

Strahlenexposition durch Trinkwasser in Oberösterreich - 2004 bis 2006

Teilprojekt Strahlenexposition von Beschäftigten
in oberösterreichischen Wasserwerken

Zusammenfassender Endbericht



Beteiligte Institutionen:



BUNDESMINISTERIUM FÜR
GESUNDHEIT UND FRAUEN



Projektteam

Aspek Wolfgang⁷
Baumgartner Andreas⁴
Bernreiter Markus²
Binder Konrad¹
Brettner-Messler Robert⁵
Ditto Manfred³
Edtstadler Thomas¹
Frosch Manfred¹
Guttenbrunner Gerhard¹
Gruber Valeria⁴
Kaineder Heribert¹
Katzberger Christian²
Landstetter Claudia²
Lang-Jakschi Karl¹
Leichtfried Wolfgang¹
Maringer Franz Josef⁴
Nadschläger Erwin¹
Ringer Wolfgang²
Simader Matthias⁶
Sperker Sigrid¹
Steidl Gerald¹
Weilner Sylvia⁴

Beteiligte Institutionen

- 1 Land Oberösterreich: Umwelt- und Anlagentechnik (Umwelttechnik), Wasserwirtschaft (wasserwirtschaftliches Planungsorgan, Grund- und Trinkwasserwirtschaft), Landessanitätsdirektion (Begutachtungen, Infektionskrankheiten und Umweltmedizin [BIU], Lebensmittelaufsicht)
- 2 Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit AGES (CC Radioökologie und Radon, CC Strahlenschutz und Radiochemie)
- 3 Bundesministerium für Gesundheit und Frauen - BMGF
- 4 Universität für Bodenkultur Wien - BOKU, LLC-Labor Arsenal
- 5 Technische Universität Wien, Atominstitut
- 6 FH Campus Wels
- 7 Allgemeine Unfallversicherungsanstalt AUVA

Projektkoordination

Heribert Kaineder (Land Oberösterreich, Abt. Umwelt- und Anlagentechnik, Umwelttechnik - Strahlenschutz)

Wissenschaftliche Bearbeitung und wissenschaftliche Gesamtleitung

Wolfgang Ringer, Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit AGES (CC Radioökologie und Radon, Linz)

Finanzierung der Leistung der AGES zu dieser Studie durch das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft

INHALTSVERZEICHNIS

Zusammenfassung	4
1. Einführung	3
2. Allgemeines	3
3. Methodik und Durchführung	5
4. Ergebnisse	6
4.1. Radon	6
4.2. Radonexposition	8
4.3. Gleichgewichtsfaktor und Thoron	8
4.4. Ortsdosisleistung	8
4.5. Filterschlämme	9
4.6. Radon in Wasser	9
5. Bewertung der Radonexposition	9
6. Sanierungen	10
7. Richtlinien für die Radonvorsorge in neuen Wasserwerken und für die Senkung der Radonexposition in bestehenden Wasserwerken	10
8. Diskussion und Empfehlungen	16
Literatur	20

Impressum:

Medieninhaber und Herausgeber:

Land Oberösterreich, Abteilung Umwelt- und Anlagentechnik

Umwelttechnik - Strahlenschutz, Kärntnerstr. 10-12, 4021 Linz, Tel. 0732-7720-14543

E-Mail: u-ut.post@ooe.gv.at

Homepage: www.land-oberoesterreich.gv.at

Redaktion: Dipl.-Ing. Erwin Nadschläger, Land Oberösterreich

Wissenschaftliche Begleitung: Dr. Wolfgang Ringer, AGES

Gestaltung: Manfred Frosch

Ausgabe März 2007

Zusammenfassung

Im Hinblick auf die Umsetzung der Grundnormen-Richtlinie 96/29/EURATOM der Europäischen Union und zur Erweiterung der Expertise auf dem Gebiet der natürlichen Strahlenexposition in Arbeitsstätten in Österreich wurde eine Studie zur Radonexposition von Beschäftigten in oberösterreichischen Wasserwerken durchgeführt. Das vorliegende Projekt ist Teil der Studie des Landes Oberösterreich zur Untersuchung der Strahlenexposition von Arbeitnehmern in Trinkwasserwerken und Heilbädern und der Bevölkerung durch Radionuklide im Trinkwasser.

Als Kriterien wurden für die Auswahl der Wasserwerke die Abgabemenge (→ Untersuchung der größten Wasserwerke) und der geogene Untergrund herangezogen. 45 der 46 ausgewählten Wasserwerke nahmen an der Studie teil.

Über Erhebungsbögen, die vor Ort mit dem Verantwortlichen ausgefüllt wurden, und Messungen in verschiedenen Anlagenteilen wurden die Aufenthaltszeiten des Personals bzw. die Radonkonzentrationen ermittelt. Aus diesen Daten erfolgte die Berechnung der jährlichen Radonexposition.

Die Radonmessungen wurden in Aufbereitungen, Trinkwasserbehältern und Aufenthaltsräumen durchgeführt. In 55 % der Fälle lag der Messwert unter 1.000 Bq/m^3 , in 99 % der Fälle unter 10.000 Bq/m^3 .

In 69 % der untersuchten Wasserwerke lag die maximale Radonexposition der Beschäftigten unter $0,31 \text{ MBq/m}^3$ (entspricht 1 mSv/a). Bei zwei Wasserwerken ergaben die Untersuchungen eine Radonexposition über 6 MBq/m^3 (entspricht dem Grenzwert von 20 mSv/a), in einem weiteren Wasserwerk war die Exposition höher als 2 MBq/m^3 (entspricht $6 \text{ mSv/a} = \text{Eingreifwert}$).

Nach einer Besichtigung und weiteren Radonmessungen wurden Maßnahmen zur Reduktion der Radonexposition durchgeführt. Bei den drei Wasserwerken konnte die Radonexposition deutlich unter 1 MBq/m^3 gesenkt werden; die Kosten lagen in allen Fällen unter € 1000,-. Es wird empfohlen, die Radonexposition alle 5 Jahre oder nach wesentlichen baulichen oder arbeitsorganisatorischen Änderungen zu bestimmen, um einen langfristigen Sanierungserfolg zu gewährleisten.

Die Sanierungserfahrungen wurden mit der Erstellung von umfassenden Richtlinien für Radon-Maßnahmen in neuen und bestehenden Wasserwerken umgesetzt. In

den Richtlinien ist die Vorgangsweise bei Feststellung einer Überschreitung des Eingreifwertes dargestellt. Weiters werden für die diversen Anlagenteile eines Wasserwerkes die typischen Radonquellen und die möglichen Abhilfemaßnahmen (mit praktischen Beispielen) erläutert. Mit Hilfe der Richtlinien kann schon bei der Planung von Wasserwerken durch entsprechende Vorsorgemaßnahmen ein Radonproblem vermieden werden.

Aufgrund der Untersuchungsergebnisse wird ein stufenweises Vorgehen für die Ermittlung der Radonexposition empfohlen. In einem ersten Schritt wird in der Hälfte der Trinkwasserbehälter (jene mit der größten Wasseroberfläche bzw. mit dem größten Wasserdurchsatz), in allen offenen Aufbereitungen bzw. geschlossenen Aufbereitungen mit Entlüftung ins Gebäude, in Räumen mit Aufenthalt länger als eine Stunde pro Woche (Werkstatt, Büro, Schaltraum etc.) und in den Quell- und Sammelschächten (falls die Gesamtaufenthaltszeit in den Quellschächten mehr als eine halbe Stunde pro Woche beträgt) die Radonkonzentration über einen Zeitraum von mindestens zwei Wochen bestimmt (Teilerhebung). Werden in den Quell- und Sammelschächten keine Radonmessungen durchgeführt, so sind sie trotzdem in der Expositionsabschätzung zu berücksichtigen. Als Radonkonzentration wird dann die mittlere Radonkonzentration in den Trinkwasserbehältern verwendet.

Ergibt die Expositionsabschätzung einen Wert größer 1 MBq/m^3 , so ist zur genauen Ermittlung der Exposition zusätzlich die Radonkonzentration in allen anderen Trinkwasserbehältern und - falls bei der Teilerhebung noch nicht durchgeführt - in den Quell- und Sammelschächten zu bestimmen (Vollerhebung). Außerdem sind die Angaben über die Aufenthaltszeiten zu überprüfen, da die Schätzungen oft in Richtung höherer Aufenthaltszeiten (gleichbedeutend mit viel Arbeit) gehen.

