen im Westfeld erhöhte Radonkonzentrationen in der Bodenluft gemessen, die sich deutlich vom jeweiligen lokalen Untergrund abhoben und deren Maxima bis weit über 100.000 Bq/m³ reichten (Abb. 13).

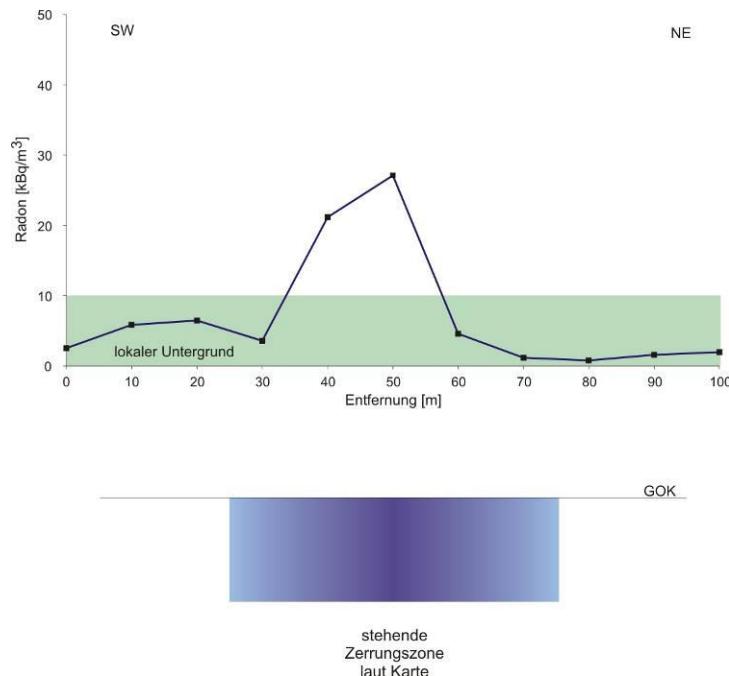


Abb. 13: Radonkonzentrationen in der Bodenluft über stehenden Zerrungszonen, Profil „Gelheid“ ($1 \text{ kBq}/\text{m}^3 = 1.000 \text{ Bq}/\text{m}^3$; Abbildung entspricht Anlage 30 aus Gutachten (1))

Ursache dieser lokal deutlich erhöhten Werte sind die neu entstandenen Wegsamkeiten im Untergrund als Folge des Bergbaus. Da diese Zerrungszonen bestehen bleiben, muss hier lokal auch langfristig mit einem erhöhten Radonangebot gerechnet werden. Vergleichbares konnte über einer stehenden Zerrungszone im bereits seit mehreren Jahren stillgelegten Südfeld beobachtet werden.

Erhöhte Radonkonzentrationen in der Raumluft von Häusern in diesen Arealen sind nicht auszuschließen, insbesondere wenn ein schlechter Zustand der Bausubstanz einen Radoneintritt ins Gebäude begünstigt.

An mehreren bekannten Lokalitäten eines Methanaustritts an der Erdoberfläche in Fürstenhausen (Maximum bis 62 Vol.%) wurden zeitgleich Methan- und Radonmessungen vorgenommen. Die Probenahme erfolgte im ingenieurtechnisch veränderten Aufbau des Straßen-damms unmittelbar unterhalb der Asphaltdecke der Bürgersteige bzw. Straßen in einer Tiefe von 20 bis 30 cm. Es zeigte sich eine hoch signifikante positive Korrelation zwischen dem Auftreten der beiden Gase (Abb. 14). Dies deutet darauf hin, dass Methan bzw. Grubengas als Transportmedium für Radon aus dem Untergrund fungiert. CH₄-Austrittsstellen sind somit Orte potenziell erhöhter Radonkonzentrationen. Erfolgt ein solcher Methanaustritt in der Um-

gebung von Gebäuden, so kann die Möglichkeit des Auftretens hoher Radonwerte in der Raumluft in den entsprechenden Häusern nicht ausgeschlossen werden.

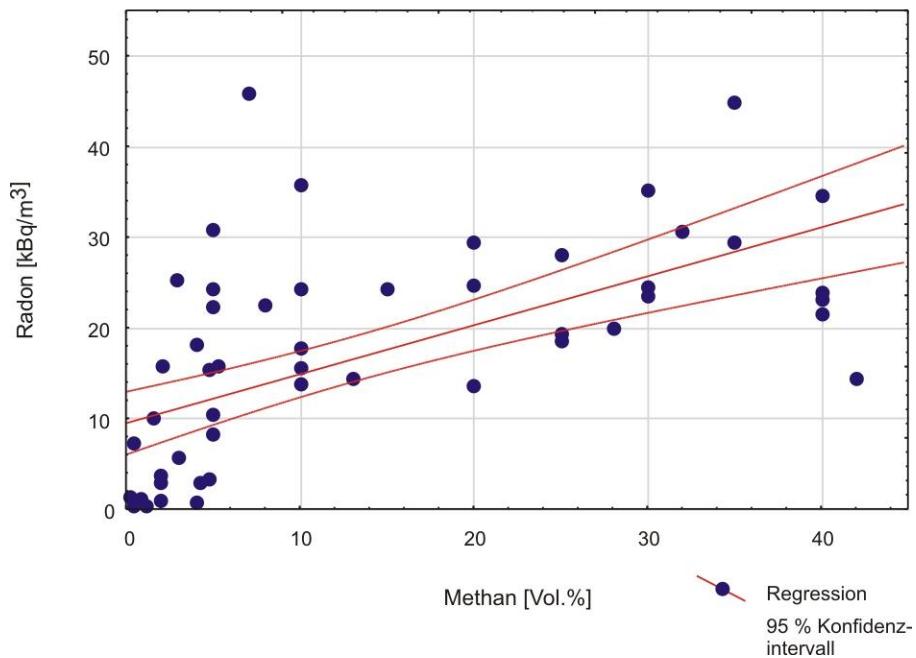


Abb. 14: Vergleichsmessungen Methan – Radon an Methanaustrittsstellen im Westfeld (dargestellt sind nur Messungen mit Methangehalten > 0 Vol.%; Anzahl der Messungen n = 57, $r^{**} = 0,61$; 1 kBq/m³ = 1.000 Bq/m³; Abbildung entspricht Anlage 39 aus Gutachten (1))

Im Rahmen des Gutachtens sollten zusätzlich die im Auftrag der Stadt Völklingen vorgenommenen Radonmessungen in Gebäuden in Fürstenhausen (Durchführung: Institut für Biophysik in Homburg; Prof. Dr. Keller; Messzeitraum: Frühjahr 1998; Messverfahren: integrierende Messungen mit Kernspurdetektoren) bewertet werden. Die Auswahl der Teilnehmer war zufällig. Demzufolge waren die untersuchten Häuser nicht gleichmäßig über Fürstenhausen verteilt, sondern häuften sich im südlichen, Bergbau-beeinflussten Ortsteil. Die Sichtung der Messwerte ergab einige unplausible sehr hohe Werte, insbesondere im Erdgeschoss und in der 1. Etage, deren Ursache nicht geklärt werden konnte.

Die Bewertung der Messergebnisse erfolgte geschoßbezogen (Keller, Erdgeschoss, 1. Etage) anhand der Medianwerte. Diese lagen im Keller bei 87 Bq/m³, im Erdgeschoss bei 45 Bq/m³ und in der 1. Etage bei 36 Bq/m³. Die Konzentrationen entsprachen bekannten bundesdeutschen und saarländischen Vergleichswerten. Eine akute Gesundheitsgefährdung und daraus notwendige Sofortmaßnahmen waren aus dem Datenkollektiv nicht abzuleiten.

Die Ursache für den erhöhten Median in den Kellerräumen kann neben einer allgemein schlechten Bausubstanz - die Mehrzahl der untersuchten Häuser war vor 1948 erbaut - in einem Zusammenhang mit dem Bergbau liegen. Bei nahezu allen Häusern traten laut Befragung Risse oder Bergsenkungen auf, so dass ein verbesserter Radoneintritt in die Häuser denkbar ist. Weitergehende Aussagen waren aufgrund der unzureichenden Datengrundlage nicht möglich.

Um zumindest eine tendenzielle Aussage über die Möglichkeit eines Bergbaueinflusses auf die Radonkonzentrationen in der Raumluft zu erhalten, wurde das Datenkollektiv in drei regional unterschiedliche Gruppen eingeteilt: Gruppe 1 beinhaltete Häuser, die direkt über dem Abbau bzw. im Einfluss der Zerrungszone aus Streb W 81-4 (während des Messzeitraumes im Abbau) standen. Gruppe 2 umfasste Häuser direkt über dem Abbau von Streb W 81-3 (Abbauende Juli 1997). In Gruppe 3 wurden alle Häuser zusammengefasst, die außerhalb dieser Zonen standen.

Die Unterschiede in den Kellerräumen waren signifikant: Dem Median von 54 Bq/m³ in dem durch Bergbau wenig beeinflussten Gebiet (Gruppe 3) standen die doppelt so hohen Medianwerte in den beiden Bergbau-beeinflussten Gruppen 1 (104 Bq/m³) und 2 (100 Bq/m³) gegenüber. Eine Beeinflussung der Radonaktivitätskonzentrationen in Kellerräumen durch die Bergbautätigkeit ist somit wahrscheinlich. Für Räume im Erdgeschoss konnte ein solcher Zusammenhang nicht nachgewiesen werden; hier lagen die Medianwerte aller drei Gruppen zwischen ca. 40 und 50 Bq/m³ und sind als durchschnittlich einzustufen. Eine akute Gesundheitsgefährdung der Bevölkerung bestand daher nicht.

