

TEIL B
AKTUELLE DATEN UND DEREN BEWERTUNG
(CURRENT DATA AND THEIR EVALUATION)

I NATÜRLICHE UMWELTRADIOAKTIVITÄT
(NATURAL ENVIRONMENTAL RADIOACTIVITY)

Bearbeitet vom Bundesamt für Strahlenschutz

1. Natürliche Umweltradioaktivität (*Natural environmental radioactivity*)

Die natürliche Strahlenexposition in Deutschland zeigt große regionale Unterschiede. Diese sind bedingt durch die unterschiedlichen Gehalte des Erdbodens an Uran, Thorium und K-40 (terrestrische Strahlung), durch die unterschiedliche Meereshöhe (kosmische Strahlung), durch die unterschiedlichen Konzentrationen des radioaktiven Edelgases Radon in der Atemluft und die regional unterschiedliche Aufnahme natürlich radioaktiver Stoffe mit der Nahrung und dem Trinkwasser. Dies führt, wie in Teil A - I erläutert, insgesamt zu einer jährlichen Exposition von etwa 2 bis 3 mSv. Gegenüber den regionalen Schwankungen sind die Unterschiede der Exposition von Jahr zu Jahr gering. Im Berichtsjahr wurden keine Untersuchungen durchgeführt, die die natürliche Komponente der Strahlenexposition weiter differenzieren.

2. Zivilisatorisch veränderte natürliche Umweltradioaktivität (*Technologically enhanced natural environmental radioactivity*)

2.1 Hinterlassenschaften und Rückstände aus Bergbau und Industrie (*Relics and residues of mining and industry*)

Hinterlassenschaften der Uranproduktion in Sachsen und Thüringen

Bei den Sanierungsarbeiten der Wismut GmbH werden mit Genehmigung der zuständigen Behörden vor allem Radionuklide der Uran-/Radiumzerfallsreihe mit der Fortluft bzw. mit den Schacht- oder Abwässern in die Umwelt abgeleitet. Nachfolgend wird ein Überblick über die Emissions- und Immissionsituation in den betroffenen Regionen gegeben, der auf ausgewählten Daten aus der Umweltüberwachung nach der Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung bei bergbaulichen Tätigkeiten (REI-Bergbau) beruht.

Detailinformationen über die Sanierungstätigkeit und die Ergebnisse der Umweltüberwachung geben die jährlichen Umweltberichte der Wismut GmbH (www.wismut.de).

2.1.1 Ableitung radioaktiver Stoffe mit Fortluft¹ und Abwasser infolge der Tätigkeit der Wismut GmbH (Emissionen) (*Discharge of radioactive substances with exhaust air and waste water as a result of the activities of the Wismut GmbH*)

In Tabelle 2.1.1-1 sind die Fortluftmengen und die Ableitungen radioaktiver Stoffe aller Wismut-Sanierungsbetriebe in den Jahren von 1998 bis 2009 zusammengestellt. Die Tabelle zeigt, dass die Ableitungen mit der Fortluft insgesamt seit Jahren deutlich unter den - in Klammern angegebenen - genehmigten Werten liegen und kontinuierlich abnehmen. Der 2009 zu verzeichnende leichte Anstieg der Rn-222-Ableitungen ist auf erhöhte Ableitungen am Standort Schlema/Alberoda zurückzuführen.

In Tabelle 2.1.1-2 ist diese Gesamtentwicklung für die Jahre 2008 und 2009 auf die einzelnen Standorte der Wismut-Sanierung aufgeschlüsselt. Es wurden die aus den Betrieben in den beiden Jahren insgesamt in die Atmosphäre abgeleiteten Mengen radioaktiver Stoffe zusammengestellt. Während in Dresden-Gittersee die Ableitungen auf dem Niveau des Vorjahres liegen und sich in Königstein verringert haben, hat sich am Standort Schlema/Alberoda die Jahresableitung an Radon gegenüber dem Vorjahr leicht um etwa 10% erhöht. An den Thüringer Standorten Ronneburg, Seelingstädt und im sächsischen Pöhlta konnten die Ableitungen völlig eingestellt werden. Die gesamten Ableitungen sowohl von Rn-222 als auch der langlebigen α -Strahler werden fast ausschließlich von den Standorten Schlema/Alberoda und Königstein verursacht.

Tabelle 2.1.1-1 Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft in die Atmosphäre im Zeitraum 1998 bis 2009 (Messwerte der Wismut GmbH)
(*Discharge of radioactive substances into the atmosphere with exhaust air during the period from 1998 to 2009 – Values measured by the Wismut GmbH*)

| Zeitraum | Fortluftmengen in $10^9 \text{ m}^3/\text{a}$ | Gesamte Ableitung radioaktiver Stoffe | | | |
|----------|-----------------------------------------------|---------------------------------------|-----------|------------------------------------------|---------|
| | | Rn-222 in TBq/a * | | Langlebige α -Strahler in MBq/a * | |
| 1998 | 22,1 | 664,7 | (1.201,1) | 31,3 | (137,1) |
| 1999 | 20,8 | 491,3 | (926,2) | 30,3 | (107,4) |
| 2000 | 18,3 | 380,4 | (798,2) | 10,0 | (99,9) |
| 2001 | 14,2 | 316,4 | (557,4) | 5,3 | (101,1) |
| 2002 | 11,8 | 260,5 | (447,4) | 13,9 | (101,1) |
| 2003 | 8,6 | 168,4 | (298,4) | 13,2 | (83,1) |
| 2004 | 8,3 | 147,3 | (268,1) | 14,0 | (82,9) |