Weitere wesentliche Ergebnisse der Studie sind:

- ⇒ Messungen der Ortsdosisleistung bei Raumluftentfeuchtern ergaben keine Anhaltspunkte für eine erhöhte Exposition der Beschäftigten durch externe ionisierende Strahlung.
- ⇒ Der Gleichgewichtsfaktor lag im Mittel bei 0,5 und ist somit etwas höher als in

Wohnräumen. Thoron (Rn-220) konnte in keinem Fall in der Raumluft nachgewiesen werden.

- ⇒ Messungen der ungefilterten Eindampfrückstände von Rückspülwässern ergaben Maximalwerte für die Radionuklide der drei natürlichen Zerfallsreihen von der zehnfachenmittleren Konzentration im Boden. Aufgrund der unterschiedlichen Löslichkeit der Isotope sind die Zerfallsreihen nicht im Gleichgewicht. Die Entsorgung der Rückspülwässer erfolgt in der Regel über die Kanalisation.
- ⇒ Es besteht keine Korrelation zwischen der Radonkonzentration des Rohwassers und jener der Raumluft, da viele Faktoren die Radonkonzentration in der Luft bestimmen. Solche Einflussfaktoren sind der Aufbau der Anlagen (Kontakt des Wassers mit der Raumluft (z.B. Zerstäuber, Kaskaden), Luftströmungsverhältnisse im

Gebäude, Lüftungsverhältnisse (Zwangsbeltüftung etc.)), verschiedene Betriebszustände wie Filterrückspülung, Behälterreinigung, Befüllen/Entleeren der Behälter usw. sowie meteorologische Parameter wie die Außentemperatur und Luftdruckänderungen. Eine Prognose der Radonexposition aufgrund der Geologie oder aufgrund von Messwerten aus anderen Wasserwerken ist im Einzelfall nicht möglich. Es wird daher empfohlen, in allen Wasserwerken mit Aufenthaltszeiten von über 20 Stunden pro Jahr und Person grundsätzlich über Messungen die Radonexposition zu ermitteln.

Um in Zukunft erhöhte Radonexpositionen in Wasserwerken zu vermeiden, wird empfohlen, über Interessensgemeinschaften (ÖVGW, OÖ. Wasser etc.) und Schulungen (z.B. im Rahmen von Kursen für Wasserwart/-meister) Aufklärungs- und Informationsarbeit zu leisten.



1. Einführung

Die Umsetzung der Grundnormen-Richtlinie 96/29/EURATOM der Europäischen Union erfordert im Zusammenhang mit den bestehenden und zukünftigen gesetzlichen Rahmenbedingungen in Österreich die umfassende Erhebung der Strahlenexposition in Arbeitsstätten.

Titel VII der oben genannten Richtlinie verweist auf den Schutz vor erheblich erhöhter Exposition durch natürliche Strahlung. Die Mitgliedstaaten werden verpflichtet, anhand von Untersuchungen oder anderen geeigneten Mitteln die Arbeiten zu ermitteln, die von Belang sein könnten.

Die Studie soll dazu dienen, die Expertise auf dem Gebiet der natürlichen Strahlenexposition in Arbeitsstätten in Österreich zu erweitern. Eines der

Arbeitsfelder, in denen eine erhöhte Exposition der Beschäftigten auftreten kann, sind Wasserversorgungsanlagen. Zur Untersuchung der Verhältnisse in Oberösterreich wurden in ausgewählten Wasserwerken die Radonkonzentration in verschiedenen Gebäuden (Aufbereitungsgebäude, Hochbehälter), die Radonexposition der Beschäftigten, die Ortsdosisleistung bei Raumluftentfeuchter sowie der Radioaktivitätsgehalt der Filterschlämme ermittelt. Aus den Messergebnissen wurde die Strahlenexposition der Beschäftigten und ggf. von Einzelpersonen der Bevölkerung bestimmt. Bei Überschreitung des Eingreif- bzw. Grenzwertes erfolgte eine Sanierung des betroffenen Wasserwerkes. Weiters wurden Richtlinien für die Senkung der Radonexposition in Wasserwerken erstellt.

2. Allgemeines

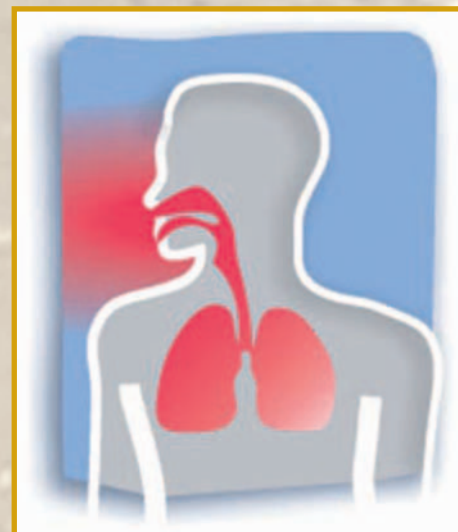
Strahlenexposition in Wasserwerken

Die Strahlenexposition von Beschäftigten in Wasserwerken setzt sich aus zwei Komponenten zusammen:

- die Exposition aufgrund der Inhalation von Radon
- die Exposition aufgrund der externen Gammastrahlung

Der Beitrag der externen Gammastrahlung zur Strahlenexposition ist in den meisten Fällen vernachlässigbar. Theoretisch können jedoch im Filter von Raumluftentfeuchtern Radon-Folgeprodukte akkumuliert werden, sodass in der Nähe dieser Raumluftentfeuchter stärkere Gammastrahlung (höhere Ortsdosisleistung) vorhanden ist.

Die Radonexposition liefert den wesentlichen Beitrag zur Gesamtexposition. Radon¹ ist ein radioaktives, geruch- und farbloses Edelgas und ist ein radioaktives Folgeprodukt von Uran, das in allen Urgesteinen enthalten ist. Entweicht das gasförmige Radon in die Luft,



wird es mit der Atemluft inhaled. Die radioaktive Strahlung von Radon und insbesondere von seinen an Aerosolen (Schwebeteilchen) angelagerten Folgeprodukten können zu einer Schädigung des Lungengewebes führen. Die Inhalation von Radon ist nach dem Rauchen die zweithäufigste Ursache für Lungenkrebs.

¹ Es gibt drei radioaktive Radon-Isotope: Rn-219, Rn-220 und Rn-222. Der Begriff Radon in diesem Bericht bezeichnet immer nur das Isotop Rn-222 (der Dosisbeitrag der beiden anderen Radonisotope ist in der Regel vernachlässigbar).

Radon in Wasserwerken

Beim Zerfall von Uran entweicht ein Teil des Radon aus dem Gestein in die Poren des Bodens. Sind die Poren mit Wasser gefüllt, wird das Radon im Wasser gelöst und so in das Wasserwerk transportiert. Über die offenen Wasserflächen in Sammelschächten, Aufbereitungen, Hochbehälter etc. gelangt das Radon in die Raumluft (siehe Abbildung 2.1.).

Die Höhe der Radonexposition eines Beschäftigten hängt von der Radonkonzentration und der Aufenthaltsdauer des Beschäftigten (Expositionsdauer) in den verschiedenen Anlagenteilen eines Wasserwerkes ab. Es müssen daher in den Anlagenteilen eines Wasserwerkes die Radonkonzentration bestimmt und die Arbeitsabläufe berücksichtigt werden.

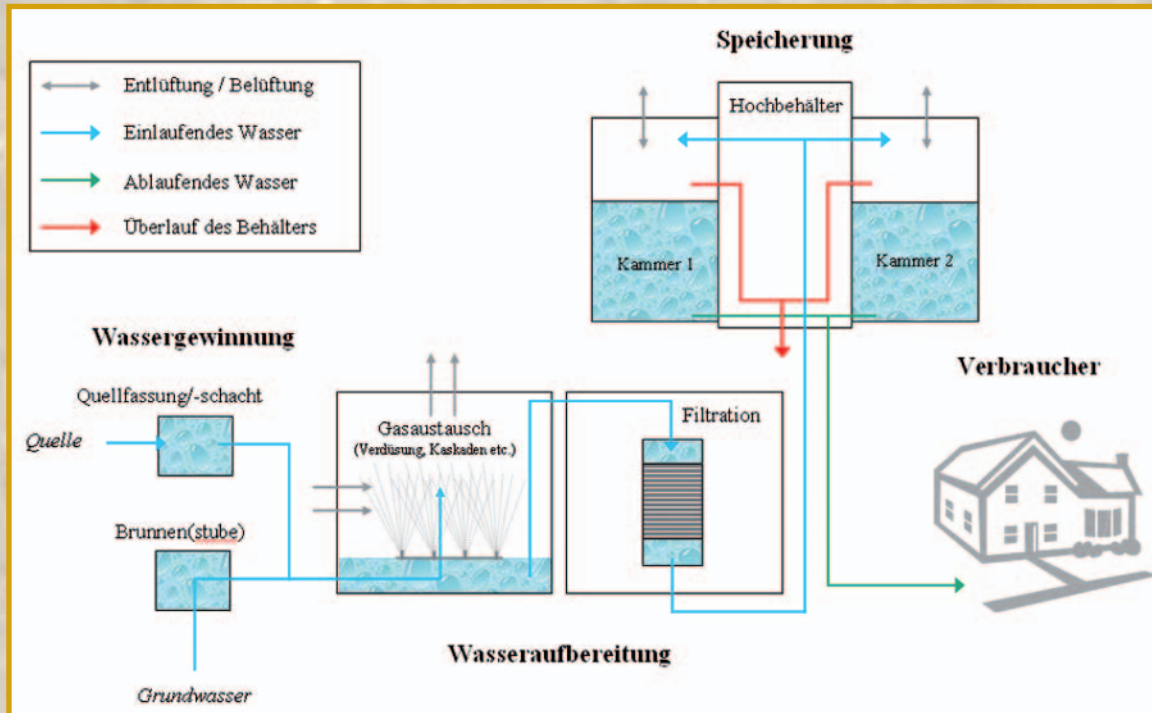


Abbildung 2.1.: Weg des Wassers durch das Wasserwerk (nach [Hing03])