4.4. Zusammenfassung Gutachten (2) bis (4): Raumluftmessungen in Fürstenhausen

Zwischen 1998 und 2004 wurden in Fürstenhausen drei Messreihen zur Bestimmung der Radonkonzentrationen in der Raumluft durchgeführt.

Gutachten (2) beschreibt die Ergebnisse der ersten Kampagne, die basierend auf den Empfehlungen aus Gutachten (1) zum Ziel hatte, eine gesicherte Aussage zur Einwirkung des Bergbaus auf die Radonaktivitätskonzentration in Gebäuden in Fürstenhausen machen zu können. Für das Fallgebiet konzentrierten sich die Messungen auf den vom Bergbau in den Streben W 81-3 und W 81-4 betroffenen Teil Fürstenhausens. Hier wurden überwiegend Häuser untersucht, in denen zwischen 1996 und 1998 Bergschäden auftraten. Als Kontrollgebiet wurde der nördliche Ortsteil von Fürstenhausen ausgewählt, in dem bis dahin keine erhöhten Radongehalte beobachtet worden waren. Hier fanden auch die in Gutachten (1) beschriebenen Messungen von Prof. Dr. Keller (Institut für Biophysik, Universität des Saarlandes) im Frühjahr 1998 statt. Die Akquisition der Haushalte erfolgte unter Mitarbeit der

Stadt Völklingen und der Bergschadensgemeinschaft Völklingen. Im Fallgebiet wurden in 33 Häusern Messungen durchgeführt, im Kontrollgebiet in 27 Haushalten. Die Messungen fanden zwischen August und November 1998 statt.

In den Nebenbestimmungen 6.1 des Planfeststellungsbeschlusses vom 16.1.2001 zum Rahmenbetriebsplan mit UVP für den weiteren Abbau im Westfeld wurde u.a. festgeschrieben, dass Radonmessungen in der Raumluft in Fürstenhausen durchzuführen seien. Dabei sollte zunächst der Ist-Zustand vor Beginn des Abbaus in den Flözen 3 und 4 sowie der Erweiterung des Abbaus in den Flözen 1 und 2 festgehalten werden. Die entsprechenden Ergebnisse sind in Gutachten (3) beschrieben. Fallgebiet 01 beinhaltete als akut vom Bergbau betroffenen Bereich die Fläche innerhalb des Einwirkungsbereiches der Abbaufelder W 81-5 und W 82-4, die zwischen dem 1.6.2000 und 31.12.2001 abgebaut wurden. Alle außerhalb dieser Zone gelegenen Gebäude wurden dem Kontrollgebiet 01 zugeordnet. Messungen erfolgten in 88 Haushalten (Fallgebiet 01: 52 Gebäude; Kontrollgebiet 01: 36 Gebäude), z.T. auch in Gebäuden, die in den Vorjahren bereits untersucht worden waren. Die Messungen wurden zwischen September und Dezember 2001 durchgeführt.

In dem o.g. Beschluss wurde zudem festgelegt, die Radonmessungen in einem zeitlichen Abstand von drei Jahren zu wiederholen. Gutachten (4) beinhaltet die Ergebnisse dieser Kontrollmessungen. Als Fallgebiet 04 wurde die Fläche innerhalb des Einwirkungsbereiches des Abbaufeldes W 83-1/2 (Betriebsdauer vom 28.10.2003 – 14.7.2004) ausgewählt. Im nördlich davon gelegenen Abbaufeld W 83-3 lief der Abbau erst am 6.10.2004 an und hatte damit nur eine geringe Relevanz für die Messungen. Alle außerhalb des Abbaufeldes W 83-1/2 gelegenen Gebäude wurden dem Kontrollgebiet 04 zugeordnet. In 69 Haushalten (Fallgebiet 04: 25 Gebäude; Kontrollgebiet 04: 44 Gebäude), die z.T. auch in den früheren Jahren an den Messungen teilgenommen hatten, wurden erneute Raumluftmessungen durchgeführt. Die Messungen wurden zwischen Juli und November 2004 vorgenommen.

Die Raumluftmessungen erfolgten in allen Kampagnen über jeweils drei Monate zwischen Spätsommer und Herbst. Es ist davon auszugehen, dass während dieser Übergangszeit die Witterungs- und Nutzungsbedingungen annähernd repräsentativ für das gesamte Jahr waren. Die Befragungen ergaben, dass bei einer Vielzahl (ca. 80 bis 90 %) der untersuchten Gebäude in den Fallgebieten Bergschäden aufgetreten waren, die zum überwiegenden Teil durch den Bergbaubetreiber reguliert worden waren (z.B.: Abdichtung von Rissen, Erneuerung der Bodenplatten). In den Kontrollgebieten war der Anteil von Bergschäden etwas geringer; gleiches galt für Regulierungsquote.

Die Verteilungen aus den unterschiedlichen Jahren waren gut miteinander vergleichbar, obwohl die Gebiete unterschiedliche regionale Ausdehnungen besaßen. Dies zeigte die hohe Trennstärke des Auswahlkriteriums - die zeitliche Nähe zum unterfahrenden Bergbau.

Alle Ergebnisse der drei Raumluftmesskampagnen (Keller- und Erdgeschosswerte aus den Fall- und Kontrollgebieten) lassen sich durch eine logarithmische Normalverteilung beschreiben (Tab. 1 und Abb. 15). Die Werte der letzten Messreihe waren leicht nach links verschoben, was sich auch im niedrigeren Median ausdrückt.

alle Messwerte (Fall-/Kontrollgebiet, Keller/Erdgeschoss)			
	1998	2001	2004
Anzahl	122	162	116
	Bq/m ³	Bq/m ³	Bq/m ³
Minimum	18	10	11
10Pz	31	24	16
Median	53	54	39
90Pz	111	113	110
Maximum	620	280	355

Tab. 1: Statistische Kennwerte der Verteilungen der Radonmesswerte aller Messwerte (Fall- und Kontrollgebiet, Keller und Erdgeschoss) der drei Kampagnen in Fürstenhausen

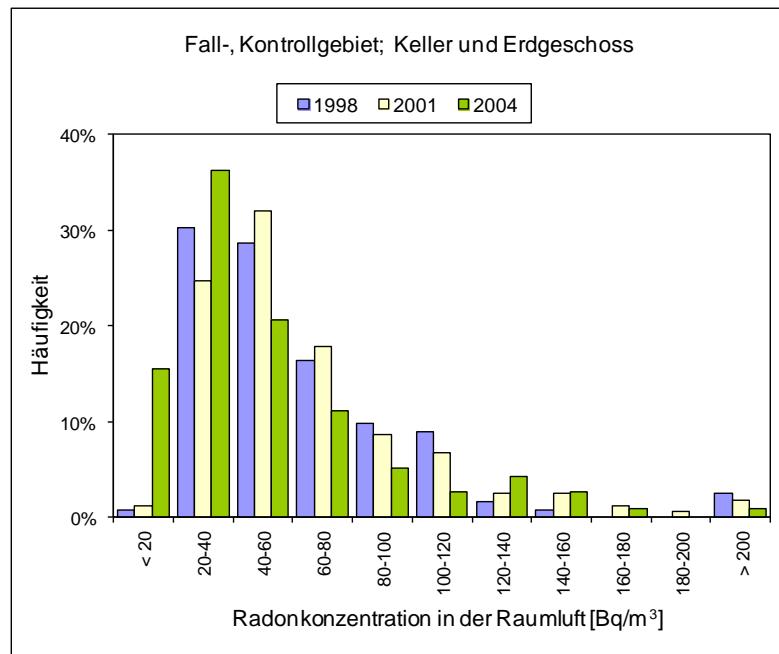


Abb. 15: Histogramm der Radonmesswerte (Fall- und Kontrollgebiet, Keller und Erdgeschoss) der drei Kampagnen aus Fürstenhausen (Abbildung entspricht Anlage 6 in Gutachten (5))

Aufgrund der bekannten Abnahme der Radonwerte vom Keller zum Erdgeschoss und zu höheren Etagen wurden die Messergebnisse in die Kategorien „Keller“ und „Erdgeschoss“ unterteilt und anschließend getrennt für das Fall- und Kontrollgebiet bewertet.

Die statistischen Kennwerte der Keller- und Erdgeschossmesswerte in den Fall- und Kontrollgebieten sind in Tabelle 2 zusammengestellt. Unterschiedliche Fallzahlen in Tabelle und Text resultieren daraus, dass nicht in jedem Gebäude wie geplant je eine Messung im Keller und im Erdgeschoss stattfand.