¹ Hier sind im Wesentlichen Abwetter von Untertage gemeint

| Zeitraum | Fortluftmengen in 10 ⁹ m ³ /a | Gesamte Ableitung radioaktiver Stoffe | | | |
|----------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------|---------|----------------------------------|--------|
| | | Rn-222 in TBq/a * | | Langlebige α-Strahler in MBq/a * | |
| 2005 | 7,9 | 105,3 | (298,1) | 14,7 | (79,9) |
| 2006 | 6,2 | 80,3 | (268,0) | 6,53 | (78,3) |
| 2007 | 5,0 | 65,2 | (269,0) | 5,4 | (78,4) |
| 2008 | 3,6 | 92,9 | (267,6) | 4,9 | (77,8) |
| 2009 | 3,1 | 98,8 | (267,6) | 3,1 | (77,8) |

* Genehmigungswerte in Klammern

Tabelle 2.1.1-2 Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft in die Atmosphäre in 2008 und 2009 (Messwerte der Wismut GmbH)
(Discharge of radioactive substances into the atmosphere with exhaust air in 2008 and 2009 - Values measured by the Wismut GmbH)

| Betriebssteile der Sanierungsbetriebe | Anzahl der Abweterschächte und Wetterbohrlöcher | | Abwetter- bzw. Abluftmengen in 10 ⁹ m ³ /a | | Ableitung radioaktiver Stoffe | | | |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------|------|------------------------------------------------------------------|------|-------------------------------|------------|----------------------------------|------------|
| | | | | | Rn-222 in TBq/a * | | Langlebige α-Strahler in MBq/a * | |
| | 2009 | 2008 | 2009 | 2008 | 2009 | 2008 | 2009 | 2008 |
| Schlema/Alberoda | 1 | 2 | 1,39 | 1,41 | 95 (100) | 85 (100) | 1,4 (5,7) | 2,6 (5,7) |
| Dresden-Gittersee | 1 | 1 | 0,11 | 0,12 | 0,09 (1,6) | 0,10 (1,6) | 0,04 (1,6) | -** (1,6) |
| Königstein | 2 | 3 | 1,6 | 2,1 | 3,7 (166) | 6,2 (166) | 1,7 (70,5) | 2,3 (70,5) |

* Genehmigungswerte in Klammern

** Emissionen mit Konzentrationen unter der Nachweisgrenze wurden nicht bilanziert

Die Ableitungen radioaktiver Stoffe mit den Abwässern in die Oberflächengewässer (Vorfluter), die in Tabelle 2.1.1-3 zusammengestellt sind, liegen ebenfalls seit Jahren deutlich unter den Genehmigungswerten. Die Abwassermenge ist wegen der im Vergleich zum Trockenjahr 2008 erhöhten Niederschlagsmengen im Jahr 2009 leicht angestiegen. Dies hat insbesondere infolge der hohen Abflussmengen bei der Schneeschmelze in Verbindung mit der starken Beanspruchung der Wasserbehandlungsanlagen auch zur geringfügig höheren Freisetzung von Radionukliden geführt.

Im Vergleich zum Vorjahr erhöhte sich 2009 die Menge des insgesamt abgeleiteten Ra-226 und Uran leicht, jedoch mit unterschiedlicher Entwicklung an den einzelnen Betriebssteilen, siehe Tabelle 2.1.1-4. Die gegenüber dem Jahr 2008 erhöhten Ableitungen in Weiße Elster, Pleiße und Elbe sind auf die witterungsbedingt gestiegenen Mengen und auf teils veränderte Herkunft und chemische Zusammensetzung der zu reinigenden Wässer in Königstein (Elbe) zurückzuführen. Nach Inbetriebnahme einer neuen Anlage zur Sickerwasserbehandlung im Raum Schlema konnte die in die Zwickauer Mulde eingeleitete Uranmenge gesenkt werden. Auch die Radiumeinleitungen in die Weiße Elster verringerten sich. Die geringen Ableitungen im Betriebssteil Pöhla konnten vollständig mit Hilfe der biologischen Wasserreinigungsanlage aufbereitet werden.

Insgesamt wird deutlich, dass das jetzt erreichte Niveau der Ableitungen auch weiterhin gewissen Schwankungen unterliegen wird und sich nicht genau steuern lässt, da es stark durch die meteorologischen Verhältnisse geprägt wird.

Die Genehmigungswerte wurden jeweils aus der genehmigten Wassermenge (Pöhla: 20 m³/h, Königstein: 650 m³/h, Ronneburg: 750 m³/h, Seelingstädt: 300 m³/h) multipliziert mit der Maximalkonzentration (Pöhla: 0,2 mg Uran/l, 0,3 Bq Ra-226/l, WBA Ronneburg: 0,1 mg Uran/l bzw. 0,2 Bq Ra-226/l) bzw. mit dem genehmigten Jahresmittelwert der Konzentration (Königstein 0,3 mg Uran/l, 0,4 Bq Ra-226/l, Seelingstädt: 0,3 mg Uran/l bzw. 0,2 Bq Ra-226/l) errechnet.

Tabelle 2.1.1-3 Ableitung radioaktiver Stoffe mit den Abwässern in die Oberflächengewässer im Zeitraum 1998 bis 2009 (Messwerte der Wismut GmbH)
(Discharge of radioactive substances into surface waters with waste waters during the period from 1998 to 2009 – Values measured by the Wismut GmbH)

| Zeitraum | Abwassermenge in 10 ⁶ m ³ /a | Gesamte Ableitung radioaktiver Stoffe | | | |
|----------|----------------------------------------------------|---------------------------------------|--------|------------------|--------|
| | | Uran in t/a* | | Ra-226 in GBq/a* | |
| 1998 | 14,7 | 3,8 | (12,8) | 4,8 | (14,8) |
| 1999 | 14,7 | 3,8 | (9,4) | 2,7 | (13,6) |
| 2000 | 16,1 | 4,1 | (11,3) | 3,6 | (15,4) |
| 2001 | 14,3 | 2,8 | (13,1) | 0,7 | (16,7) |
| 2002 | 18,4 | 4,5 | (8,4) | 0,8 | (7,0) |
| 2003 | 14,6 | 3,1 | (8,2) | 0,3 | (6,8) |
| 2004 | 13,9 | 2,8 | (8,2) | 0,2 | (6,7) |
| 2005 | 14,8 | 2,2 | (8,0) | 0,3 | (6,7) |

| Zeitraum | Abwassermenge in 10 ⁶ m ³ /a | Gesamte Ableitung radioaktiver Stoffe | | | |
|----------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------|-------|------------------|-------|
| | | Uran in t/a* | | Ra-226 in GBq/a* | |
| 2006 | 16,3 | 2,4 | (9,0) | 0,3 | (7,9) |
| 2007 | 19,2 | 3,1 | (9,0) | 0,4 | (8,2) |
| 2008 | 20,2 | 3,0 | (9,1) | 0,3 | (8,4) |
| 2009 | 20,9 | 3,2 | (9,5) | 0,4 | (8,5) |