Zerstäubung des Wassers (CO_2 -Ablüfter, Kaskaden, Verdüsung), Verwirbelungen in Folge des freien Falls vom Wassereinlass in die Wasserbecken und Spülungen der Aufbereitungsanlagen verstärken den Transfer von Radon vom Wasser in die Luft. Die Schüttung, die Größe des Raumes und vor allem die Lüftung beeinflussen ebenso die Radonkonzentration in Räumen.

Längere Aufenthaltszeiten sind bei Wasserwerken mit Aufbereitungsanlagen durch die regelmäßige Spülung

der Filterkiesbecken zu erwarten. In manchen Fällen ist ein Büro oder ein anderer Aufenthaltsraum im Aufbereitungsgebäude untergebracht. In der Regel ist der Aufenthalt in Räumen mit offenen Wasserflächen aber nur kurz, das heißt im Bereich von Minuten bis zu wenigen Stunden pro Woche. Dennoch kann es trotz der kurzen Begehungszeiten aufgrund sehr hoher Radonkonzentrationen zu hohen Expositionswerten kommen.

Strahlenexposition der Bevölkerung

In Filter- und Absetzbecken wird ein großer Teil der Schwebstoffe im Wasser abgelagert. Der so anfallende Filterschlamm ist - je nach Geologie und Chemie des Untergrundes bzw. des Wassers - unter Umständen stark mit natürlichen Radionukliden angereichert. Theoretisch könnte es bei einer Deponierung des

Filterschlammes oder bei Ausbringung auf landwirtschaftlichen Nutzböden zu einer Strahlenbelastung der Bevölkerung durch externe Gammastrahlung bzw. Inkorporation kommen. In aller Regel wird jedoch der Filterschlamm mit dem Rückspülwasser in die Kanalisation entsorgt.

3. Methodik und Durchführung

Zunächst wurde ein Erhebungsbogen mit den Hauptteilen Kontakt, Allgemeine Angaben, Angaben zur Aufbereitung, Angaben zum Trinkwasserbehälter, Angaben zum Personal erstellt.

Bei der Auswahl wurde versucht, diejenigen Wasserwerke in die Studie einzubinden, in denen die höchsten Radonexpositionen zu erwarten sind. Kriterien dafür waren der geogene Untergrund und die Größe des Wasserwerkes (d.h. die tägliche Wasserabgabemenge).

In den Regionen Inn-, Hausruck- und Traunviertel wurden die Wasserwerke mit einer Abgaberate größer 10 l/s ausgewählt; aufgrund der zu erwartenden höheren Radonkonzentration infolge der geologischen Bedingungen wurden im Mühlviertel alle Betriebe ab einer Wasserabgabemenge von 5 l/s ausgewählt.

Bei den Betreibern handelte es sich zumeist um Gemeinden, Genossenschaften und Verbände.

In Summe wurden 46 oberösterreichische Betriebe zur Teilnahme an der Studie eingeladen.

Der Erhebungsbogen wurde vor Ort mit dem Wasserwerks-Zuständigen ausgefüllt; gleichzeitig wurden die Radonmessdosen in den diversen Anlagenteilen aufgestellt. Weiters wurden Proben für die Nuklid-Messung von Filterschlamm und die Radonmessung im Wasser genommen.

Mit den Angaben im Erhebungsbogen über die Aufenthaltszeiten in den diversen Anlagenteilen und der gemessenen Radonkonzentrationen wurde die jährliche Radonexposition für den Beschäftigten mit den längsten Aufenthaltszeiten bestimmt.

In einem Schreiben wurden die Wasserwerks-Betreiber über die Ergebnisse informiert.

Die geographische Verteilung der teilnehmenden Wasserwerke in Oberösterreich ist in Abbildung 3.1. dargestellt.



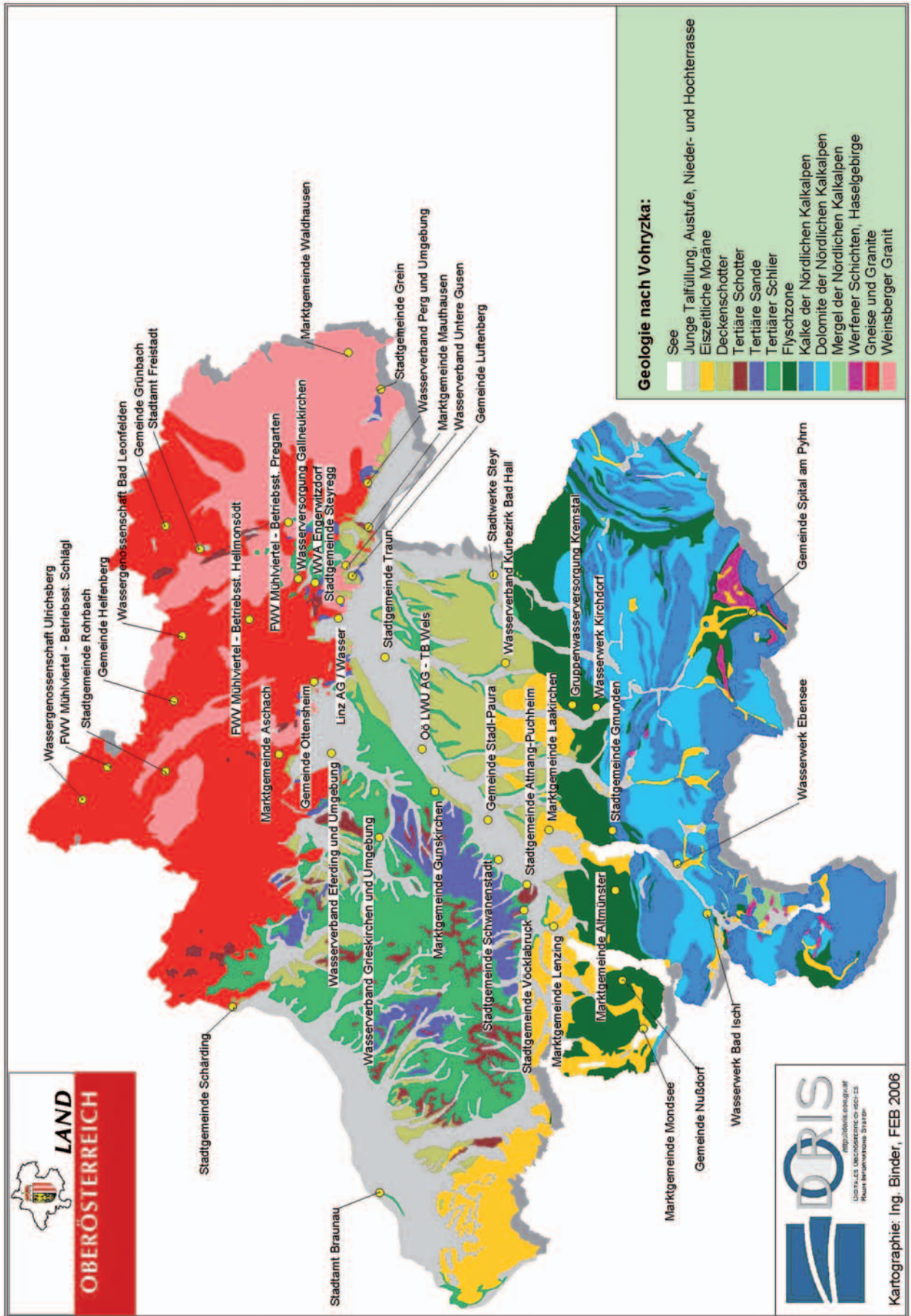


Abbildung 3.1.: Darstellung der geographischen Verteilung der teilnehmenden Wasserwerke mit geologischem Untergrund

4. Ergebnisse

4.1. Radon

Abbildung 4.1.1. zeigt die Verteilung der Messergebnisse. In 55 % der beprobten Anlagenteile liegt die durchschnittliche Radonkonzentration unter 1000 Bq/m³, in 99 % unter 10.000 Bq/m³.