Keller			
	Fallgebiet		Kontrollgebiet
	1998	2001	2004
Anzahl	33	52	25
Bq/m ³			
Minimum	26	10	16
10Pz	34	32	24
Median	65	65	49
90Pz	136	161	146
Maximum	620	280	176
Bq/m ³			
Minimum	30	20	11
10Pz	36	24	13
Median	61	52	41
90Pz	110	125	110
Maximum	275	141	355

Erdgeschoss			
	Fallgebiet		Kontrollgebiet
	1998	2001	2004
Anzahl	29	45	20
Bq/m ³			
Minimum	25	20	14
10Pz	30	29	17
Median	45	54	32
90Pz	80	99	100
Maximum	120	140	130
Bq/m ³			
Minimum	18	11	11
10Pz	29	22	17
Median	54	44	32
90Pz	103	65	62
Maximum	114	71	151

Tab. 2: Statistische Kennwerte der Verteilungen der Radonmesswerte im Keller und Erdgeschoss (Fall- und Kontrollgebiet) der drei Kampagnen in Fürstenhausen

Die **Kellerwerte** zeigten bei einer Differenzierung zwischen Fall- und Kontrollgebieten leichte Unterschiede (Abb. 16). Die Verteilungen in den Fallgebieten waren breiter als in den Kontrollgebieten, die höheren Klassen waren stärker besetzt. In Abbildung 17 ist die räumliche Verteilung der Kellerwerte am Beispiel der Messkampagne 2001 kartographisch dargestellt.

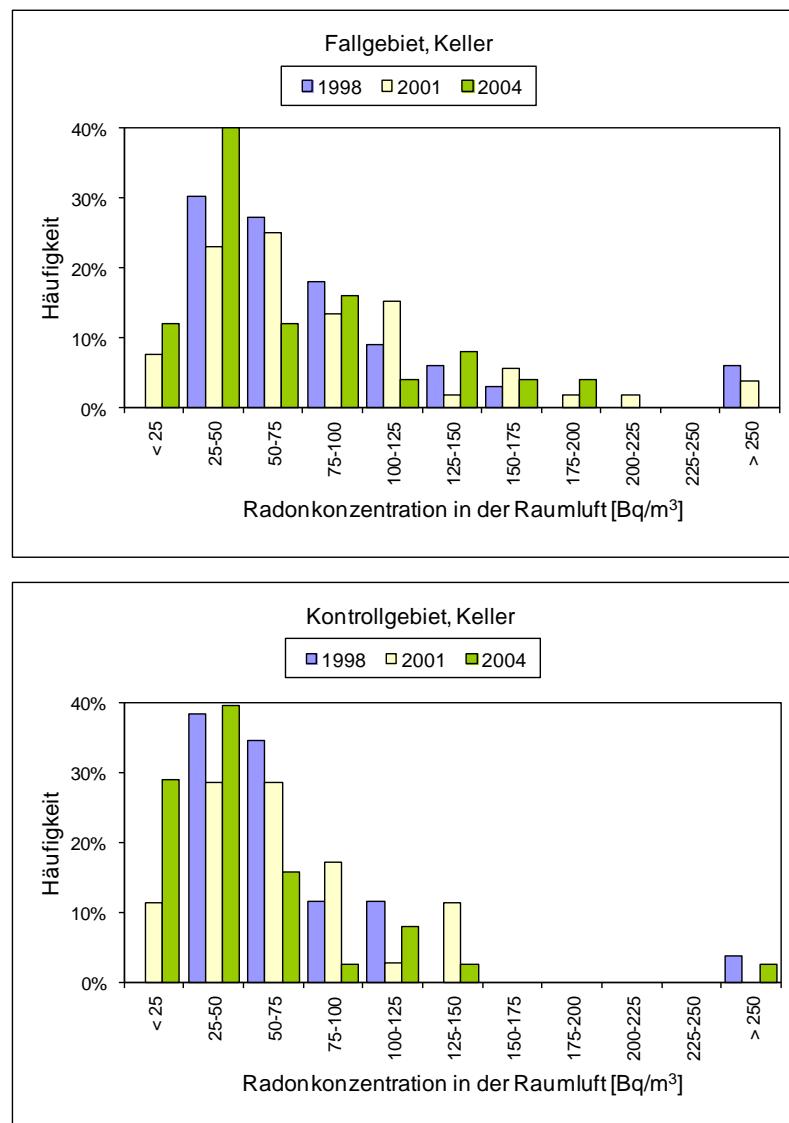


Abb. 16: Histogramme der Radonmesswerte (Fall- und Kontrollgebiet, Keller) der drei Kampagnen aus Fürstenhausen (Abbildung entspricht Anlage 8 in Gutachten (5))

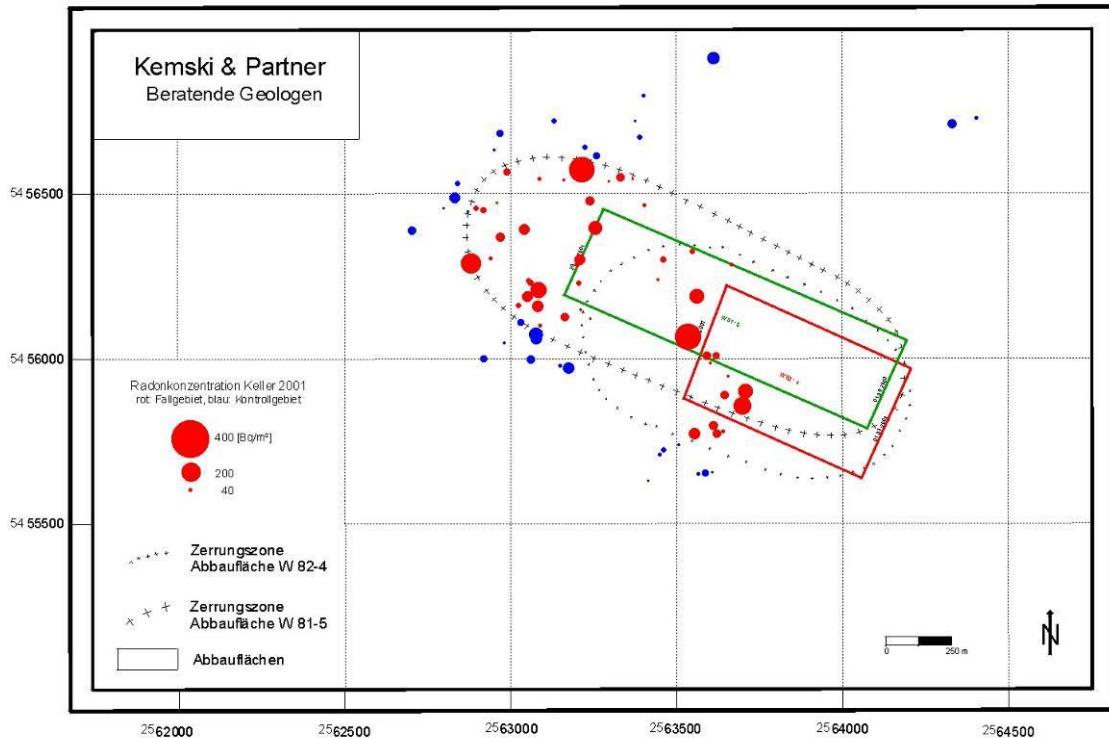


Abb. 17: Räumliche Verteilung der Radonkonzentrationen im Keller in Fürstenhausen aus Messkampagne 2001, unterschieden nach Fall- (rot) und Kontrollgebiet (blau) (Abbildung entspricht Anlage 13 in Gutachten (4))

Vergleiche von Häusern, in denen in zwei oder drei Kampagnen Messungen durchgeführt worden waren, zeigten ein uneinheitliches Bild. Es waren sowohl deutliche Erhöhungen als auch deutliche Abnahmen der Messwerte zu beobachten, jedoch ohne Muster.

Die **Erdgeschosswerte** waren durchweg niedrig. Deutliche Unterschiede zwischen Fall- und Kontrollgebieten ließen sich nicht ausmachen (Tab. 2). In Abbildung 18 ist deren räumliche Verteilung am Beispiel der Messkampagne 2001 kartographisch dargestellt.

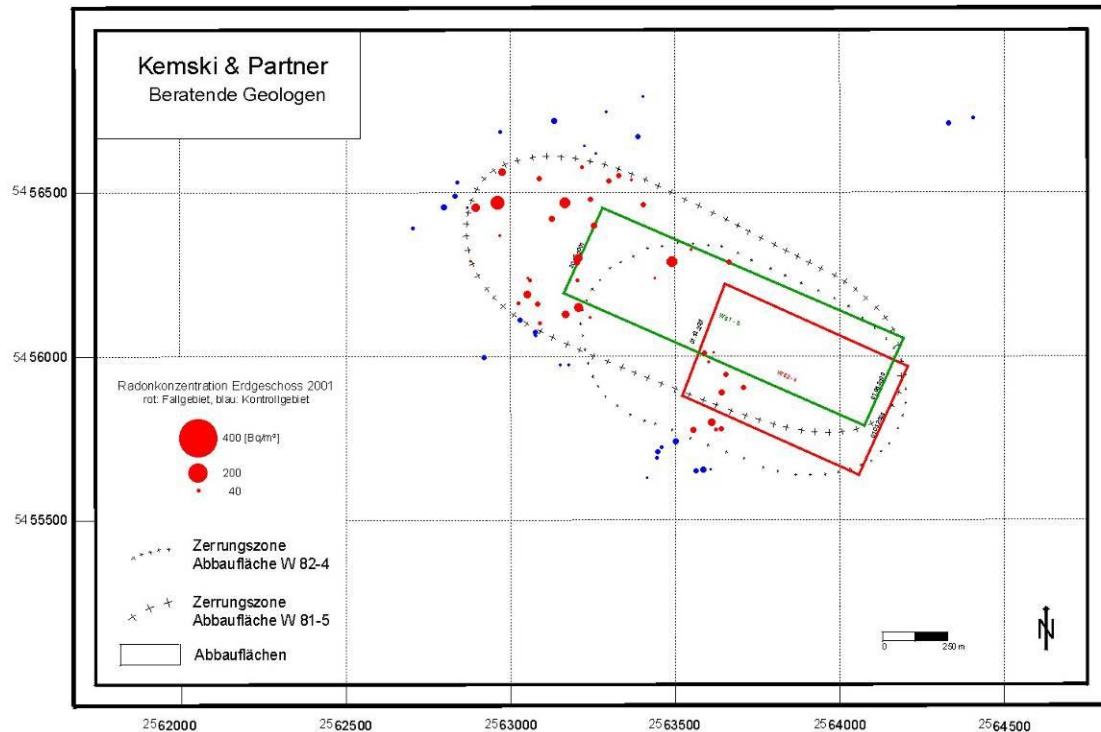


Abb. 18: Räumliche Verteilung der Radonkonzentrationen im Erdgeschoss in Fürstenhausen aus Messkampagne 2001, unterschieden nach Fall- (rot) und Kontrollgebiet (blau) (Abbildung entspricht Anlage 16 in Gutachten (4))