* Genehmigungswerte in Klammern

Tabelle 2.1.1-4 Ableitung radioaktiver Stoffe mit den Abwässern in die Oberflächengewässer 2008/2009 (Messwerte der Wismut GmbH)
(Discharge of radioactive substances into surface waters with waste waters for the years 2008/2009 - Values measured by the Wismut GmbH)

| VORFLUTER Betriebssteile der Sanierungsbetriebe | Abwassermenge in 10 ⁶ m ³ /a * | | Ableitung radioaktiver Stoffe | | | |
|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|------------------|-------------------------------|------------------|-------------------|--------------------|
| | 2009 | 2008 | Uran in t/a * | | Ra-226 in GBq/a * | |
| | | | 2009 | 2008 | 2009 | 2008 |
| ZWICKAUER MULDE (SACHSEN) | 8,488 (-) | 8,858 (-) | 2,170 (6,294) | 2,230 (5,939) | 0,196 (4,302) | 0,1267 (4,3110) |
| Schlema/Alberoda | 7,377 (-) | 7,701 (-) | 1,999 (6,259) | 2,061 (5,904) | 0,184 (4,249) | 0,1240 (4,2580) |
| Crossen | 0,993 (-) | 1,030 (-) | 0,169 (-) | 0,167 (-) | 0,012 (-) | 0,0025 (-) |
| Pöhla | 0,118 (-) | 0,127 (-) | 0,002 (0,035) | 0,002 (0,035) | 0,0001 (0,053) | 0,0002 (0,0530) |
| ELBE (SACHSEN) | 4,455 (5,689) | 4,172 (5,885) | 0,231 (1,708) | 0,119 (1,713) | 0,155 (2,278) | 0,1210 (2,2840) |
| Königstein | 4,455 (5,689) | 4,172 (5,885) | 0,231 (1,708) | 0,119 (1,713) | 0,155 (2,278) | 0,1210 (2,2840) |
| PLEISSE (THÜRINGEN) | 0,165 (0,400) | 0,082 (0,150) | 0,020 (0,040) | 0,006 (0,015) | 0,004 (0,030) | 0,0016 (0,0300) |
| Ronneburg | 0,165 (0,400) | 0,082 (0,150) | 0,020 (0,040) | 0,006 (0,015) | 0,004 (0,030) | 0,0016 (0,0300) |
| WEISSE ELSTER (THÜRINGEN) | 7,753 (9,200) | 7,618 (9,073) | 0,729 (1,446) | 0,668 (1,435) | 0,069 (1,84) | 0,0854 (1,815) |
| Ronneburg (WBA) | 5,523 (6,570) | 5,410 (6,438) | 0,341 (0,657) | 0,386 (0,644) | 0,055 (1,314) | 0,0626 (1,2880) |
| Seelingstädt | 2,230 (2,630) | 2,208 (2,635) | 0,388 (0,789) | 0,282 (0,791) | 0,014 (0,5260) | 0,0228 (0,5270) |

* Genehmigungswerte in Klammern

2.1.2 Überwachung der Konzentrationen radioaktiver Stoffe in den Umweltmedien in der Umgebung der Sanierungsbetriebe (Immissionen)

(Monitoring of the concentrations of radioactive substances in environmental media from areas in the vicinity of remediation facilities)

Im Folgenden werden die Rn-222-Konzentrationen in der bodennahen Luft und die Urankonzentrationen und Ra-226-Aktivitätskonzentrationen in Oberflächengewässern betrachtet, die durch die Sanierungstätigkeiten der Wismut GmbH beeinflusst werden können.

Rn-222-Konzentrationen in der bodennahen Luft

Zur Überwachung der Luft werden nach der „Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung bei bergbaulichen Tätigkeiten (REI-Bergbau)“ Messstellen zur Ermittlung der Rn-222-Konzentration der bodennahen Atmosphäre betrieben. Die Messnetze gewährleisten nicht nur eine Kontrolle der Auswirkungen von Ableitungen über die dafür vorgesehenen technischen Einrichtungen wie z. B. Lüfter; sie dienen auch zur Erfassung der aus diffusen Freisetzungen, beispielsweise aus Haldenoberflächen, resultierenden Umweltkontamination sowie zur Kontrolle der Auswirkungen der Sanierungsarbeiten. Für die Beurteilung der Gesamtstrahlenexposition in der Umgebung der Bergbauanlagen sind alle genannten Prozesse von Bedeutung. Die freigesetzte Rn-222-Menge aus den in industriellen Absetzanlagen und Halden deponierten Materialien kann dabei in der Größenordnung der jährlichen Ableitungsmengen nach Tabelle 2.1.1-2 liegen.

In Tabelle 2.1.2-1 sind die Ergebnisse der von der Wismut GmbH durchgeführten Überwachung an bergbaulich beeinflussten Messstellen im Zeitraum Winter 2008/2009 bis Sommer 2009 zusammengefasst. Die teilweise hohen Maximalwerte der Rn-222-Konzentration resultieren aus der Lage einiger Messpunkte auf oder in unmittelbarer Nähe von Anlagen (z. B. Abwetterschächten) und Betriebsflächen.