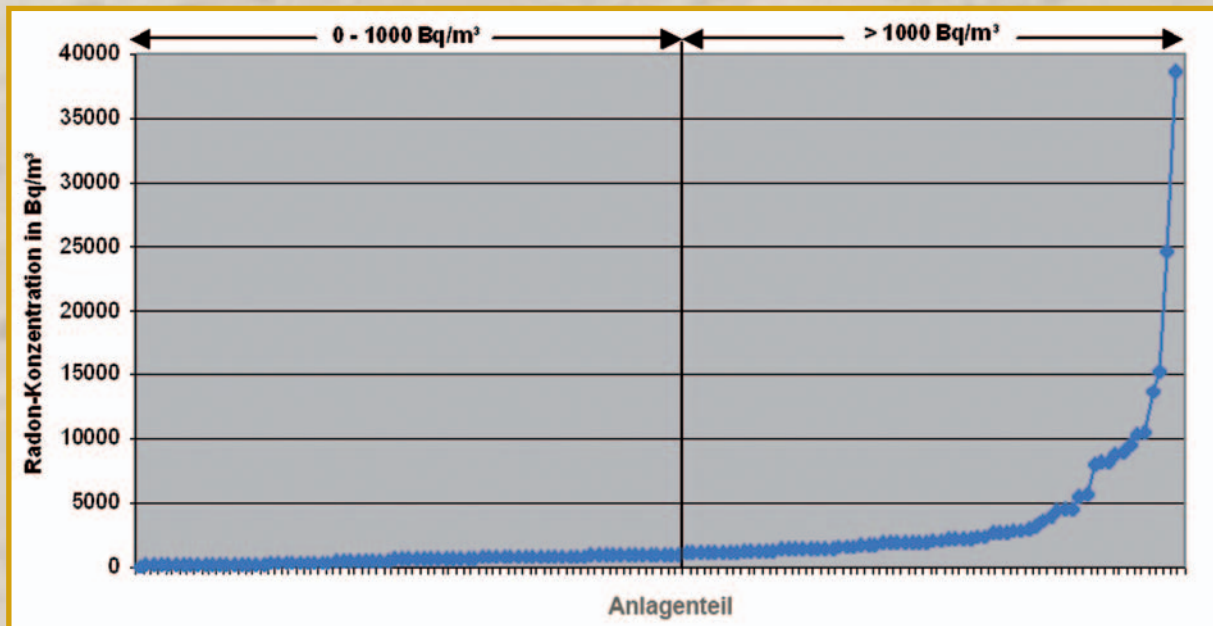


Abbildung 4.1.1.: Radonkonzentration in Wasserwerken

4.2. Radonexposition

In 2 Wasserwerken wird der Grenzwert, in einem weiteren Wasserwerk der Richtwert überschritten (zur Bewertung der Radonexposition s. Kapitel 5).

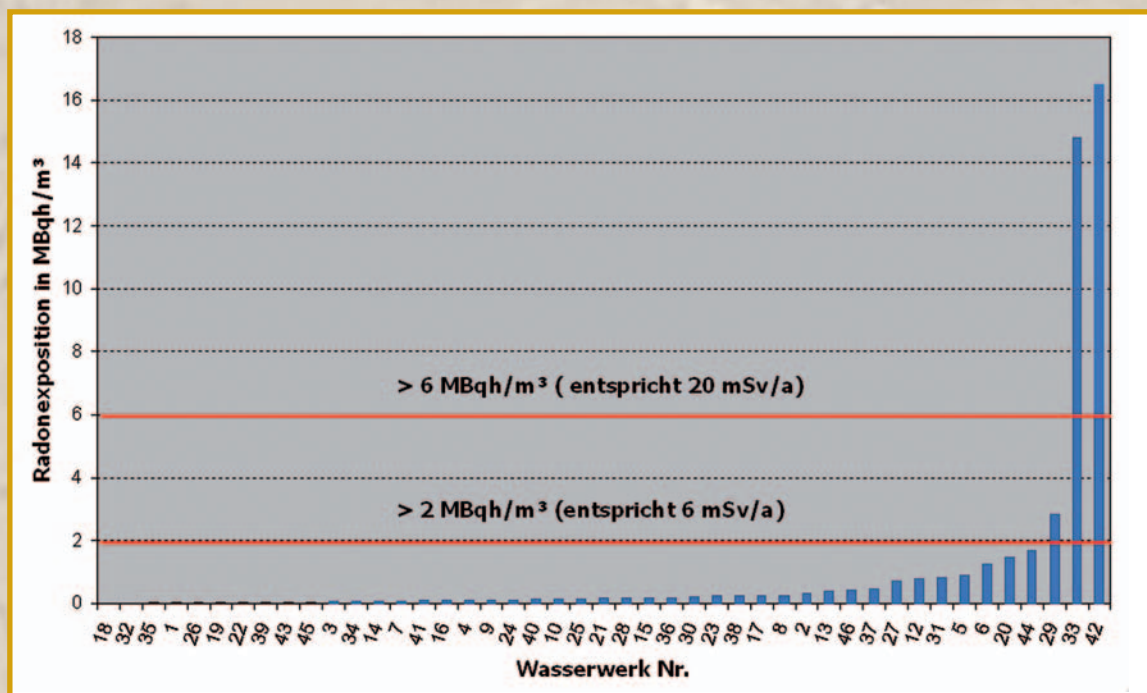


Abb. 4.2.1 Radonexposition in den untersuchten Wasserwerken

4.3. Gleichgewichtsfaktor und Thoron

In insgesamt fünf Anlagenteilen wurden mit dem Radonmessgerät EQF 3120 die Konzentrationen von Radon und den freien und angelagerten Radonfolgeprodukten gemessen. Der Gleichgewichtsfaktor F gibt das Verhältnis der Konzentration der Radonfolgeprodukte zur Radonkonzentration an. Im Mittel liegen die gemessenen Gleichgewichtsfaktoren bei 0,52 (0,26 - 0,59).

Untersuchungen in Wasserwerken in Bayern, Hessen und Baden-Württemberg ergaben Werte für F von 0,5 bzw. 0,37 bzw. 0,55; in Wohnräumen liegt F typischerweise bei 0,4.

Thoron bzw. dessen Folgeprodukte wurden in den untersuchten Räumen nicht nachgewiesen.

4.4. Ortsdosisleistung

Die Ergebnisse der Messungen bei Raumluftentfeuchtern lagen zwischen 0,12 und 0,14 $\mu\text{Sv/h}$ und sind somit im üblichen Wertebereich. Es ist daher eine

signifikante zusätzliche Strahlenbelastung der Beschäftigten durch den Aufenthalt in der Nähe der Raumluftentfeuchter auszuschließen.

4.5. Filterschlämme

Die gammaspektrometrische Messung der ungefilterten Eindampfrückstände von sechs Rückspülwässern bzw. Filterschlämmen lieferte Maximalwerte für Ra-226, Ra-228 bzw. Th-228 und U-235, die ca. das 10-fache der mittleren Konzentrationen im Boden

betragen. Die Messungen zeigen weiters, dass aufgrund der unterschiedlichen Löslichkeit der radioaktiven Elemente die natürlichen Zerfallsreihen im Filterschlamm in der Regel nicht im Gleichgewicht sind.

4.6. Radon in Wasser

46 % der insgesamt 37 Messwerte liegen unter 10 Bq/l, 76 % unter 20 Bq/l und ein Messwert über 100 Bq/l.

Es besteht kein eindeutiger Zusammenhang zwischen den Radonkonzentrationen im Wasser und in der Luft. Da die Radonkonzentration in der Luft von anderen Einflüssen wie z. B. der Behandlung des Wassers im

Anlagenteil (Zerstäuben oder ruhige Wasseroberflächen, Verweildauer des Wassers etc.) und vor allem den Lüftungs- und Druckverhältnissen im Gebäude sowie der Raumgröße bestimmt wird. Dieser Sachverhalt wurde auch in der bayrischen Wasserwerk-Studie festgestellt [Trau02].