Bei einer Bewertung muss zwischen einem möglichen Bergbau-bedingten Einfluss auf die Höhe der Radonkonzentration und einer von der absoluten Höhe dieser Werte abhängigen gesundheitlichen Gefährdung der Bewohner unterschieden werden.

Eine Beeinflussung der Radonkonzentration in den Gebäuden durch den untertägigen Abbau ist mit hoher Wahrscheinlichkeit anzunehmen. Unterschiede zwischen den Fall- und Kontrollgebieten ließen sich insbesondere bei den Kellermessungen beobachten (s. Tab. 2 und Abb. 16). Dabei ist von einer mittleren bergbaubedingten Erhöhung der Radonkonzentration um ca. 20 % auszugehen. Diese höheren Werte lagen aber noch immer deutlich unterhalb der o.g. Richtwerte und waren insofern als unbedenklich einzustufen, zumal erfahrungsgemäß die Höhe der Radonaktivitätskonzentration in den Häusern als dynamische Reaktion mit Reduzierung der bergbaulichen Tätigkeit wieder abnimmt. Da sich die Gebäude in ihrer Bauweise und die Räume in ihrer Nutzung nicht wesentlich voneinander unterscheiden, ist diese Erhöhung der Kellerwerte möglicherweise in der auf den Abbau unmittelbar folgenden Bewegung des Untergrundes zu suchen. Durch Änderungen im Gefüge des Mauerwerks der Häuser kann eine Radonbewegung ins Haus hinein begünstigt werden.

Detailbetrachtungen konnten zeigen, dass sich die Setzungsbewegungen im vom Bergbau unterfahrenen Gebiet zeitlich direkt auf die Radonkonzentrationen auswirkten, aber eindeutig räumlich und zeitlich begrenzt waren. Messwerte im Fallgebiet machten deutlich, dass sich der Schwerpunkt der höher belasteten Häuser mit der Zeit verlagerte und der Abbaurichtung der Kohle folgte. Im Erdgeschoss dagegen waren die Verteilungen in Fall- und Kontrollgebieten vergleichbar (s. Tab. 2).

Eine gesundheitliche Gefährdung der Menschen durch die Inhalation von Radon in Gebäuden ist in Zusammenhang mit dem Bergbau im Westfeld mit hoher Wahrscheinlichkeit auszuschließen. Die Messwerte sind generell als niedrig einzustufen. Die Medianwerte im Keller und im Erdgeschoss lagen ausnahmslos deutlich unter 100 Bq/m³ (Tab. 2). In diesem Bereich ist nach wissenschaftlichem Kenntnisstand von keiner gesundheitlichen Gefährdung auszugehen. Radonkonzentrationen von einigen wenigen 100 Bq/m³ im Keller wurden nur in Räumen beobachtet, die nicht dauerhaft zu Aufenthaltszwecken genutzt wurden (z.B.: Vorrats- und Abstellräume). Im Erdgeschoss lagen selbst die Maximalwerte nur im Bereich der Signifikanzschwelle epidemiologischer Studien.

4.5. Zusammenfassung Gutachten (5) bis (9): Boden- und Raumluftmessungen in Nalbach

Vor dem geplanten untertägigen Abbau des Flözes Schwalbach im Feld Primsmulde im Gemeindegebiet Nalbach sollten Untersuchungen zur Radonbelastung durchgeführt werden.

Neben Bodenluftmessungen wurden zwischen 2006 und 2008 fünf aneinander anschließende Raumluftmesskampagnen durchgeführt. Die erste Messreihe sollte den Ist-Zustand vor dem Abbau dokumentieren (Gutachten (5)). Die nachfolgenden vier Kampagnen (Gutachten (6) bis (9)) befassten sich mit der Entwicklung der Raumluftsituation während des Abbaus. Am 24.2.2008 wurde der Abbau durch Verfügung der Landesregierung aufgrund schwerer bergbaubedingter Erderschütterungen eingestellt.

Das untersuchte Areal liegt im Gemeindegebiet Nalbach. Insbesondere die Ortsteile Bilsdorf und Körprich waren durch die geplante Ausweitung des Kohleabbaues im Feld Primsmulde von Senkungen des Gebirges bis an die Erdoberfläche betroffen.

Geologisch gesehen liegt es am Nordrand des Saarkarbons im Gebiet der Primsmulde. Kohleführende Gesteine des Karbon stehen nur noch in größerer Tiefe an, oberflächennah wird die Primsmulde durch die Ablagerungen des Rotliegend charakterisiert. Im Großteil der bebauten Untersuchungsfläche stehen Gesteine der unteren Kuseler Gruppe an (ru1; Ton-

steine bis Konglomerate, z.T. mit Einschaltungen dünner Kalkablagerungen). Der zentrale Teil des untersuchten Areals wird durch die jungen Ablagerungen der Prims sowie quartäre Verwitterungsbildungen wie Fließerden und Lössüberdeckungen gebildet. Sehr häufig anzutreffende Bodentypen sind wie in Fürstenhausen auch Braunerden (über Sandsteinen und Konglomeraten) und Pseudogleye (aus Verwitterungslehmen).

Für die Bodenluftmessungen zur Bestimmung der Radonaktivitätskonzentrationen in der Bodenluft wurden räumlich gleichmäßig verteilt 30 Messpunkte über alle anstehenden geologischen Einheiten (Rotliegend, quartäre Überdeckung, junge Talfüllungen) beprobt. Die Messungen wurden in unmittelbarer Nähe ausgewählter Häuser der Raumluftmesskampagne (s.u.) durchgeführt.

Die Radonaktivitätskonzentrationen in der Bodenluft überdeckten einen weiten Bereich von weniger als 5.000 Bq/m³ bis 150.000 Bq/m³. Die Werte waren angenähert logarithmisch normalverteilt. Der Median von 42.000 Bq/m³ ist als lediglich leicht über dem Durchschnitt liegend zu bewerten und bewegt sich im Bereich der für die untersuchten Gesteinsarten üblichen Spannweite. Die räumliche Verteilung lässt keine deutlichen Unterschiede zwischen den drei o.g. beprobten geologischen Einheiten erkennen. Abgesehen von zwei Ausreißern (> 100.000 Bq/m³) sind die Verteilungen nahezu identisch. Sehr niedrige Messwerte sind in der geringen Durchlässigkeit und der hohen Wassersättigung der Böden begründet. Die Höhe und Verteilung der Werte bedingen keine flächige Gefährdungssituation.

Für die Radonmessungen in der Raumluft wurden Gruppen von Gebäuden gebildet, die sich durch einen unterschiedlichen Einflusses des Bergbaus voneinander unterschieden. Ausgehend vom Abbau des Kohlenflözes Schwalbach in den Streben Prims 1-4 wurden unter Berücksichtigung der voraussichtlichen Senkungsgrenze sowie der E-Linie vier Teilgebiete ausgewählt. Fallgebiet 1 umfasste die Ortschaften Körprich und Piesbach zwischen E-Linie und Senkungsgrenze, Fallgebiet 2 die Ortschaften Bilsdorf und Körprich innerhalb der E-Linie. Kontrollgebiet 1 beinhaltete den alten Ortskern von Piesbach außerhalb der Senkungsgrenze und Kontrollgebiet 2 das Neubaugebiet in Körprich nördlich der L 143 und ebenfalls außerhalb der Senkungsgrenze gelegen. Die Haushalte waren in drei Teilgebieten F 1, F 2 und K 1 in Bezug auf die wesentlichen konstruktiven Baumerkmale homogen. Im Kontrollgebiet 2 überwogen dagegen jüngere Gebäude, was jedoch bei der Planung bewusst in Kauf genommen wurde.

Die Messungen zur Erfassung des Ist-Zustandes erfolgten zwischen Januar und Mai 2006 über einen Zeitraum von ca. 5 Monaten. Ab September 2006 wurden im halbjährlichen Wechsel die Folgemessungen durchgeführt, so dass bis September 2008 insgesamt fünf aufeinanderfolgende Datenreihen vorlagen.