Tabelle 2.1.2-1 Rn-222-Konzentration in der bodennahen Atmosphäre an bergbaulich beeinflussten Messstellen (Winter 2008/2009 und Sommer 2009; Messwerte der Wismut GmbH)
(Radon-222 concentrations in the atmosphere close to ground level at sampling locations influenced by mining activities - Winter 2008/2009 and summer 2009; Values measured by the Wismut GmbH)

| Gebiet | Anzahl der Messstellen | Anzahl der Messstellen mit Rn-222-Konzentrationen | | | Maximum in Bq/m ³ |
|-------------------------|------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------|------------------------|------------------------------|
| | | ≤ 30 Bq/m ³ | 31 - 80 Bq/m ³ | > 80 Bq/m ³ | |
| Winter 2008/2009 | | | | | |
| Schlema/Alberoda | 68 | 22 | 42 | 4 | 190 |
| Pöhla | 5 | 5 | 0 | 0 | 17 |
| Seelingstädt | 24 | 21 | 3 | 0 | 77 |
| Crossen | 36 | 30 | 6 | 0 | 41 |
| Königstein | 8 | 8 | 0 | 0 | 17 |
| Gittersee | 9 | 9 | 0 | 0 | 21 |
| Ronneburg | 33 | 33 | 0 | 0 | 26 |
| Sommer 2009 | | | | | |
| Schlema/Alberoda | 71 | 25 | 31 | 15 | 300 |
| Pöhla | 5 | 4 | 1 | 0 | 36 |
| Seelingstädt | 24 | 20 | 4 | 0 | 71 |
| Crossen | 33 | 22 | 11 | 0 | 63 |
| Königstein | 8 | 7 | 1 | 0 | 32 |
| Gittersee | 9 | 8 | 1 | 0 | 41 |
| Ronneburg | 30 | 27 | 3 | 0 | 32 |

In Tabelle 2.1.2-2 sind die Ergebnisse der von der Wismut GmbH durchgeführten Überwachung an bergbaulich *nicht* beeinflussten Messstellen zusammengefasst. Die an diesen Messstellen ermittelten Rn-222-Konzentrationen repräsentieren den lokalen natürlichen Konzentrationspegel der jeweiligen Bergbaugebiete und können deshalb als Vergleichswerte herangezogen werden.

Tabelle 2.1.2-2 Rn-222-Konzentration in der bodennahen Atmosphäre an bergbaulich nicht beeinflussten Messstellen (Mittelwerte 1991 – 2009 und Schwankungsbreite der Mittelwerte der einzelnen Jahre; Messwerte der Wismut GmbH)
(Radon-222 concentrations in the atmosphere close to ground level at sampling locations not influenced by mining activities - mean values 1991 - 2009 and range of variation of the mean values for the individual years; Values measured by the Wismut GmbH)

| Gebiet | Winter (Rn-222-Konzentrationen in Bq/m ³) | | | Sommer (Rn-222-Konzentrationen in Bq/m ³) | | |
|------------------|-------------------------------------------------------|---------|------------------------|-------------------------------------------------------|---------|------------------------|
| | Minimum | Maximum | Mittelwert 1991 – 2009 | Minimum | Maximum | Mittelwert 1991 – 2009 |
| Schlema/Alberoda | 21 | 40 | 28 | 22 | 39 | 32 |
| Pöhla * | 14 | 35 | 20 | 18 | 29 | 24 |
| Seelingstädt | 11 | 39 | 23 | 15 | 37 | 25 |
| Crossen | 15 | 35 | 25 | 17 | 37 | 25 |
| Königstein | 11 | 31 | 19 | 13 | 36 | 25 |
| Gittersee | 16 | 33 | 25 | 23 | 46 | 33 |
| Ronneburg | 12 | 40 | 24 | 16 | 37 | 27 |

* Im Gebiet Pöhla wurden mit Abschluss der wesentlichen Sanierungsarbeiten die Messungen an bergbaulich unbeeinflussten Messstellen im Winterhalbjahr 2005/06 eingestellt

Entsprechend der „Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung bei bergbaulichen Tätigkeiten (REI-Bergbau)“ wurden von unabhängigen Messstellen im Auftrag der jeweiligen zuständigen Landesbehörde zusätzlich Kontrollmessungen an ausgewählten Messpunkten des von der Wismut GmbH betriebenen Messnetzes zur Überwachung der

Rn-222-Konzentration in der bodennahen Atmosphäre durchgeführt. Die Ergebnisse stimmen unter Berücksichtigung der jeweiligen Messunsicherheiten überein.

Auch durch das Bundesamt für Strahlenschutz wurden seit 1991 in den Bergbaugebieten umfangreiche Untersuchungen zur Ermittlung und Bewertung der Rn-222-Konzentrationen in der bodennahen Freiluft durchgeführt.

Insgesamt ergibt sich aus den Messungen, dass in großen Teilen der Bergbaugebiete mittlere Radonkonzentrationen gemessen wurden, die zwar über den für große Gebiete Nord- und Mitteldeutschlands charakteristischen Konzentrationswerten von 5 bis 15 Bq/m³ liegen, aber auch in den Gebieten ohne bergbaulichen Einfluss in ähnlicher Höhe festgestellt wurden und deshalb offensichtlich z. T. natürlichen Ursprungs sind. Messtechnisch nachweisbare, bergbaubedingt erhöhte Konzentrationen treten vor allem in der unmittelbaren Nähe von Abwetterschächten, an großen Halden oder an Absetzanlagen der Erzaufbereitung auf. Die Verringerung der Radonexposition der Bevölkerung aus solchen Hinterlassenschaften ist weiterhin eines der Ziele der Wismut-Sanierung.

Überwachung der Urankonzentrationen und Ra-226-Aktivitätskonzentrationen in Oberflächengewässern

Die Überwachung der Urankonzentrationen und Ra-226-Aktivitätskonzentrationen wird in allen Oberflächengewässern durchgeführt, in die radioaktive Ableitungen erfolgen. Zur Ermittlung des bergbaulichen Einflusses werden die Immisionsmessungen der Wismut GmbH an Messstellen vor und nach der betrieblichen Einleitung vorgenommen.