5. Bewertung der Radonexposition

Als Grundlage für die Bewertung des Ergebnisses wurden §36d bis §36k des österreichischen Strahlenschutzgesetzes 2004 hinsichtlich der Festlegung eines Grenzwertes und - da die österreichische Strahlenschutzverordnung betreffend natürlicher Expositionen zum Zeitpunkt dieser Studie noch in Ausarbeitung ist - die deutsche Strahlenschutzverordnung aus dem Jahr 2001 (Teil 3, Kapitel 1 bis 3) hinsichtlich der Festlegung eines Eingreifwertes herangezogen:

⇒ Bei einer jährlichen Dosis unter 6 mSv (bzw. einer Radonexposition kleiner als 2 MBqh/m³) sind keine weiteren Maßnahmen erforderlich.

⇒ Bei einer jährlichen Dosis zwischen 6 und 20 mSv (bzw. 2 und 6 MBqh/m³) sind Maßnahmen zu ergreifen, um die Dosis unter 6 mSv (2 MBqh/m³) zu senken (Eingreifwert). Ist das nicht möglich, ist eine kontinuierliche Überwachung der Radonexposition erforderlich.

⇒ Eine jährliche Dosis über 20 mSv (bzw. 6 MBqh/m³) ist nicht zulässig (Grenzwert).

Gemeinsam mit einem Untersuchungszeugnis und einem Infoblatt über Radon wurde an die Betreiber ein Informationsschreiben über die Ergebnisse und ggf. weitere Maßnahmen geschickt.

6. Sanierungen

In zwei Fällen wurde der Grenzwert überschritten, in einem weiteren Wasserwerk lag die ermittelte Dosis über dem Eingreifwert (siehe Abbildung 4.2.1.). Diese drei Wasserwerke wurden im Rahmen des Projektes saniert.

Bei den beiden Wasserwerken mit den höchsten Radonexpositionen lag die Hauptursache darin, dass die Abluft aus der Pelton-Turbine zur Entsäuerung des Rohwassers in das Gebäude geblasen wurde. Da es eine eindeutige Quelle für die hohen Radonexpositionen gab, war eine Sanierung relativ leicht durch Abdichten des Turbinenbereiches und Absaugen

der radonhaltigen Luft möglich. Alternativ wäre ein Hinausführen des Abluftrohres der Turbine ins Freie möglich gewesen.

Im dritten Wasserwerk war nicht das Entweichen von Radon aus dem Wasser die Hauptursache für die hohe Radonkonzentration im Büro, sondern der geogene Untergrund bzw. eventuell das Füllmaterial im Bodenaufbau. Auch hier hat die aktive Belüftung des Raumes mit einem Ventilator Abhilfe geschaffen.

Folgende Reduktion der Radonexposition des Personals konnte erreicht werden:

Wasserwerk Nr.	Radonexposition vor Sanierung	Radonexposition nach Sanierung
29	2,84 MBqh/m ³	0,30 MBqh/m ³
33	14,8 MBqh/m ³	0,77 MBqh/m ³
42	16,5 MBqh/m ³	0,04 MBqh/m ³

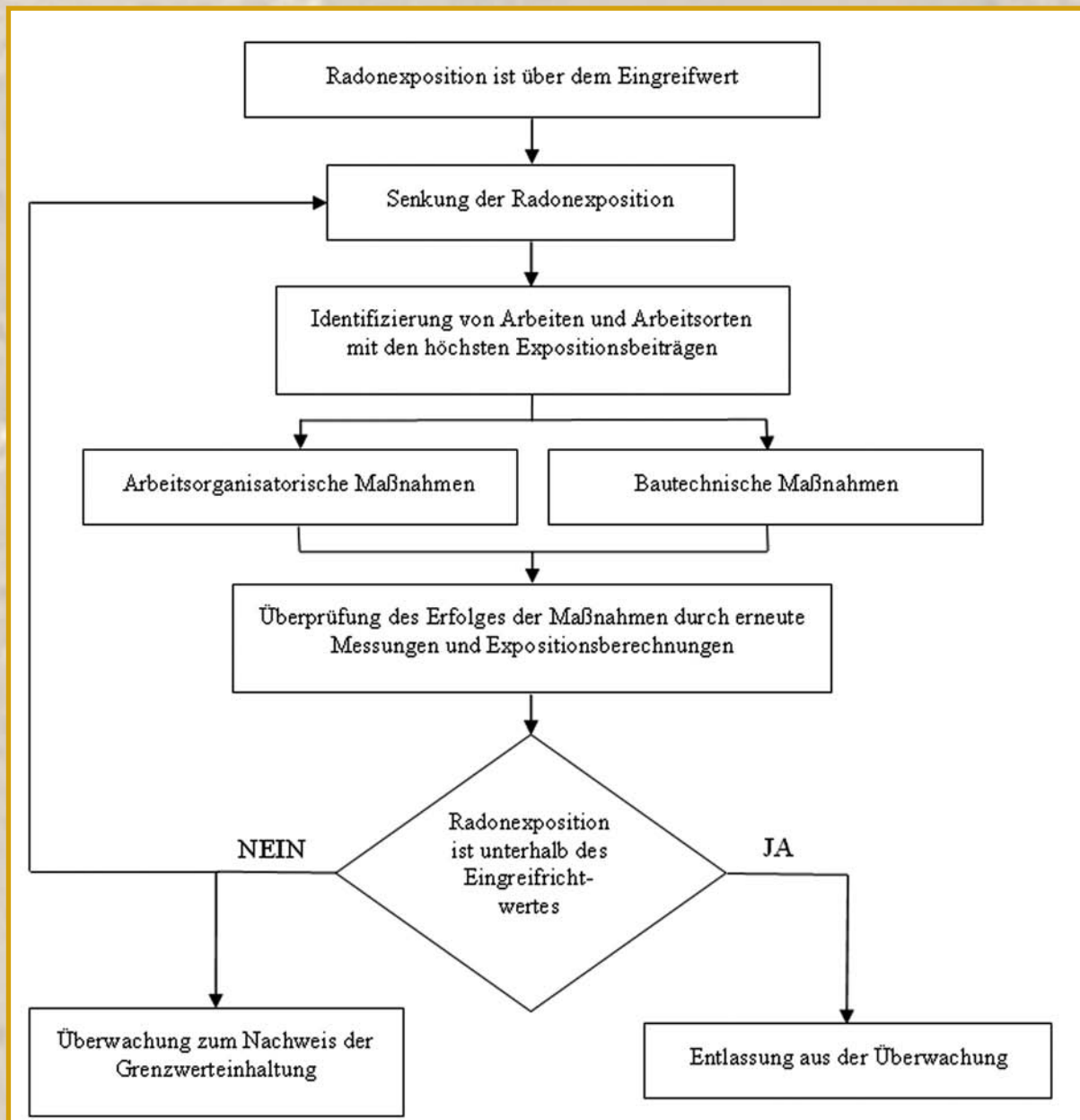
Die Sanierungen waren sehr effizient, da der enormen Reduktion in der Radonexposition (> 90 %) ein relativ geringer finanzieller Aufwand von €750,- bis €1000,- gegenüber stand.

7. Richtlinien für die Radonvorsorge in neuen Wasserwerken und für die Senkung der Radonexposition in bestehenden Wasserwerken

Die Radonexposition des Beschäftigten an einem Ort ergibt sich aus der Multiplikation der Radonkonzentration an diesem Ort mit der Aufenthaltszeit an diesem Ort. Die Summe der Expositionen von den verschiedenen Orten, an denen sich der Beschäftigte aufhält, ergibt die Gesamtexposition. Die Radonexposition wird also von zwei Faktoren beeinflusst:

- ⇒ der Länge der Aufenthaltszeit
- ⇒ der Höhe der Radonkonzentration

In nachfolgender Abbildung ist schematisch der Handlungsablauf bei Feststellen einer Überschreitung des Eingreifwertes dargestellt.



Wird aufgrund einer Abschätzung eine Radonexposition über dem Eingreifwert festgestellt, ist eine Senkung der Radonexposition zu versuchen (im Sinne einer Optimierung ist es auch bei Radonexpositionen unterhalb des Eingreifwertes zweckmäßig, zu prüfen, ob einfache Maßnahmen zur Senkung der Radonexposition möglich sind). Zuerst müssen jene Arbeiten und Arbeitsorte identifiziert werden, die die höchsten Beiträge zur Radonexposition liefern. Eine erfolgreiche Sanierung erfordert detailliertes Wissen über die Freisetzung und Ausbreitung des Radon. Nachfolgend werden Maßnahmen vorgestellt, die zu einer Verringerung entweder der Aufenthaltszeit oder der Radonkonzentration führen. Eine Kombination ist oft sinnvoll.