In jeweils einem Gebäude im Fallgebiet 2 und Kontrollgebiet 1 wurden kontinuierliche Messungen durchgeführt. Hierdurch sollte geklärt werden, ob sich möglicherweise vorhandene kurzfristige Schwankungen der Raumluftkonzentration mit Bergbau-bedingten Ereignissen in Verbindung bringen lassen.

Die Zahl der teilnehmenden Haushalte reduzierte sich von 113 bei der Ersterhebung auf 90 Haushalte in der letzten Messreihe. In der Ersterhebung verteilten sich die Gebäude wie folgt: F 1: 24 Haushalte, F 2: 54 Haushalte, K 1: 20 Haushalte, K 2: 15 Haushalte.

Die Bewohner in den Gebieten F 1, K 1 und K 2 gaben zu 60 % an, dass Bergschäden an ihren Gebäuden aufgetreten waren; in F 2 waren es ca. 45 %. Laut Aussagen der RAG wurden jedoch nur an einigen wenigen Häusern in den zurückliegenden Jahren Schäden reguliert.

Die überwiegende Mehrzahl der Radonmessungen in der Raumluft lieferte Werte unter 100 Bq/m³. Ein klarer einheitlicher Trend von der ersten zur fünften Kampagne war nicht erkennbar. Die Ergebnisse der Messkampagnen unterschieden sich insoweit, als dass sie die normalen jahreszeitlichen Variationen widerspiegeln. Die Variation der Wiederholungsmessungen lag im Bereich von +/- 30 % und damit innerhalb der bekannten Variationsbreite aufeinanderfolgender Messreihen in identischen Räumen. Sowohl die Keller- als auch die Erdgeschosswerte zeigten, dass sich Fall- und Kontrollgebiete hinsichtlich der Höhe und Verteilung der Radonbelastungen nicht unterschieden.

Aus den Einzelwerten der fünf Messkampagnen wurde ein Langzeitwert berechnet, der als repräsentativ für einen Jahresmittelwert angesehen werden kann. Der Median im Keller lag bei 53 Bq/m³ (bei einer Variation der Messreihen zwischen 44 und 56 Bq/m³), im Erdgeschoss lag er bei 40 Bq/m³ (bei einer Variation zwischen 32 und 47 Bq/m³). Die räumliche Verteilung dieser Werte ist in den Abbildungen 19 und 20 für Keller und Erdgeschoss dargestellt.

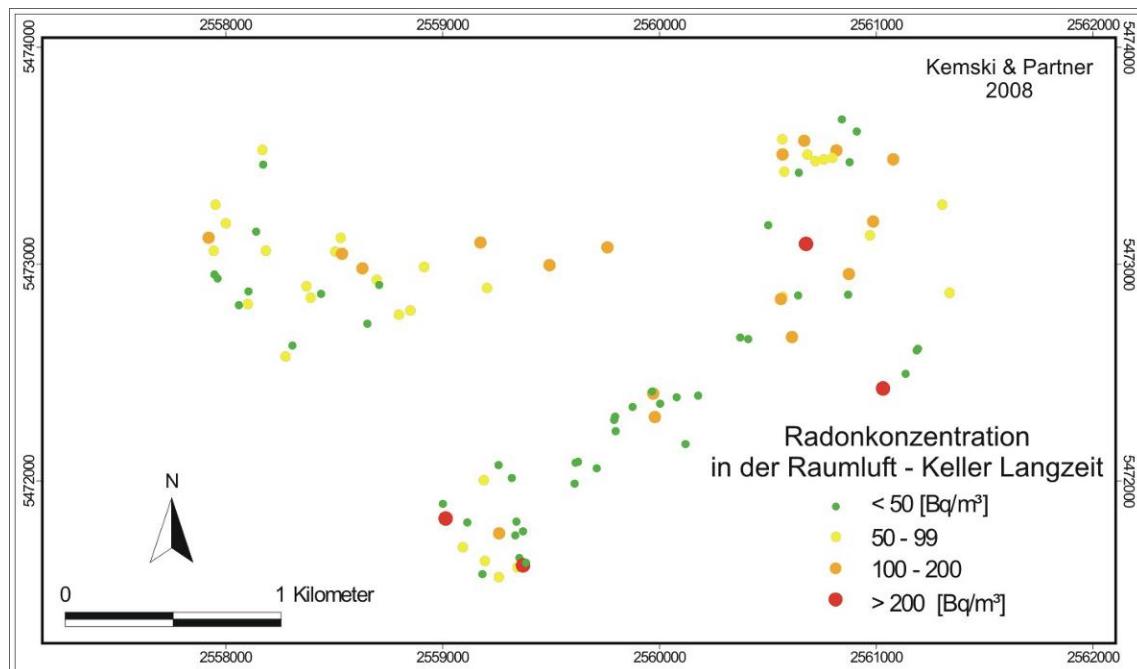


Abb. 19: Verteilung der Messwerte im Keller in Nalbach (entspricht Abbildung 20 in Gutachten (9))

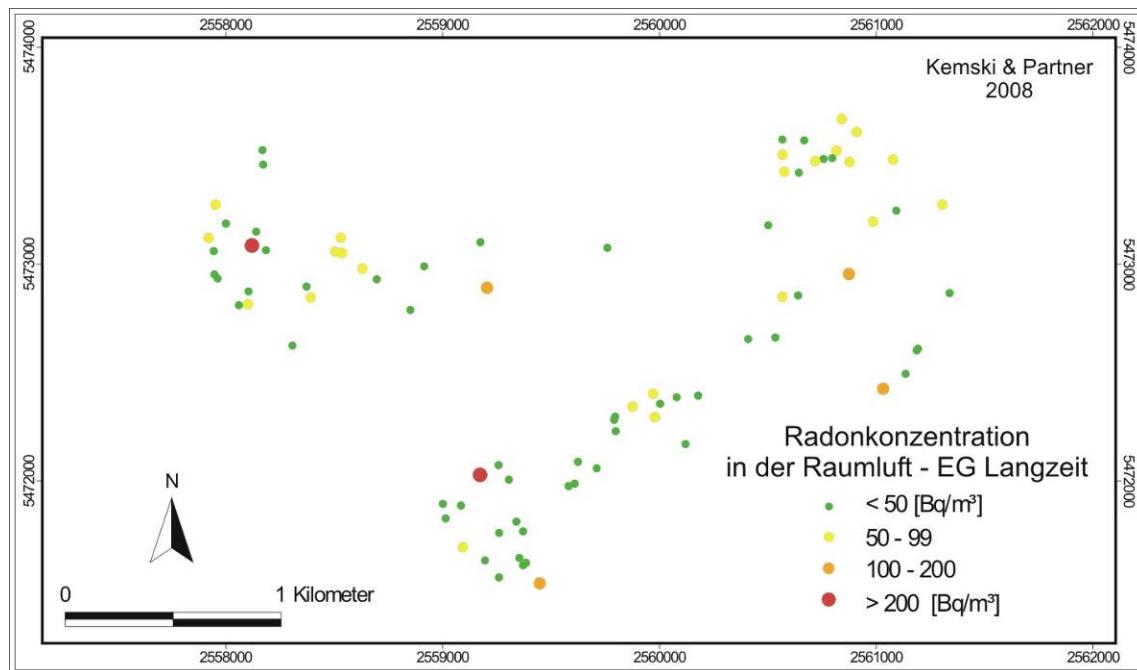


Abb. 20: Verteilung der Messwerte im Erdgeschoß in Nalbach (entspricht Abbildung 21 in Gutachten (9))

Wie in anderen, vom Bergbau betroffenen Gebieten waren die Radonkonzentrationen im Keller von Häusern mit Schäden (z.B.: Risse in Kellerwand) zu höheren Werten hin verschoben (Abb. 21). Im Erdgeschoss waren diese Unterschiede nicht zu erkennen. Dieses Bild ist über die gesamte Zeit des Abbaus gleich geblieben.

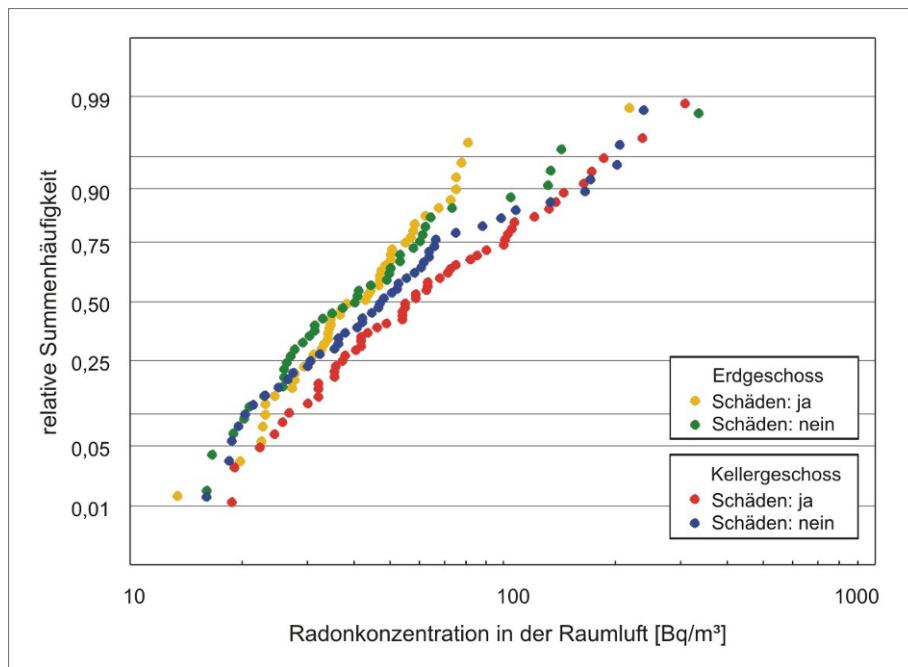


Abb. 21: Vergleich der Verteilungen für Häuser mit und ohne Bauschäden (entspricht Abbildung 28 in Gutachten (9))

Mit Ausnahme dieser und der weiter unten beschriebenen witterungs- und nutzungsbedingten Beeinflussungen konnten bei den Langzeitmessungen keine weiteren Einflussfaktoren ermittelt werden. Dies war der Tatsache geschuldet, dass hier ein insgesamt homogener Datenbestand mit niedrigen Aktivitätskonzentrationen und vergleichsweise geringer Streubreite vorlag.