In wichtigen Vorflutern wurden die in Tabelle 2.1.2-3 angegebenen Werte bestimmt. In den übrigen durch die Ableitung radioaktiver Stoffe betroffenen Vorflutern liegen die Uran- und Radiumkonzentrationen in den gleichen Konzentrationsbereichen.

Tabelle 2.1.2-3 Medianwerte der jährlichen Uran- und Radiumkonzentrationen in den Vorflutern sächsischer und thüringischer Bergbaugebiete in 2008 und 2009 (Messwerte der Wismut GmbH)
(Median values for annual uranium and radium concentrations in the receiving streams of mining areas in Saxony and Thuringia in the years 2008 and 2009 - Values measured by the Wismut GmbH)

| Betrieb | Probennahmestelle | Messpunkt | Uran in mg/l | | Ra-226 in mBq/l | |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------|------------|--------------|---------|-----------------|------|
| | | | 2009 | 2008 | 2009 | 2008 |
| Sächsische Bergbaugebiete | | | | | | |
| Königstein | Quellgebiet Eselsbach | k-0018 | 0,017 | 0,019 | < 10 | 19 |
| | Eselsbach nach Einmündung Teufelsgrundbach | k-0024 | 0,050 | 0,050 | 11 | 15 |
| | Elbe Rathen | k-0028 | 0,001 | 0,001 | 11 | 18 |
| Gittersee | Kaitzbach vor Halde | g-0076 | 0,018 | 0,013 | 18 | 18 |
| | Kaitzbach nach Einleitung | g-0077 | 0,068 | 0,060 | 14 | 17 |
| Aue | Zwickauer Mulde in Aue | m-131 | 0,002 | 0,002 | 12 | 12 |
| | Zwickauer Mulde bei Hartenstein | m-111 | 0,009 | 0,011 | 14 | 12 |
| Pöhla | Luchsbach vor Schachtanlage | m-115 | < 0,001 | < 0,001 | < 10 | 11 |
| | Luchsbach nach WBA-Auslauf | m-165 | 0,021 | 0,025 | 17 | 14 |
| Crossen | Zwickauer Mulde Wehr Mühlgraben | M-201 | 0,007 | 0,008 | 14 | 13 |
| | Zwickauer Mulde Brücke Schlunzig | M-205 | 0,008 | 0,009 | 13 | 14 |
| | Helmsdorfer Bach | M-204 | 0,160 | 0,160 | 15 | 15 |
| | Zinnborn | M-232 | 0,240 | 0,210 | 98 | 101 |
| Thüringer Bergbaugebiete | | | | | | |
| Seelingstädt | Weißer Elster aus dem Oberlauf | E-312 | 0,001 | 0,002 | 10 | 10 |
| | Weißer Elster nach Einmündung Pöltschbach | E-314 | 0,004 | 0,005 | 10 | 10 |
| | Lerchenbach | E-369 | 0,130 | 0,110 | 10 | 10 |
| | Fuchsbach unterhalb IAA (Industrielle Absetz-Anlagen) | E-383 | 0,034 | 0,039 | 11 | 10 |
| | Weißer Elster nach Einmündung Fuchsbach | E-321 | 0,007 | 0,005 | 10 | < 10 |
| | Ronneburg | Gessenbach | e-416 | 0,042 | 0,046 | 18 |
| Ronneburg | Sprotte | s-609 | 0,004 | 0,004 | 10 | < 10 |
| | Wipse | e-437 | 0,035 | 0,039 | 12 | 12 |
| | Weißer Elster | e-419 | 0,005 | 0,005 | 10 | 10 |

Die im Jahr 2009 ermittelten Werte der Uran- und Radiumkonzentration in den großen Vorflutern Elbe, Zwickauer Mulde und Weißer Elster weisen im Vergleich zum Vorjahr keine nennenswerten Veränderungen auf.

Im Oberlauf von Wismut-Ableitungen wurden an den Messpunkten m-131, m-115 und E-312 Urankonzentrationen bis zu einer Höhe von 2 µg/l und Aktivitätskonzentrationen bis zu einer Höhe von 12 mBq/l für Ra-226 ermittelt. Diese Werte liegen im Bereich des allgemeinen geogenen Niveaus, das in Oberflächengewässern der Bundesrepublik Deutschland ermittelt wurde. Die in bergbaulich unbeeinflussten Oberflächengewässern in Deutschland festgestellten Aktivitätskonzentrationen überschreiten den Wert von 3 µg/l für U-238 und von 30 mBq/l für Ra-226 nicht und beinhalten mit den ebenfalls im Oberlauf von Wismut-Einleitungen gelegenen Messpunkten g-0076 und M-201 auch den Einfluss lokaler geologischer Besonderheiten oder des Altbergbaus.

In kleineren Bächen, die eine geringe Wasserführung aufweisen, wird das o. a. geogene Niveau im Unterlauf von Wismut-Einleitungen bei Ra-226 etwa bis zum Faktor 3 überschritten und reicht von Werten unter der Nachweisgrenze (<10 mBq/l) bis zu 98 mBq/l, während es bei Uran um etwa zwei Größenordnungen erhöht ist und Werte zwischen 4 und 240 µg/l aufweist (vgl. Messpunkte k-0018, k-0024, g-0077, m-165, M-204, M-232, E-369, E-383, e-416, s-609 und e-437). Diese kleinen Bäche unterliegen stark dem Einfluss der Sanierungsarbeiten und der Witterung und weisen daher jährliche Schwankungen auf.

In den großen Vorflutern wurden an den Messpunkten k-0028, m-111, E-314, E-321, M-205 und e-419 im Unterlauf von Wismut-Ableitungen Werte der Urankonzentration ermittelt, die gegenüber dem o. a. geogenen Niveau bis etwa zum Dreifachen erhöht sind (1 - 9 µg/l). Mit Werten von 10 - 14 mBq/l liegen die Ra-226-Aktivitätskonzentrationen dagegen im Bereich des o. a. geogenen Niveaus.