Sollten in einem Wasserversorgungsunternehmen Reduktionsmaßnahmen nötig sein, ist eine Anpassung der hier dargestellten Maßnahmen an die dortigen Gegebenheiten notwendig. Eine Vorhersage, in welchem Ausmaß eine Maßnahme die Radonexposition verringert, ist vorab nicht möglich. Bei der Planung und Durchführung der Reduktionsmaßnahmen ist es u.U. empfehlenswert, eine Fachfirma und/oder ein Ingenieurbüro einzuschalten. Nach der Durchführung der Maßnahmen muss die Radonexposition zur Erfolgskontrolle nochmals ermittelt werden!

Ergibt die Erfolgskontrolle wiederum eine erhöhte Radonexposition, sind wenn möglich weitere Maßnahmen zu setzen. Kann die Radonexposition nicht unter den Eingreifwert gesenkt werden, ist eine dauernde Überwachung zum Nachweis der Grenzwerteinhaltung erforderlich. Bei Unterschreitung des Eingreifwertes ist eine dauernde Überwachung nicht gefordert, jedoch ist sinnvollerweise in regelmäßigen Abständen (5 bis 10 Jahre) eine Abschätzung der

Radonexposition zum Nachweis der Unterschreitung des Eingreifwertes durchzuführen. Eine neuerliche Abschätzung der Radonexposition ist auch dann angebracht, wenn bauliche oder arbeitsorganisatorische Veränderungen durchgeführt wurden.

Potenzielle Radonquellen

Folgende Radonquellen sind in Wasserwerken möglich [Fran02]:

- ⇒ im Wasser gelöstes Radon, das durch Zerstäubung, Verwirbelung und große Oberflächen in die Raumluft freigesetzt wird
- ⇒ Eintritt von Radon aus dem Bauuntergrund oder der Bausubstanz
- ⇒ Exhalation von Radon aus Schlämmen und Rückständen der Aufbereitung
- ⇒ Exhalation von Radon aus Kiesfiltern infolge der Anreicherung von Radium-226
- ⇒ Exhalation von Radon aus Inkrustationen innerhalb der Rohrleitungen

Bei hohen Radonkonzentrationen liefert das im Wasser gelöste Radon den überwiegenden Beitrag. In bestimmten Gebieten kann aufgrund der geologischen (stark uranhaltige Gesteine, hohe Durchlässigkeit des Bodens) und baulichen (durchlässiges Fundament) Gegebenheiten der Eintritt von Radon aus dem Bauuntergrund den Hauptbeitrag liefern. Die anderen potenziellen Radonquellen sind in aller Regel vernachlässigbar.



Maßnahmen

Bauliche Maßnahmen

Eine Übersicht über die typischen Radonquellen und mögliche bauliche Maßnahmen in den verschiedenen Anlagenteilen eines Wasserwerkes gibt untenstehende Tabelle:

Typische Radonquellen	Maßnahmen
Quell- und Sammelschächte	
offenes Gerinne Einleitung in Wasserbehälter radonhaltige Luft aus Einlauf- bzw. Überlaufrohren	Einbau von Ventilator(en) zur Zwangsbelüftung Einsatz von mobilem Belüfter (evt. mit Stromerzeuger)
Brunnenstuben	
Fördern und Pumpen von Wasser Einleitung des geforderten Wassers in offene Gerinne Einleitung in Wasserbehälter	gasdichte Hermetisierung der Brunnenköpfe Einbau von Ventilator(en) zur Zwangsbelüftung Einsatz von mobilem Belüfter (evt. mit Stromerzeuger)
Aufbereitungsanlagen	
offene Belüftung des Wassers (Zerstäubung, Kaskaden etc.) geschlossene Belüftung des Wassers und Abluft in Gebäude Oxidationsprozesse mit Energie- und Luftertrag zum Fällen von Eisen und Mangan Rückspülen von offenen und geschlossenen Filtersystemen mit Luft oder/und Wasser Einleitung in Rohwasser- und Reinwasserbehälter große Wasseroberflächen radonhaltige Luft aus Kanälen und Schächten	Abtrennen von Aufbereitungs- und Filterbereichen zu den übrigen Räumen; Abdichten der Fenster und Türen Abluftrohr von CO ₂ -Entlüfter, Kaskaden etc. ins Freie leiten oder Bereich abtrennen und über Ventilator entlüften Filterkammern über Ventilator ins Freie entlüften Abdichten von Spülkästen und Abwasserschächten und Transport der Kesselluft durch Rohre direkt ins Freie Einsatz von mobilem Belüfter bei Reinigungsarbeiten Wassereinlauf in Becken unter der Wasseroberfläche
Wasserspeicherung und -verteilung	
Einleitung in Hochbehälter Reinigungsarbeiten in Hochbehältern Mischen verschiedener Reinwässer	Abtrennen der Wasserkammern zum übrigen Gebäude; Abdichten der Fenster und Türen Wasserkammern über Ventilator ins Freie entlüften Einsatz von mobilem Belüfter bei Reinigungsarbeiten Wassereinlauf in Becken unter der Wasseroberfläche Überlaufrohr ins Freie leiten

Luftdichtes Abtrennen von Bereichen mit hohen Radonkonzentrationen (Filterkammern, Wasserkammern etc.) in Aufbereitungsgebäuden und Hochbehältern soll besonders bei Neubauten berücksichtigt werden!

Bei allen Maßnahmen (z.B. Einbau von Ventilatoren) ist deren Auswirkung auf die Druckverhältnisse und die dadurch bedingten Luftströmungen im Gebäude bzw. zwischen den Gebäudeteilen zu beachten, damit nicht stark radonhaltige Luft in Bereiche mit niedrigen Radonkonzentrationen strömen kann.

Wird die Lüftung über Ventilatoren geregelt, dann ist zweckmäßig eine

- ⇒ Entlüftung, wenn nur abgetrennte Gebäudeteile betroffen sind (z.B. Filterkammern, Wasserkammern); damit wird gleichzeitig ein Unterdruck gegenüber den anderen Gebäudeteilen erzeugt
- ⇒ Belüftung, wenn das ganze Gebäude erfasst wird (z.B. Quellschacht, Brunnenstube)

Bei der Belüftung von Anlagenteilen ist ggf. der Einbau eines Filter zur Vermeidung des Eintrages von Staub, Blütenpollen, Bakterien etc. erforderlich.

Arbeitsorganisatorische Maßnahmen

An erster Stelle in der Kette von Maßnahmen muss die sachliche Aufklärung des Anlagenpersonals über Gefährdungspotenzial, Quellen, Ausbreitungswege und einfache Verhaltensregeln stehen. Ist sich der Beschäftigte des Radonproblems bewusst, kann er dies in seiner täglichen Arbeit berücksichtigen und praktische Vorschläge für die Senkung der Radonexposition liefern.

Die betroffenen Personen sind über die gemessenen Veränderungen der Radonexpositionswerte regelmäßig zu informieren. Je umfassender die sachliche Aufklärung, umso größer sind die Reduktionserfolge.

Weitere Maßnahmen zielen auf eine Reduktion der Aufenthaltszeiten in Bereichen mit hohen Radonkonzentrationen ab:

- ⇒ Durchführung nur von absolut notwendigen Arbeiten in diesen Bereichen, Aufenthalt nur für die Dauer der tatsächlichen Arbeitsverrichtung

- ⇒ Verlegung der Büro- und Aufenthaltsräume aus den Anlagen des Wasserwerkes
- ⇒ Automatisierung, z.B. Fernüberwachung der Anlagen oder automatische Quellschüttungsmessung
- ⇒ Verlagerung von Arbeitsaufgaben in Bereiche mit niedrigen Radonkonzentrationen (z.B. Erledigung der Messungen außerhalb der Quellschächte)
- ⇒ bei regelmäßigem, sich in gleicher Weise wiederholendem Radonkonzentrationsverlauf Betretung zu Zeiten minimaler Radonkonzentration

Der Vorteil dieser Maßnahmen liegt darin, dass sie in allen Fällen ohne jeglichen finanziellen Aufwand möglich sind!



Arbeitsanweisung

Die Erstellung einer Arbeitsanweisung zum Radonschutz ist zweckmäßig. Die Arbeitsanweisung soll gewährleisten, dass der Radonschutz dauerhaft sichergestellt ist und fester Bestandteil aller davon betroffenen Arbeitsabläufe wird.