Ergänzend zu den integrierenden Raumluftmessungen wurden vom 3.8.2006 bis 24.7.2008 in je einem Haus im Fall- und im Kontrollgebiet kontinuierliche Messungen durchgeführt. Die Messungen fanden in beiden Häusern in erdberührten Räumen statt. Von der RAG wurden Daten zu Erschütterungen zur Verfügung gestellt, die sich im untersuchten Areal während des Kohleabbaus ereigneten.

Die zeitaufgelösten Messungen lieferten Werte im 10 Minuten-Takt und schwankten zwischen 20 und 1.200 Bq/m³, wobei die Maximalwerte nur kurzzeitige Spitzen darstellten. Die

Ganglinien der Radonaktivitätskonzentration zeigten periodische und singuläre Konzentrationsschwankungen mit stellenweise hohen Absolutbeträgen während der gesamten Messzeit in beiden Häusern. Diese sind durch natürliche Vorgänge wie Temperatur- oder Luftdruckänderungen sowie Änderungen in der Raumlüftung zu erklären. Ein Einfluss der Bergbau bedingten Bebenaktivität auf die Radonaktivitätskonzentrationen konnte dagegen nicht nachgewiesen werden. Exemplarisch sind in Abbildung 22 die Ergebnisse über einen Monat dargestellt. Die Messwertdifferenzen zwischen der Stunde nach und der Stunde vor dem Erschütterungsereignis lagen im Fallgebiet bei maximal 3 Bq/m³ und im Kontrollgebiet bei maximal 7 Bq/m³ und damit im Bereich der Messunsicherheit.

Erkennbar sind die Tagesgänge der Radonaktivitätskonzentration und die stellenweise drastischen Anstiege und Abfälle, die u.a. gut mit Änderungen von Lufttemperatur und Luftdruck korrelierten. Die deutlich höheren Werte im Haus im Fallgebiet waren auf die unterschiedlichen Lüftungsbedingungen zurückzuführen.

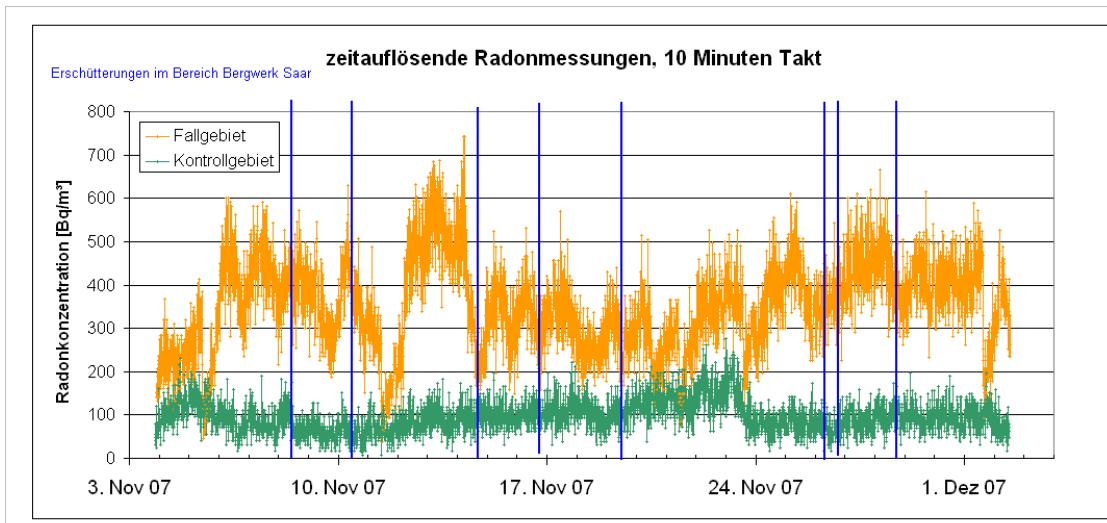


Abb. 22: Messungen im November 2007 (Messintervall: 10 Minuten), Erschütterungen laut RAG (entspricht Abbildung 8 aus Gutachten (9))

Weder über die Langzeitmessungen noch die zeitaufgelösten Messungen ließen sich Hinweise für einen Einfluss des Bergbaus auf die Höhe der Radonkonzentration in der Raumluft finden. Ein Vergleich der Messungen in Fall- und Kontrollgebieten zeigte keine statistisch signifikanten Unterschiede hinsichtlich der zeitlichen Variation der Radonaktivitätskonzentrationen.

Demnach existierte mit hoher Wahrscheinlichkeit keine gesundheitliche Gefährdung der Menschen durch die Inhalation von Radon in Gebäuden in Nalbach vor Beginn des untertägigen Kohleabbaus. Während des Bergbaus sowie nach dessen Beendigung waren keine

signifikanten Veränderungen zu beobachten. Eine Einflussnahme des Bergbaus auf die Radonaktivitätskonzentrationen in den untersuchten Häusern war daher mit hoher Wahrscheinlichkeit auszuschließen.

4.6. Zusammenfassung Gutachten (10): Raumluftmessungen in Reisbach

Durch gezielte Radonmessungen in Gebäuden sollte die Frage des Auftretens von Radon im Zusammenhang mit dem untertägigen Abbau in den Streben 8.7 West und 8.5 bis 8.7 Ost in Reisbach untersucht werden. Dazu wurde im Gemeindegebiet in drei aufeinanderfolgenden, jeweils sechs Monate dauernden Messreihen zwischen Herbst 2008 und Sommer 2010 (Dezember 2008 bis Juni 2009, Juli bis Dezember 2009, Januar bis Juni 2010) die Radonbelastung in Gebäuden untersucht. Die Raumluftmessungen erfolgten in 14 Haushalten, die von der RAG benannt wurden.

Das untersuchte Areal liegt am Nordrand des Saarkarbon. Kohleführende Gesteine des Karbon stehen nur noch in größerer Tiefe an, oberflächlich wird das Gebiet durch die Sedimentgesteine (Tonsteine bis Konglomerate) des späten Stefan (Oberkarbon) charakterisiert. Den zentralen Teil des Dorfgebietes nehmen die Talaueablagerungen des Ellbachs ein.

Die Ergebnisse der Raumluftmessungen sind annähernd logarithmisch normalverteilt. Die Medianwerte der drei Kampagnen im Keller lagen zwischen 53 und 60 Bq/m³, im Erdgeschoss zwischen 28 und 55 Bq/m³. Beispielhaft sind die räumlichen Verteilungen der Messwerte im Erdgeschoss und im Keller der 2. Messreihe (Juli bis Dezember 2009) in Abbildung 23 und 24) dargestellt.

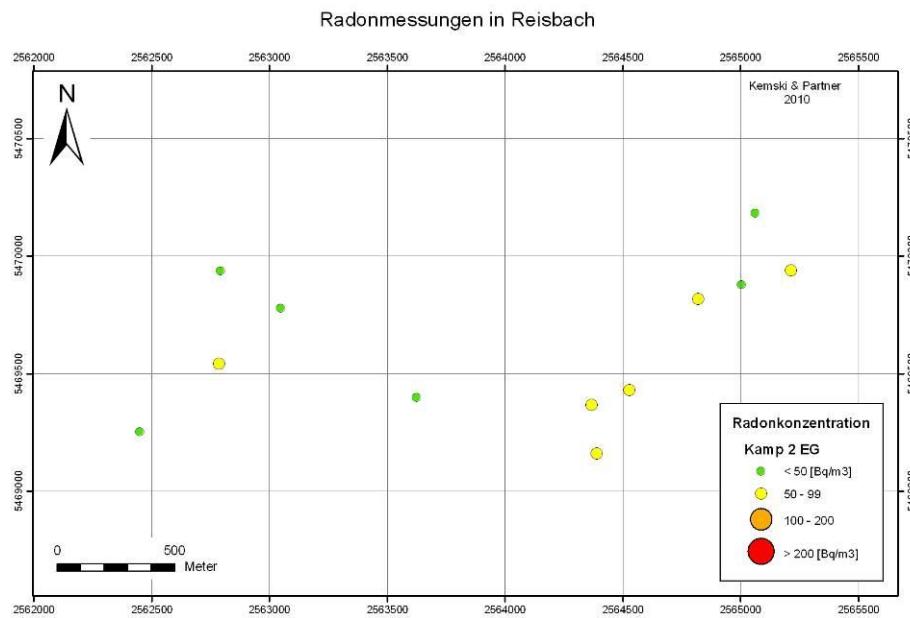


Abb. 23: Messwerte im Erdgeschoss, 2. Messkampagne (Juli bis Dezember 2009; entspricht Abbildung 24 aus Gutachten (10))

