

Leitfaden zur Reduktion der Radonexposition der Beschäftigten in Wasserversorgungsanlagen

Beschreibung von baulichen und organisatorischen Optimierungs- und Sanierungsmaßnahmen

Wien, 2023

Impressum

Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und
Technologie, Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Inhalt: Österreichische Fachstelle für Radon, AGES GmbH

Wien, 2023

Inhalt

Einleitung	5
Grundlagenwissen	6
Gesundheitliche Auswirkungen von Radon	6
Messung der Radonkonzentration	7
Typische Messstandorte in einem Wasserversorgungsunternehmen	10
Rechtliche Grundlagen	12
Gründe für erhöhte Radonkonzentrationen in Wasserversorgungsanlagen.....	13
Vorgehen bei erhöhten Radonwerten	15
Hilfe zur Selbsthilfe.....	16
Reduktion der Radonexposition der Beschäftigten	17
Radonsanierungsmaßnahmen	20
Installation von stationären Lüftern.....	21
Kombination von mehreren verschiedenen baulichen Maßnahmen	23
Abdichtung von Spülkästen	26
Kombination von Abtrennungs-, Entlüftungs- und organisatorischen Maßnahmen	28
Installation eines stationären Lüfters zur mechanischen Belüftung (Frischluftzufuhr) von Aufenthaltsräumen	35
Kombination aus Entlüftungs- und Abdichtungsmaßnahmen	38
Entradonisierung des Rohwassers	40
Zeitweilige Verringerung der Radonkonzentration.....	41
Einsatz eines mobilen Lüfters zur temporären Absenkung der Radonkonzentration	42
Zusammenfassung	47
Anhang A Beispiel Arbeitsanweisung.....	48
Ziel und Zweck	48
Tabellenverzeichnis.....	51
Abbildungsverzeichnis.....	52
Literaturverzeichnis	54
Abkürzungen.....	55

Einleitung

Der Schutz von Beschäftigten vor Radon an Arbeitsplätzen wird durch das Strahlenschutzgesetz 2020 und die Radonschutzverordnung (2020) geregelt. Anlagen zur Gewinnung, Aufbereitung, Speicherung und Verteilung von Wasser, in denen Radon aus dem Wasser in die Innenraumluft von Anlagenteilen entweichen kann, zählen zu den Arbeitsplätzen, an denen aufgrund besonderer Expositionsbedingungen erhöhte Radonkonzentrationen zu erwarten sind. Aus diesem Grund sind die Betreiber solcher Wasserversorgungsanlagen dazu verpflichtet, die Radonkonzentration in der Innenraumluft in den Anlagenteilen von einer ermächtigten Überwachungsstelle durch eine Radonmessung ermitteln zu lassen. Es geht dabei weder um die Trinkwasserqualität noch den Schutz der Allgemeinheit vor Radon im Wasser, sondern ganz konkret um den Schutz der Beschäftigten der Wasserversorgungsanlage.

Ausgenommen von der Messverpflichtung sind:

- Kleinstwasserversorger, deren Wasserabgabemenge unter 10 m³ Wasser pro Tag liegt
- Wasserversorger, bei denen sich kein:e Beschäftigte:r mehr als insgesamt 50 Stunden pro Jahr in den Anlagenteilen der Wasserversorgungsanlage, in denen Radon aus dem Wasser in die Innenraumluft entweichen kann, aufhält.

Wurden bei Radonmessungen Radonkonzentrationen über dem Referenzwert von 300 Bq/m³ festgestellt, sind Optimierungsmaßnahmen zur Senkung der Radonkonzentration notwendig. Die Radonbelastung soll gesenkt und dadurch die Gesundheit von Arbeitskräften geschützt werden. Informieren Sie sich in diesem Leitfaden über die Planung und Ausführung der verschiedenen möglichen Optimierungsmaßnahmen, welche sich in der Vergangenheit bewährt haben und in vielen Fällen in Eigenregie umsetzbar sind.

Die vorgestellten Maßnahmen dienen dazu, die Radonkonzentration in der Innenraumluft in den betroffenen Wasserversorgungsanlagen nachhaltig zu reduzieren. Sollte dies aus verschiedenen Gründen nicht möglich sein, gilt es zumindest die Radonexposition der Beschäftigten, welche sich aus dem Produkt der vorherrschenden Radonkonzentration und der jeweiligen Aufenthaltszeit der/des Beschäftigten in dem betroffenen Raum ergibt, weitgehend zu minimieren.

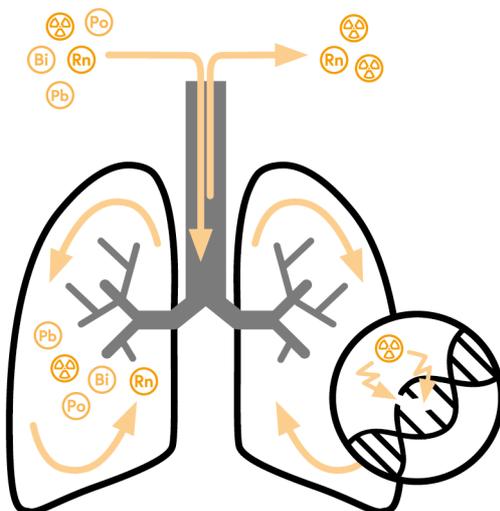
Grundlagenwissen

Das natürlich vorkommende Edelgas Radon entsteht durch radioaktiven Zerfall aus Uran und ist selbst radioaktiv. Radon kann sich unter ungünstigen Bedingungen in Gebäuden ansammeln, wo es stetig eingeatmet wird. Es ist mit den menschlichen Sinnen nicht wahrnehmbar. Trotzdem kann es einfach gemessen werden.