Die Arbeitsanweisung soll folgende Punkte umfassen [LfU05a]:

- ⇒ Ansprechpartner bzw. Verantwortlicher für den Radonschutz
- ⇒ Orte und Bereiche mit erhöhter Radonkonzentration, Schutzvorschriften
- ⇒ Unterweisung der Beschäftigten (wie oft?, durch wen?)
- ⇒ Kontrollen und Prüfungen (z.B. von Ventilatoren)
- ⇒ Messungen und behördliche Auflagen

Anschauungsbeispiele für Maßnahmen

Bildnachweis: [LfU05b])



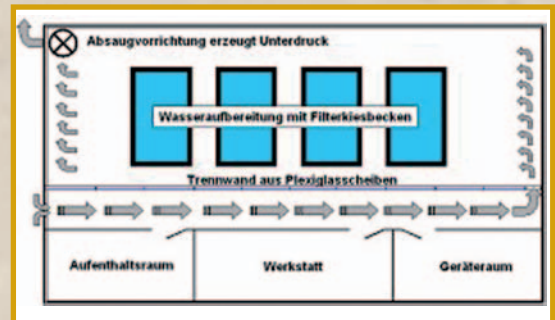
Einbau eines festen Ventilators



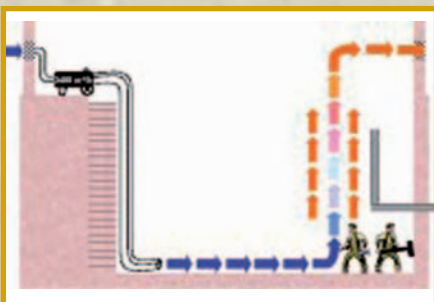
Radondichte Abtrennung von Spülkästen und Transport der Kesselluft durch Rohre direkt ins Freie



Bautechnische Abtrennung offener Kiesbecken mit Entlüftung und gezielter Frischluftzufuhr



Bautechnische Abtrennung von einer Pelton-Turbine und Entlüftung in Freie



Aktive Belüftung während der Hochbehälterreinigung



8. Diskussion und Empfehlungen

Erhebung von Eckdaten für die Radonexposition

Das Ausfüllen des Erhebungsbogens vor Ort mit dem Wassermeister erwies sich als sehr effizient. Unklarheiten konnten im gemeinsamen Gespräch sofort beseitigt werden. Bei Versand der Erhebungsbögen wären auch unvollständig oder falsch ausgefüllte Bögen retourniert worden; dies hätte eine zeitliche Verzögerung der Studie zur Folge gehabt.

Die Anzahl der jährlichen Reinigungen belief sich in den meisten Fällen auf eine pro Jahr. Diese findet meist in den Wintermonaten statt (Jänner/Februar). Eine zweite Reinigung wird dann durchgeführt, wenn die Behälter zwischenzeitlich stark verschmutzen.

Bei 4 Betreibern im Hausruckviertel erfolgt die Reinigung durch eine externe Firma. *Eine Expositionsabschätzung der Mitarbeiter dieser Firma wird empfohlen.*

Offene Aufbereitungsanlagen finden sich hauptsächlich im Mühlviertel. Aufgrund des weichen Wassers

und der oftmals enthaltenen aggressiven Kohlensäure wird hier das Wasser mittels Entmanganisierung, Enteisenung und Entsäuerung aufbereitet.

In den übrigen Teilen Oberösterreichs werden - wenn erforderlich - vor allem Aufbereitungsanlagen mit UV-Licht zur Desinfektion eingesetzt.

In vielen gemeindeeigenen Wasserwerken erfolgt die Betreuung durch Gemeindebedienstete, die in der Regel auch andere Aufgaben wahrzunehmen haben, bzw. bei Wassergenossenschaften durch Personen, die einer anderen hauptberuflichen Beschäftigung nachgehen. Zudem sind die Arbeiten oft auf zwei Personen im Hinblick auf eine Stellvertretung aufgeteilt. Deshalb ergeben sich bei 43 % der ausgewählten Wasserwerke jährliche Aufenthaltszeiten von weniger als 100 Stunden. Erst bei sehr großen Wasserwerken, Wasserwerken mit Aufbereitungen bzw. mit Aufenthaltsräumen (Büro) in den Anlagen des Wasserwerkes ergeben sich größere jährliche Aufenthaltszeiten.



Radonmessung

Insgesamt wurden in den 45 beprobten Anlagen 142 Messungen durchgeführt.

Bei der Bestimmung der Radonkonzentration sind die besonderen Verhältnisse wie hohe Luftfeuchte, Kon-

densation und Tropfenbildung, niedrige Temperaturen, oftmals keine Stromversorgung etc. bei der Auswahl der Messmethode zu berücksichtigen. Gegebenenfalls ist eine Zwei- bis Vierfach-Auslegung angebracht.

Einflüsse auf die Radonkonzentration in der Raumluft

Wesentliche Einflussfaktoren auf die Radonkonzentration in der Raumluft - neben dem Radon-gehalt des Wassers - sind:

Aufbau der Anlagen

Grundsätzlich ist in Anlagen, in denen das Wasser einen intensiven Kontakt zur Raumluft hat (z.B. Zerstäuben, Kaskaden, Zulauf oberhalb der Wasseroberfläche), mit hohen Radonkonzentrationen zu rechnen. Folglich treten bei Anlagen mit geschlossenen Wassersystemen in der Regel keine hohen Radonkonzentrationen in der Raumluft auf.

Ein weiterer wichtiger Faktor im Hinblick auf die Radonexposition der Beschäftigten ist die Möglichkeit der Ausbreitung bzw. Konvektion der radonhaltigen Luft von der Aufbereitungs- bzw. Wasserkammer in die Schieberkammer und andere Gebäudebereiche. Ungünstig sind z.B. ein offener Überlauf direkt in die Schieberkammer oder undichte Fenster bei den Kammern.

Schließlich bestimmen die Lüftungsverhältnisse ganz wesentlich die Radonkonzentration. Beispielsweise reduziert eine Zwangsbelüftung mittels Ventilatoren die Radonkonzentration erheblich.



Betriebszustände

Verschiedene Betriebszustände beeinflussen die Radonkonzentration:

Filterrückspülung:

Bei Filterrückspülungen kommt es durch die Verwirbelung des Wassers (siehe Foto) zu einer sprunghaften Erhöhung der Radonkonzentration.



Behälterreinigung:

Hier können keine allgemeinen Aussagen getroffen werden, da der Einfluss auf die Radonkonzentration von der Anzahl der Behälter im Gebäude (ist ein zweiter Behälter während der Reinigung in Betrieb?) und von den Lüftungsverhältnissen während der Reinigung abhängt.

Offene Türen bei Arbeiten im Gebäude:

Oftmals kommt es bei Begehungen bzw. Arbeiten durch offene Türen oder Fenster zu einer Senkung der Radonkonzentration.

Änderung des Behälterfüllstandes:

Bei Befüllen des Behälters erhöht sich die Radonkonzentration; durch die Reduktion des Luftvolumens im Behälter kann radonhaltige Luft in die Schieberkammer gedrückt werden.

Änderung in der Herkunft des Rohwassers:

Unterschiedliche Quellen und Brunnen liefern Rohwasser mit unterschiedlichem Radongehalt, entsprechend ist die Radonkonzentration in der Raumluft vom Mischungsverhältnis des Rohwassers abhängig.

Meteorologische Faktoren

Die Außentemperatur kann die natürliche Belüftung des Gebäudes beeinflussen. So können in Schieberkammern im Sommer höhere Radonkonzentrationen als im Winter auftreten, da aufgrund der niedrigeren Temperatur im Gebäude im Vergleich zur Außentemperatur der Luftaustausch geringer ist.

Sich ändernder Luftdruck kann bei Brunnen - aufgrund der Druckdifferenz zwischen Boden- und Außenluft - zu einem Ansaugen von Bodenluft (sinkender Luftdruck) bzw. Außenluft (steigender Luftdruck) führen [Hing03].

Korrelationen

Eindeutige Korrelationen Geologie des Untergrundes ↔ Radonkonzentration im Wasser ↔ Radonkonzentration in der Luft ↔ Radonexposition des Beschäftigten sind nicht vorhanden. Zu viele Parameter beeinflussen diese Größen, wie die Radonexhalationrate aus dem Gestein, das Alter des Wassers, das Entweichen des Radon aus dem Wasser in die Luft (Verwirbelung, ruhige Wasseroberflächen, geschlossene Systeme), die Belüftung und Größe des Raumes (Gebäudes), die Aufenthaltszeiten in den diversen Anlagenteilen etc. Eine Prognose der Radonexposition für ein Wasserwerk aufgrund der Geologie oder aufgrund von Messwerten aus anderen Wasserwerken ist nicht möglich. *Es wird daher empfohlen, in allen Wasserwerken mit Aufenthaltszeiten von über 20 Stunden pro Jahr und Person grundsätzlich über Messungen die Radonexposition zu ermitteln.*

Ermittlung und Beurteilung der Radonexposition

Ein stufenweises Vorgehen bei der Ermittlung der Exposition ist empfehlenswert. In einem ersten Schritt wird in der Hälfte der Trinkwasserbehälter (jene mit der größten Wasseroberfläche bzw. mit dem größten Wasserdurchsatz), in allen offenen Aufbereitungen bzw. geschlossenen Aufbereitungen mit Entlüftung ins Gebäude, in Räumen mit Aufhalten länger als eine Stunde pro Woche (Werkstatt, Büro, Schalraum etc.) und in den Quell- und Sammelschächten (falls die Gesamtaufenthaltszeit in den Schächten mehr als eine halbe Stunde pro Woche beträgt) die Radonkonzentration über einen Zeitraum von mindestens zwei Wochen bestimmt (*Teilerhebung*). Werden in den Quell- und Sammelschächten keine Radonmessungen durchgeführt, so sind sie trotzdem in der Expositionsabschätzung zu berücksichtigen, indem als Radonkonzentration die mittlere Radonkonzentration in den Trinkwasserbehältern angenommen wird.