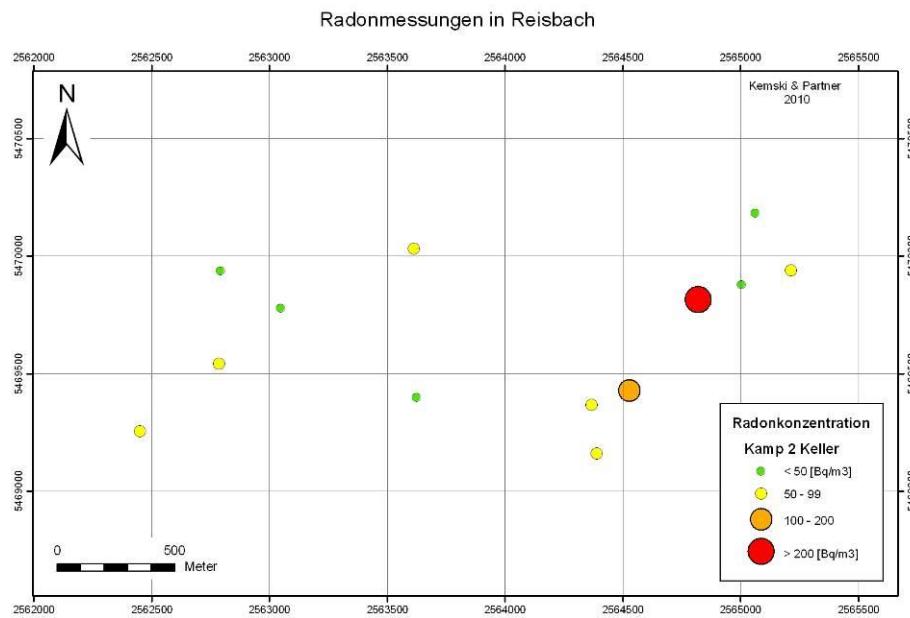


Abb. 24: Messwerte im Keller, 2. Messkampagne (Juli bis Dezember 2009; entspricht Abbildung 25 aus Gutachten (10))

Die Radonwerte waren als niedrig bis durchschnittlich einzustufen. Sie entsprachen der bekannten Situation im Saarland. In Aufenthaltsräumen wurden fast ausnahmslos Messwerte unter 100 Bq/m³ beobachtet. Die geringe Anzahl der untersuchten Gebäude ließ keine umfangreiche statistische Auswertung zu. Aus diesem Grund konnten auch keine Abhängigkeiten von äußeren Faktoren nachgewiesen werden. Vorbehaltlich der geringen Fallzahl lag keine erkennbare Radongefährdung in Gebäuden im Gemeindegebiet vor.

4.7. Zusammenfassung Artikel Keller (11): Raumluftmessungen in Schiffweiler

Eine Fallstudie der Universität des Saarlandes (Prof. Keller) befasste sich mit den Radonkonzentrationen in Gebäuden in der Gemeinde Schiffweiler. Der Ort liegt am Rande des saarländischen Kohlereviers und der geologische Untergrund ist tektonisch und bergbaubedingt geprägt. Bekannt sind hier lokal erhöhte spezifische Radiumaktivitäten im Untergrund in den Dilsburger Schichten im Bereich der Flöze Wahlschied und Lummerschied. Messungen zwischen Frühjahr und Sommer 1996 ergaben einen Median von 154 Bq/m³ im Keller (Anzahl der Messungen n = 262) und von 77 Bq/m³ im Erdgeschoss (n = 237). Erhöhte Werte in Gebäuden wurden auf die Nähe von Spalten und Klüften – auch in Folge bergbaulicher Tätigkeiten – zurückgeführt. Aber auch möglicherweise nicht sanierte Bergschäden mit Rissen im Keller, die ein verbessertes Eindringen radonhaltiger Bodenluft ermöglichten, wurden als Ursache für die höheren Konzentrationen vermutet.

4.8. Zusammenfassende Bewertung der Boden- und Raumluftmessungen in Fürstenhausen, Nalbach, Reisbach und Schiffweiler

Die oben im Detail beschriebenen Ergebnisse der verschiedenartigen Untersuchungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Das flächige geogene Radonpotenzial, repräsentiert durch die Radonaktivitätskonzentration in der Bodenluft, wurde in der o.g. Form in Fürstenhausen und in Nalbach untersucht. In Fürstenhausen erfolgten die Messungen über Gesteinen des Westfal und über quartären Terrassenablagerungen der Saar. Ein Einfluss des untertägigen Abbaus auf die Höhe der Bodenluftwerte konnte nachgewiesen werden. Der Median im Fallgebiet lag mit 38.000 Bq/m³ annähernd doppelt so hoch wie im Kontrollgebiet. Insgesamt jedoch sind die beobachteten Konzentrationen als durchschnittlich einzustufen (Median alter Bodenluftmesswerte: 27.000 Bq/m³).

In Nalbach wurden Bodenluftmessungen über Rotliegendsedimenten und quartären Talablagerungen vor dem geplanten Abbau durchgeführt. Sie ergaben mit einem Median

von 42.000 Bq/m³ höhere Werte als in Fürstenhausen, waren in der Gesamtheit jedoch lediglich als leicht über dem Durchschnitt liegend einzustufen und bewegt sich im Bereich der Spannweiten für solche Gesteine.

- In Fürstenhausen wurden über und nahe stehenden Zerrungszonen an zahlreichen Stellen erhöhte Radonkonzentrationen in der Bodenluft gemessen, die sich deutlich vom jeweiligen lokalen Untergrund abhoben. Die Maxima reichten bis weit über 100.000 Bq/m³. Ursache sind die neu entstandenen Wegsamkeiten im Untergrund als Folge des untertägigen Bergbaus. Da diese Zerrungszonen bestehen bleiben, muss lokal auch langfristig mit einem erhöhten Radonangebot gerechnet werden.
 - Zeitgleiche Methan- und Radonmessungen an Methanaustrittsstellen an der Erdoberfläche in Fürstenhausen ergaben eine hoch signifikante positive Korrelation zwischen dem Auftreten der beiden Gase. Dies deutet darauf hin, dass Methan- bzw. Gasgemische als Transportmedium für Radon aus dem Untergrund fungieren. CH₄-Austrittsstellen sind somit Orte potenziell erhöhter Radonkonzentrationen.
 - Eine Beeinflussung der Radonkonzentration in den Gebäuden durch den Bergbau ist mit hoher Wahrscheinlichkeit anzunehmen. Unterschiede zwischen den Fall- und Kontrollgebieten ließen sich insbesondere bei den Kellermessungen beobachten. Dabei ist von einer mittleren Bergbau-bedingten Erhöhung der Radonkonzentration um ca. 20 % auszugehen. Die Ursache liegt vermutlich in der auf den Abbau unmittelbar folgenden Bewegung des Untergrundes. Durch Änderungen im Gefüge des Mauerwerks der Häuser kann eine Radonmigration ins Haus hinein begünstigt werden. Diese Annahme wird auch durch die Tatsache unterstützt, dass die Radonkonzentrationen im Keller von Häusern mit Schäden (z.B.: Risse in Kellerwand) zu höheren Werten hin verschoben waren. In den Erdgeschossräumen ließ sich dieser Einfluss nicht nachweisen. Dieses Bild ist über die gesamte Zeit des Abbaus gleich geblieben.
 - Die in allen Kampagnen in Fürstenhausen, Nalbach und Reisbach beobachteten absoluten Werte der Raumluftkonzentrationen lagen mit ihrem Median (Keller: zwischen ca. 40 und 65 Bq/m³, Erdgeschoss: zwischen ca. 30 und 55 Bq/m³) stets deutlich unterhalb der jeweils relevanten Richtwerte nationaler und internationaler Strahlenschutzbehörden sowie der EU. Der strengste - und damit niedrigste - Wert liegt bei 100 Bq/m³ im Jahresmittel im Aufenthaltsbereich. Im Erdgeschoss, in dem sich nahezu alle Aufenthaltsräume befanden, lagen in vielen Fällen auch die Maximalwerte unter 100 Bq/m³. Eine gesundheitliche Gefährdung der Bewohner durch die Inhalation von Radon in Gebäuden in Zusammenhang mit dem Bergbau ist mit hoher Wahrscheinlichkeit auszuschließen. Diese Aussagen gelten auch, wenn man den voraussichtlich zukünftig in Deutschland geltenden Referenzwert von 300 Bq/m³ zugrunde legt.
- Leicht höhere Werte in Schiffweiler haben ihre Ursache vermutlich im Vorhandensein

tektonisch und Bergbau-bedingter Wegsamkeiten im Untergrund und im schlechten Zustand der Bausubstanz. Auch sie liegen jedoch unter 100 Bq/m³.

- Zeitaufgelöste Radonmessungen mit 10-minütigen Messintervallen in zwei Gebäuden in Nalbach lieferten keine positive Korrelation zu Bergbau-induzierten tektonischen Ereignissen. Variationen der Radonkonzentrationen ließen sich allein durch den Einfluss meteorologischer Parameter und das Nutzungsverhalten der Bewohner erklären.