Aus der Sicht des gesundheitlichen Strahlenschutzes stellen die infolge von radioaktiven Ableitungen der Wismut GmbH erhöhten Werte der Urankonzentration und der Ra-226-Aktivitätskonzentration weder in den Bächen noch in den Vorflutern Zwickauer Mulde, Elbe, Pleiße und Weiße Elster ein Problem dar, da deren Wasser nicht für Trinkwasserzwecke genutzt wird und somit keine nennenswerten Strahlenexpositionen entstehen.

2.2 Radon in Gebäuden (Radon in buildings)

Untersuchungen und Ergebnisse

Im Rahmen verschiedener Forschungsvorhaben wurden in den vergangenen Jahren Messungen der Radonaktivitätskonzentration in der Bodenluft und in Gebäuden durchgeführt. Der Jahresmittelwert der Radonkonzentration in Aufenthaltsräumen liegt in Deutschland bei 50 Bq/m³. Dies entspricht bei einer durchschnittlichen Aufenthaltszeit in den Räumen von ca. 19 Stunden pro Tag einer mittleren jährlichen effektiven Dosis von ca. 0,9 mSv. In Einzelfällen wurden Höchstwerte von bis zu 10.000 Bq/m³ festgestellt. Bereits bei Radonkonzentrationen über 100 Bq/m³ zeigt sich eine signifikante Erhöhung des Lungenkrebsrisikos um etwa 10% pro 100 Bq/m³. Welche Radonkonzentrationen in einzelnen Gebäuden anzutreffen sind, hängt vom geologischen Untergrund am Gebäudestandort und der Radondichtheit der Gebäudehülle ab, da in den überwiegenden Fällen das in der Bodenluft vorkommende und durch erdberührende Wände und der Bodenplatte in das Haus eindringende geogene Radon die Ursache für eine erhöhte Radoninnenraumkonzentration ist.

Auf der Grundlage der vorliegenden Ergebnisse an insgesamt 2.346 Messpunkten wurde eine bundesweite Übersichtskarte der regionalen Verteilung der Radonaktivitätskonzentration in der Bodenluft erstellt (siehe Abbildung 2.2-1).

Im Ergebnis ist festzustellen, dass die gemessenen Radonaktivitätskonzentrationen in der Bodenluft einen Bereich von ca. 5 kBq/m³ bis 1.000 kBq/m³ überstreichen. Lokal hängt die Höhe vom jeweiligen geologischen Untergrund ab. In ca. 30% der Fläche Deutschlands und davon überwiegend in Gebieten der Norddeutschen Tiefebene liegt die Bodenluftkonzentration im Bereich unterhalb von 20 kBq/m³. Werte über 100 kBq/m³ sind nur in einigen eng begrenzten Gebieten zu erwarten. Diese sind in der Regel durch das Vorkommen von Graniten oder granitähnlichen Gesteinen nahe der Erdoberfläche gekennzeichnet.

In Gebieten mit Radonaktivitätskonzentrationen in der Bodenluft bis 20 kBq/m³ sind Radonaktivitätskonzentrationen in Aufenthaltsräumen über 100 Bq/m³ selten. Grundsätzlich kann in diesen Gebieten davon ausgegangen werden, dass ein fachgerechter Schutz der Gebäude gegen von außen angreifende Bodenfeuchte nach dem Stand der Technik ausreichend Schutz vor erhöhten Radonkonzentrationen im Gebäude bietet.

Bei Radonaktivitätskonzentration in der Bodenluft von mehr als 20 kBq/m³ und in Abhängigkeit von der Bauweise und dem Bauzustand sind erhöhte Radonkonzentrationen in Gebäuden häufiger zu erwarten. Überdurchschnittlich häufig werden erhöhte Radonkonzentrationen in Häusern älteren Baujahres gefunden, insbesondere dann, wenn die Häuser keine Fundamentplatte oder Undichtigkeiten der Gebäudehülle im erdberührten Bereich aufweisen. Infolge der Geologie des Bauuntergrundes können in einzelnen Gebäuden Jahresmittelwerte von einigen Tausend Becquerel pro Kubikmeter auftreten. In den Regionen mit einer Bodenluftkonzentration von mehr als 20 kBq/m³ sind Messungen der Radonaktivitätskonzentration in der Innenraumluft zu empfehlen, um die tatsächliche Strahlenexposition betroffener Personen durch Radon bewerten und gegebenenfalls angemessene Schutzmaßnahmen ergreifen zu können. Bei der Planung neuer Gebäude sind Maßnahmen zur Begrenzung des Radoneintritts aus dem Boden in das Gebäude in Betracht zu ziehen, deren Umfang sich an den Standortbedingungen orientieren sollte. Insbesondere bei Radonkonzentrationen in der Bodenluft von über 100 kBq/m³ ist auch bei neu errichteten Gebäuden ohne Radonschutzmaßnahmen häufig mit Radonkonzentrationen über 100 Bq/m³ zu rechnen. Tabelle 2.2-1 zeigt die auf der Radonaktivitätskonzentration in der Bodenluft beruhende Abschätzung (Stand 2007) der Anzahl von Ein- und Zweifamilienhäusern mit Radonaktivitätskonzentrationen in Aufenthaltsräumen oberhalb von 100 Bq/m³.

In Bergbaugebieten können über Klüfte und Risse im Deckgebirge oder über direkte Verbindungen von Stollen oder Schächten Grubenwetter in die Gebäude gelangen. In diesen Fällen werden die eindringende Radonmenge und die daraus resultierende Radonkonzentration meist von der Bewetterung der untertägigen Hohlräume beeinflusst. In Häusern von Bergbaugebieten wurden in Einzelfällen kurzzeitig deutlich über 100.000 Bq/m^3 gemessen. Werden Jahresmittelwerte der Radonkonzentration von über 100 Bq/m^3 Luft in Aufenthaltsräumen ermittelt, ist generell die Durchführung geeigneter Maßnahmen zu empfehlen. Dabei sollen die Höhe der Radonkonzentration, d. h. des damit verbundenen Gesundheitsrisikos, und der Aufwand der Sanierungsmaßnahmen in einem angemessenen Verhältnis stehen.