Ergibt die Expositionsabschätzung einen Wert größer 1 MBq/h/m³, so ist zur genauen Ermittlung der Exposition zusätzlich die Radonkonzentration in allen anderen Trinkwasserbehältern und - falls bei der Teilerhebung noch nicht durchgeführt - in den Quell- und Sammelschächten zu bestimmen (*Vollerhebung*). Außerdem sind die Angaben über die Aufenthaltszeiten zu überprüfen, da die Schätzungen oft in Richtung höherer Aufenthaltszeiten (gleichbedeutend mit viel Arbeit) gehen.

Zeitauflösende Messverfahren sind geeignet, Schlüsse und die Ursachen (Radonquellen) und die Radonkonzentration während des tatsächlichen Aufenthaltes zu ziehen.

Gemäß dem österreichischen Strahlenschutzgesetz 2004 und der deutschen Strahlenschutzverordnung aus dem Jahr 2001 ist eine Unterteilung in 3 Kategorien bei der Bewertung der Exposition zweckmäßig:

Kategorie 1 (< 6 mSv/a)

Die ermittelte Radon-222 Exposition liegt unter dem Eingreifwert von 2 MBq/h/m³. Damit sind derzeit keine weiteren Maßnahmen erforderlich. Dennoch wird im Sinne einer Optimierung empfohlen, zu prüfen, ob mit einfachen Maßnahmen die Radonexposition gesenkt werden kann!

Es ist jedoch darauf hinzuweisen, dass die Bestimmung der Radon-222 Exposition zu wiederholen ist, wenn der Arbeitsplatz so verändert wird, dass eine höhere Exposition auftreten kann.

Kategorie 2 (6 bis 20 mSv/a)

Die ermittelte Radon-222 Exposition liegt über dem Eingreifwert von 2 MBq/h/m³, jedoch unter dem Grenzwert von 6 MBq/h/m³. Es wird empfohlen, bauliche und/oder organisatorische Maßnahmen durchzuführen, um die Exposition unter 2 MBq/h/m³ zu senken.

Bis zur Umsetzung einer Sanierung wird angeraten, die Aufenthaltsdauer der Beschäftigten in den betroffenen Räumen zu reduzieren und/oder die Radonkonzentration durch verstärktes Lüften bzw. den vorübergehenden Betrieb einer Belüftungsanlage zu mindern.

Kategorie 3 (> 20 mSv/a)

Die ermittelte Radon-222 Exposition liegt über dem Grenzwert von 6 MBq/h/m³. Es wird eine rasche Durchführung von baulichen und/oder organisatorischen Maßnahmen empfohlen, um die Exposition unter 2 MBq/h/m³ zu senken.

Bis zur Umsetzung der Sanierung wird angeraten, die Aufenthaltsdauer der Beschäftigten in den betroffenen Räumen zu reduzieren und/oder die Radonkonzentration durch verstärktes Lüften bzw. den vorübergehenden Betrieb einer Belüftungsanlage zu mindern.

Sanierungen und Richtlinie

Bei dieser Studie lag bei 3 von 45 untersuchten Wasserwerken die maximale jährliche Radonexposition über dem Eingreifwert von 2 MBq/m³.

Diese Wasserwerke wurden erfolgreich saniert. Da die Radonquelle meist eindeutig identifiziert werden kann, ist in der Regel eine kostengünstige Sanierung mit Lüftungs- und Abdichtmaßnahmen möglich.

Es wird empfohlen, alle 5 Jahre oder nach wesentlichen baulichen oder arbeitsorganisatorischen Änderungen die Radonexposition zu bestimmen, um einen langfristigen Sanierungserfolg zu gewährleisten.

Zur Unterstützung bei der Planung von Sanierungs- und Vorsorgemaßnahmen wurde eine umfassende Richtlinie ausgearbeitet.

Ortsfeste versus personengebundene Radonmessungen

Ortsfeste Radonmessungen sind Messungen an einem bestimmten, fixen Ort während bei personengebundenen Radonmessungen das Exposimeter von der Person während der Arbeit mitgetragen wird.



Beide Messprinzipien haben Vor- und Nachteile bei der Ermittlung der Radonexposition:

Ortsfeste Radonmessungen	
Vorteile	Lokalisierung der Räume/Gebäude mit hoher Radonkonzentration für allfällige Sanierungen einfache Handhabung zeitauflösende Messungen mit hoher Empfindlichkeit möglich
Nachteile	Ermittlung der Radonexposition aus geschätzten Aufenthaltszeiten und Durchschnittswerten für die Radonkonzentration (bei Verwendung integrierender Messmethoden) bei großen Wasserwerken sind viele Messungen notwendig (viele Messorte)
Personengebundene Radonmessungen	
Vorteile	direkte Bestimmung der Radonexposition ein Exposimeter pro Beschäftigtem, unabhängig von der Größe des Wasserwerkes
Nachteile	Exposimeter kann nicht ein- und ausgeschaltet werden → die Radonexposition des Exposimeters außerhalb der Arbeitszeit (während der Lagerung) ist zu berücksichtigen auf die Mitnahme bei Arbeitsbeginn bzw. die Abgabe bei Arbeitsende könnte vergessen werden keine Aussagen über die Beiträge der verschiedenen Anlagenteile zur Radonexposition, keine Aussagen über den zeitlichen Verlauf der Radonkonzentration in den verschiedenen Anlagenteilen

Aufgrund der oben genannten Vor- und Nachteile der beiden Messprinzipien wird empfohlen, die Erstbestimmung der Radonexposition mit ortsfesten Radonmessungen durchzuführen, um für gegebenenfalls notwendige Sanierungen schon Aussagen über die Beiträge der verschiedenen Anlagenteile zur Radonexposition zu haben (Identifizierung von Arbeitsorten mit den höchsten Expositionsbeiträgen). Auf eine plausible Angabe der Aufenthaltszeiten durch die Beschäftigten ist besonders Wert zu legen.

Personengebundene Radonmessungen sind zur Überprüfung des Sanierungserfolges und für die laufende oder periodische Überwachung der Beschäftigten geeignet, insbesondere dann, wenn sich die Beschäftigten in mehreren Anlagenteilen aufhalten. In absehbarer Zeit werden Messsysteme erhältlich sein, die ein- und ausgeschaltet werden können, sodass die Handhabung der Exposimeter einfacher und das Ergebnis zuverlässiger wird (s. z.B. ENEA Radon Piston Dosemeter [Scio03]).

Information und Schulung

Um in Zukunft erhöhte Radonexpositionen in Wasserwerken zu vermeiden, wird empfohlen, über Interessensgemeinschaften (ÖVGW, OÖ. Wasser etc.) und Schulungen (z.B. im Rahmen von Kursen für Wasserwart/-meister) Aufklärungs- und Informationsarbeit zu leisten.

Literatur

- [Scio03] Sciocchetti G., Cotellessa G., Soldano E., Pagliari M.
A new technique for measuring radon exposure at working places
Radiat. Meas. 36 (1-6), 199-203; 2003
- [Fran02] Franke P., Hermann E., Weiß A.
Maßnahmen zur Reduzierung der Radonexposition in Wasserwerken
StrahlenschutzPraxis 4/2002, S. 24-28
- [Hing03] Hingmann H., Ehret V.
Radon in Hessischen Wasserwerken
Abschlussbericht, FH Gießen-Friedberg, Dezember 2003
- [LfU05a] Bayrisches Landesamt für Umwelt
Arbeitsanweisung zum Radonschutz
<http://www.bayern.de/lfu/strahlen/radon/index.html>
- [LfU05b] Bayrisches Landesamt für Umwelt
Praktische Maßnahmen zur Senkung der Radonexposition
<http://www.bayern.de/lfu/strahlen/radon/index.html>
- [Trau02] Trautmannsheimer M.
Radonexponierte Arbeitsplätze in Wasserwerken in Bayern
Bayrisches Landesamt für Umweltschutz, Abschlussbericht vom 1. Mai 2002