5. Möglichkeit der Radonfreisetzung im oberflächennahen Bereich als Folge des untertägigen Anstieges des Grubenwassers und Bewertung der Situation

Die oben beschriebenen Untersuchungen zur Radonthematik erfolgten nicht flächen-deckend, sondern fanden lokal in verschiedenen Teilen des Betrachtungsraumes (Fürstenhausen, Nalbach und Reisbach) statt.

Aufgrund der Vergleichbarkeit von Geologie und bergbaulicher Beeinflussung zwischen diesen Ortschaften und anderen Teilen des Betrachtungsraumes ist davon auszugehen, dass die geogene Radonbelastung im Betrachtungsraum ähnlich aussieht. Gleiches ist für die Radonexposition in Gebäuden anzunehmen. Es ist zudem davon auszugehen, dass erhöhte Radonkonzentrationen in der Boden- und Raumluft auch dieselben Ursachen haben würden (z.B.: stehende Zerrungszonen, Naturgasaustritte, Schäden in der Bausubstanz). Insbesondere die Möglichkeit des Auftretens erhöhter Radonkonzentrationen in Zusammenhang mit Naturgasaustritten spielt für die vorliegende Fragestellung eine Rolle.

Nachgewiesenermaßen können u.a. CH₄ bzw. Gasgemische als Trägermedium für Radon aus der Tiefe fungieren. Insofern ist es nicht unwahrscheinlich, dass mit erhöhten Methan-gehalten erhöhte Radonkonzentrationen einhergehen. Dies wurde in Fürstenhausen auch durch entsprechende Messungen bestätigt (s. Kap. 4.3.). Hinsichtlich des Migrationsverhal-tens im oberflächennahen Bereich sind die Radon- und Methanproblematiken qualitativ ver-gleichbar. Daher sind Maßnahmen zur Verhinderung oberflächennaher Methananreicherun-gen und/oder -entgasungen auch geeignet, die Gefahr erhöhter Radonkonzentrationen herabzusetzen.

Es muss aber betont werden, dass es sich bei Radon um einen Innenraumschadstoff han-delt. Daher ist das Augenmerk primär auf Erhöhungen der Radonkonzentrationen im oberflächennahen Bereich in bebauten Gebieten zu richten, weil das Gas hier für den Eintritt in Ge-bäude zur Verfügung stehen kann.

Zur Zeit werden an mehreren Schachtstandorten mittels kontrollierter Entgasung die frei-gesetzten Grubengase gezielt abgesaugt. Dies erfolgt aus unterschiedlichen Teufen, die zwi-schen einigen -100 m NN und dem oberflächennahen Bereich variieren. Daneben existieren zahlreiche Naturgasaustritte, vorzugsweise im östlichen Teil des Gebietes.

Durch einen Anstieg des Grubenwassers nehmen die Größe der Ausgasungsräume und da-mit einhergehend auch die Restgasvolumina ab. Zugleich werden aber Bereiche in der Tiefe überstaut, aus denen momentan Gas abgesaugt wird, und Verbindungen zwischen Schäch-ten, über die vor dem Grubenwasseranstieg ein Transport des Grubengases im Bergwerk

erfolgt ist, können dauerhaft unterbrochen werden. Eine Absaugung ist damit nur noch aus höher gelegenen Sohlen möglich. Im günstigsten Fall kann der Wegfall dieser Verbindungen über andere Gasströmungswege kompensiert werden, möglicherweise auch über eine verstärkte Unterdruckerzeugung an den verbleibenden Absauganlagen. Existieren aber keine anderen Strömungswege zu den Absaugstellen, kann ein Überdruck entstehen, die Gase migrieren über geeignete Wege im Untergrund (z.B.: Schächte, Klüfte) zur Erdoberfläche und treten hier unkontrolliert aus.

Aufgrund der Komplexität des Grubengebäudes wurde die DMT GmbH & Co. KG beauftragt, zu untersuchen, ob und in welchem Umfang Unterbrechungen von Gasströmungs wegen mit dem sukzessiven Anstieg des Grubenwassers auftreten können.

Nach Potenzialanalysen wurden raum- und flächenbezogene Restgasvolumina für den gesamten Bergwerksbereich und deren Abhängigkeit von der Höhe des Grubenwasserstands berechnet. Bei einer Modellierung der untertägigen Situation nach einem Grubenwasseranstieg auf ein geplantes Niveau von ca. -320 m NN zeigte sich, dass isolierte Bereiche untertage entstehen können.

Um in diesem Fall einen unkontrollierten übertägigen Gasaustritt zu verhindern, wurde vorgeschlagen, südlich des Sinnerthaler Schachtes eine Grubengaserkundungsbohrung abzuteufen, um Grubengas (wenn vorhanden) kontrolliert abzuführen. Wird durch die Absaugung eine zur Erdoberfläche gerichtete CH₄-Migration verhindert, fehlt ein Trägermedium für Radon. Die Radonkonzentrationen in der Bodenluft werden ausschließlich von der diffusiven Komponente gesteuert, d.h. von den Radionuklidaktivitäten der unmittelbaren Umgebung. Von einer Erhöhung der Radonwerte durch das Hinzutreten eines advektiven Anteils ist dann nicht auszugehen.

Hierbei unberücksichtigt bleiben die bereits existierenden Naturgasaustritte.

Als weitere Maßnahme sollen im Zuge eines Überwachungsprogramms regelmäßig Gasgehalte (z.B.: CH₄, CO₂) an Schachtöffnungen sowie an den bekannten Naturgasaustritten gemessen werden. Bei signifikanten Anstiegen, die nachweislich nicht durch meteorologische Einflüsse verursacht wurden, wird eine Ausweitung des Messprogramms (z.B.: räumliche und/oder zeitliche Verdichtung der Beprobung) empfohlen.

6. Schlussbemerkungen

Die Untersuchungen bezüglich der Radonsituation im Saarland haben gezeigt, dass ein Anstieg der Radonkonzentration in der Boden- und Raumluft bei laufender Abbautätigkeit erkennbar ist. Aufgrund der niedrigen Radonwerte in Gebäuden ist eine gesundheitliche Gefährdung der Bewohner mit hoher Wahrscheinlichkeit aber auszuschließen.

Der Kohleabbau ist jedoch schon seit geraumer Zeit eingestellt. Anstiege der Radonkonzentrationen in Boden- und Raumluft als Folge von Hebungen beim Grubenwasseranstieg können nicht vollständig ausgeschlossen werden. Deutliche Erhöhungen sind aufgrund der geringen Hebungsbeträge aber nicht sehr wahrscheinlich.

Erhöhte Radonkonzentrationen an der Tagesoberfläche bzw. im Baugrund sind nicht selten verknüpft mit dem Auftreten von Gaszuströmen aus dem Gebirge oder bergmännischen Hohlräumen.

In den Bereichen der Grubenwasserprovinzen Reden und Duhamel ist ein sukzessiver Grubenwasseranstieg - ausgehend von unterschiedlichen Niveaus - auf -320 m NN geplant. Laut DMT-Gutachten Begutachtung und sicherheitstechnische Bewertung des Grubenwasseranstiegs in den Wasserprovinzen Reden und Duhamel bis zu einem Niveau von -320 m NN im Hinblick auf Fragen der Ausgasung, PFG-Nr. 351 001 16 hat der Grubenwasseranstieg als solches nicht zur Folge, dass zusätzliches Grubengas und damit auch Radon zur Tagesoberfläche migrieren, weil in nahezu allen Bereichen der Wasserprovinzen in ausreichender Anzahl Gasströmungswege zu den Schächten mit Entgasungseinrichtungen vorhanden sind.

Allerdings werden durch Anstieg große Teile des Grubengebäudes und damit einhergehend Flöze und gasführende Gebirgsschichten überstaут und es kann zu einem Verschluss untertägiger Gasströmungswege kommen, die bisher einen Abtransport von Grubengas zu vorhandenen Gasabsauganlagen sicherstellten. In einigen Bereichen können Gasprovinzen mit Restgasvolumina entstehen, die keinen direkten Zugang mehr zu gasabführenden Schächten haben und aus denen unter Umständen Gasgemische zur Tagesoberfläche migrieren können. Die Potenzialanalysen zeigten jedoch, dass die Restvolumina hier vergleichsweise gering sind und das teilweise überlagernde Deckgebirge, sofern vorhanden, mit einer Mächtigkeit von bis zu einigen 100 m eine Gasmigration zusätzlich erschwert.

Um eine solche Gasmigration zu vermeiden, sollen Maßnahmen ergriffen werden, um das Grubengas auch aus diesen Gasprovinzen abführen zu können. Dafür wurde für den Bereich Reden die Erstellung eines Grubengaserkundungsbohrloches empfohlen. Dieses Bohrloch wurde bereits erfolgreich erstellt.

Die Aufnahme des Parameters „Radonkonzentration“ in das Messprogramm, ggf. an nur ausgesuchten Messpunkten, sollte unter bestimmten Bedingungen in Erwägung gezogen werden. Werden in bebauten Gebieten dauerhafte Anstiege der Naturgasgehalte beobachtet, sollten in jedem Fall Raumluftmessungen in den benachbarten Gebäuden, vorzugsweise im Keller und im Hauptaufenthaltsbereich im Erdgeschoss, durchgeführt werden. Radonmessungen sind in aller Regel einfach und zumeist auch kostengünstig durchzuführen, so dass der hierfür notwendige Aufwand sehr überschaubar wäre.

Bonn, den 18.4.2016



Dr. J. Kemske



(Dr. Meiners)



(Opahle)