Der Einfluss der Radonabgabe aus mineralischen Baumaterialien wird im Vergleich zum geogenen Radon allgemein als gering angesehen. Im Zuge einer Diskussion um eine mögliche Einbeziehung der Radonabgabe eines Baustoffes als Zulassungskriterium in der Bauproduktrichtlinie und um die vorhandene Datenbasis zu aktualisieren, wurde die Radonabgabe von in Deutschland aktuell üblichen Produkten in einem Projekt untersucht (siehe Kap. 2.3).

Generell von untergeordneter Bedeutung für die Radonkonzentrationen in Innenräumen ist in Deutschland das in Wasser gelöste Radon, welches bei dessen Anwendung in die Raumluft freigesetzt wird.

Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) weist in einer Publikation aus dem Jahr 2001 darauf hin, dass Radon ein wichtiges Gesundheitsproblem darstellt und für den Menschen krebserregend ist. Ferner wird festgestellt, dass die Unsicherheit bei der Risikoabschätzung geringer ist als bei anderen krebserregenden Stoffen. Im Jahre 2005 startete die WHO ein internationales Radonprojekt, um die Gesundheitsaspekte einer Radonexposition zu analysieren und Empfehlungen für Messungen und Sanierungen sowie Leitfäden zur administrativen Regelung in den Mitgliedsstaaten zu formulieren. Der Abschluss des Projektes fand Ende 2009 mit der Veröffentlichung des WHO-Radonhandbuches statt.

| Radonkonzentration in Bq/m^3 | Relative Häufigkeit in % | tausend Häuser |
|------------------------------------------|-----------------------------|----------------|
| > 100 | 10 – 12 | 1.300 – 1.600 |
| > 200 | 1,6 – 3,1 | 220 – 420 |
| > 400 | 0,3 – 0,9 | 40 – 140 |
| > 1.000 | 0,03 – 0,2 | 4 – 25 |

Tabelle 2.2-1

Geschätzte Anzahl der Ein- und Zweifamilienhäuser mit Radonkonzentrationen über verschiedenen Schwellenwerten in Aufenthaltsräumen

(Estimated number of one- and two-family houses with radon concentration above various threshold values in living rooms)

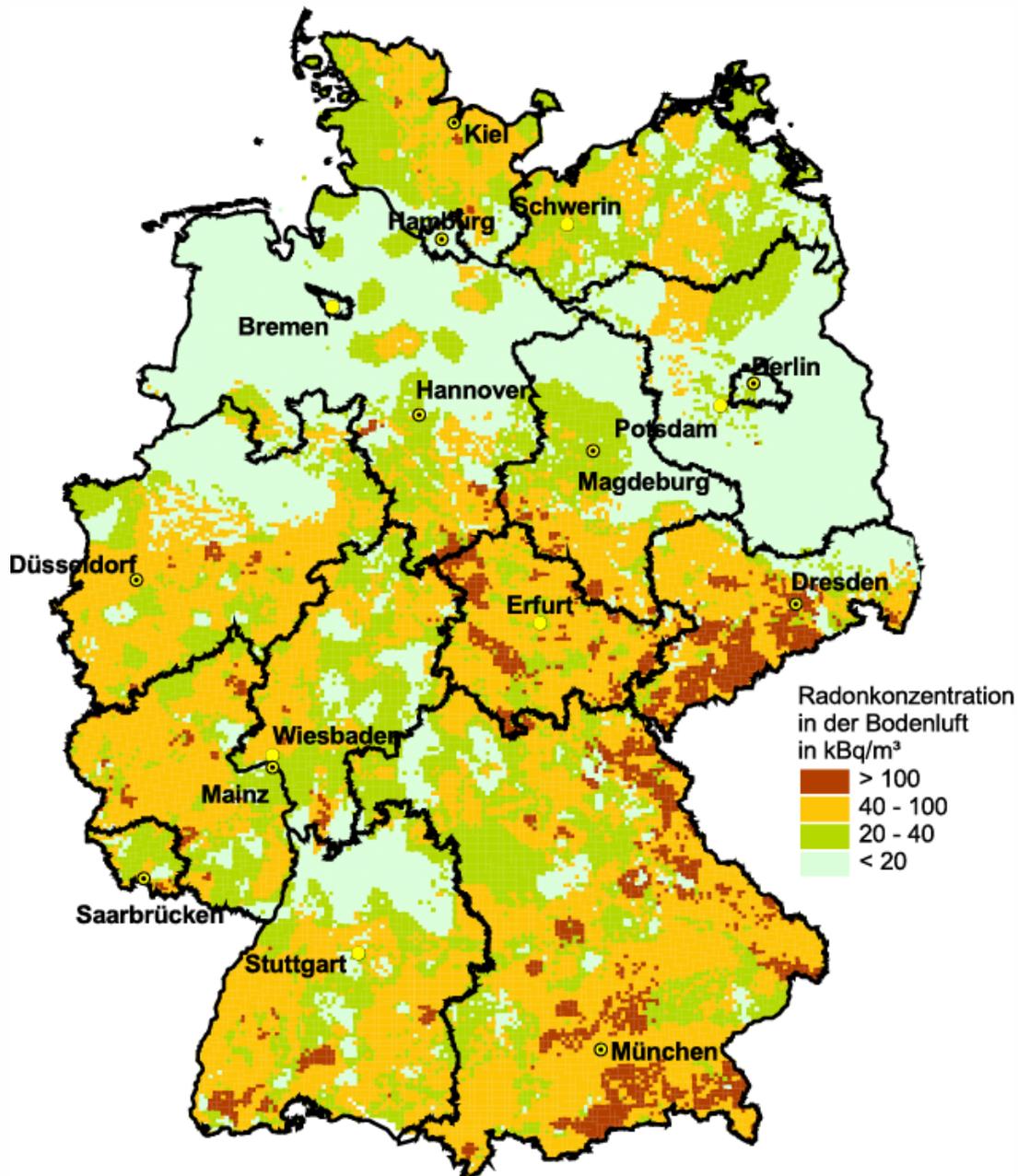


Abbildung 2.2-1 Übersichtskarte der Radonkonzentration in der Bodenluft in 1 m Tiefe (nach Daten von 2001)
(Overview of Radon concentration in soil air at 1 m depth - data from 2001)

2.3 Radioaktive Stoffe in Baumaterialien und Industrieprodukten (Radioactive substances in building material and industrial products)

Untersuchungen und Ergebnisse

Die von den Baustoffen ausgehende Gammastrahlung führt zu einer mittleren Äquivalentdosisleistung in Wohngebäuden von rund 0,6 mSv/a, was einer jährlichen effektiven Dosis von 0,3 mSv entspricht.

Das durch radioaktiven Zerfall aus Ra-226 entstehende Rn-222 ist aus der Sicht des Strahlenschutzes von besonderem Interesse. In den wichtigen mineralischen Baustoffen Beton, Ziegel, Porenbeton und Kalksandstein sowie in den Naturwerksteinen wurden allerdings Ra-226-Konzentrationen gemessen, die in der Regel nicht die Ursache für im Sinne des Strahlenschutzes relevante Radonkonzentration in Wohnungen (siehe Kapitel 2.2) sind.

Im Zuge einer Diskussion um eine mögliche Einbeziehung der Radionuklidkonzentration und der Radonabgabe eines Baustoffes als Zulassungskriterium in der Bauproduktrichtlinie und um die vorhandene Datenbasis zu aktualisieren, wurde in einem Projekt in Zusammenarbeit mit dem Bundesverband Baustoffe - Steine und Erden e.V. (bbs) die Nuklidkonzentration und Radonexhalation von über 100 in Deutschland aktuell üblichen, repräsentativen Innenraumprodukten un-

tersucht. Die Spannweite der Ergebnisse der massespezifischen Aktivitätsmessungen in den Baustoffen ist in Tabelle 2.3-2 zusammengefasst.

Tabelle 2.3-2 Ergebnisse der Radonnuclidbestimmungen in Baustoffgruppen

| Produkte | Spezifische Aktivität (Bq/kg) | | | | | | |
|-----------------|-------------------------------|------|------|--------|------|--------|------|
| | Probenzahl | K-40 | | Th-228 | | Ra-226 | |
| | | min. | max. | min. | max. | min. | max. |
| Gipsprodukte | 5 | < 20 | 120 | 1,6 | 5,8 | 3,8 | 13 |
| Kalksandsteine | 3 | 35 | 180 | 2,8 | 7,2 | 4,1 | 10 |
| Mineralwolle | 7 | 49 | 350 | 4,7 | 64 | 16 | 80 |
| Ziegel | 27 | 470 | 1200 | 37 | 98 | 38 | 63 |
| Zement/Mörtel | 11 | 135 | 380 | 11 | 21 | 11 | 35 |
| Fliesen/Keramik | 5 | 295 | 620 | 39 | 97 | 67 | 110 |
| Porenbeton | 10 | 97 | 350 | 4,8 | 19 | 8 | 26 |
| Mörtel | 7 | 120 | 310 | 6 | 31 | 11 | 53 |
| Putze | 19 | 12 | 220 | 0,9 | 31 | 2 | 22 |
| Estrich | 5 | 210 | 295 | 11 | 34 | 11 | 26 |
| Leichtbeton | 7 | 710 | 850 | 28 | 83 | 27 | 98 |
| Beton | 3 | 230 | 560 | 10 | 47 | 13 | 25 |

Bei der Mehrzahl der Baustoffgruppen wurde eine Gesamtdosis deutlich unterhalb von 1 mSv/a abgeschätzt. Dieser Wert kann bei den Produktgruppen Ziegel, Leichtbeton und Beton, die allerdings die Massenprodukte darstellen, von wenigen Produkten überschritten werden. Selbstverständlich sind bei wechselnden Rohstoffen oder Zusätzen von Rückständen mit erhöhten Radionuclidgehalten Veränderungen möglich. Die durchgeführten Untersuchungen haben weiterhin gezeigt, dass der baustoffbedingte Anteil an der Radonkonzentration in Innenräumen grundsätzlich unter 20 Bq/m^3 liegt. Es kann allerdings nicht ausgeschlossen werden, dass - wie national und international in der Vergangenheit beobachtet - in Einzelfällen Materialien eingesetzt werden können, die zu einer erhöhten Radoninnenraumkonzentration führen.

Wegen der zunehmenden Verwendung von Naturwerksteinen im häuslichen Bereich kommt der von diesen Materialien ausgehenden Strahlenexposition für die Bevölkerung besondere Bedeutung zu. Deshalb wurden mit Unterstützung des Deutschen Naturwerkstein-Verbandes e. V. in den letzten Jahren eine Reihe marktgängiger Fliesen und anderer Plattenmaterialien unterschiedlichster Herkunft untersucht. Die spezifische Aktivität natürlicher Radionuklide (Ra-226, Th-232 und K-40) variiert auch innerhalb der einzelnen Materialarten in einem großen Bereich. Unter den Natursteinen besitzen vor allem kieselsäurereiche Magmagessteine infolge natürlicher Radionuklide vergleichsweise hohe spezifische Aktivitäten.

Eine breitere Übersicht über die spezifische Aktivität natürlicher Radionuklide in Baustoffen, beruhend auf den Daten der Messreihe in den 90er Jahren, gibt Tabelle 2.3-1 in Teil A dieses Berichts.