Gesundheitliche Auswirkungen von Radon

Radon und seine Folgeprodukte (Blei, Wismut und Polonium) gelangen durch die Atmung in den Körper. Als Gas bleibt Radon nur kurz in den Atemwegen, weil es gleich wieder ausgeatmet wird. Die Radonfolgeprodukte aber sind Feststoffpartikel, die im Lungengewebe hängen bleiben. Dort geben sie durch ihren radioaktiven Zerfall über längere Zeit Strahlung ab. Sie können dabei insbesondere die oberen Zellschichten der Lungenbläschen schädigen und so zur Entstehung von Lungenkrebs beitragen. Der überwiegende Teil der Gefährdung geht nicht vom Radon selbst aus, sondern von seinen Folgeprodukten. Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) gibt an, dass etwa 10 % aller Lungenkrebsfälle auf Radon und seine Folgeprodukte zurückzuführen sind. Somit ist Radon der zweitwichtigste Verursacher von Lungenkrebs nach dem Rauchen.

Abbildung 1: Auswirkungen von Radon und seinen Folgeprodukten auf die Lunge



Messung der Radonkonzentration

Die Radonkonzentration in der Innenraumluft lässt sich mit speziellen Messgeräten leicht feststellen. Radondetektoren zur passiven Messung der Radonkonzentration benötigen keine Stromversorgung. Die Radondetektoren sind kostengünstig und einfach in der Handhabung. Um aussagekräftige Ergebnisse über den Durchschnittswert der Radonkonzentration in der Innenraumluft in Wasserversorgungsanlagen zu erhalten, muss die Radonmessung über einen Zeitraum von mindestens zwei Monaten durchgeführt werden. In Österreich dürfen Radonmessungen, um den Anforderungen des Strahlenschutzgesetz 2020 gerecht zu werden, nur von ermächtigten Überwachungsstellen durchgeführt werden. Eine Liste der vom Klimaschutzministerium ermächtigten Überwachungsstellen ist unter <https://www.radon.gv.at/informationen-zu-radon/weitere-anlaufstellen-zu-radon> abrufbar.

Abbildung 2: Radondetektoren zur passiven Messung der Radonkonzentration mittels Kernspurverfahren



In der Radonkonzentration können starke zeitliche Schwankungen auftreten. Mittels aktiver, zeitauflösender Radonmessgeräte kann der zeitliche Verlauf der Radonkonzentration gemessen bzw. dargestellt werden (Abbildung 3). Dadurch lässt sich auch der unmittelbare Einfluss von gesetzten Maßnahmen (z. B. dem Einsatz eines mobilen Lüfters) auf die Radonkonzentration feststellen.

Abbildung 3: Verlauf der Radonkonzentration in einem Hochbehälter dargestellt mittels zeitaufgelöster Radonmessung

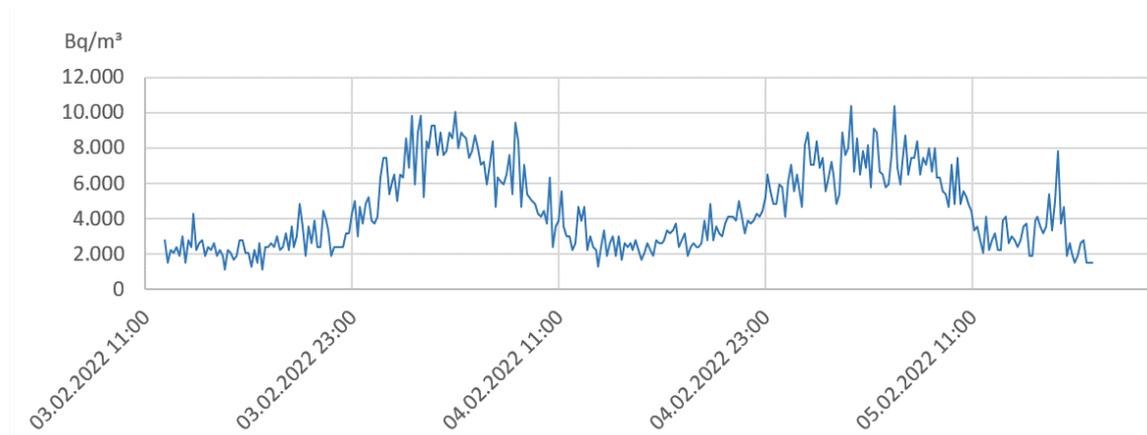


Abbildung 4 zeigt verschiedene Beispiele für elektronische Radonmessgeräte, welche zur unmittelbaren Überprüfung des Einflusses von gesetzten Radonsanierungsmaßnahmen auf die Radonkonzentration verwendet werden können. Das Messprinzip der dargestellten Messgeräte ist unterschiedlich, aber meist recht ähnlich. Gezeigt werden Messgeräte von unterschiedlichen Anbietern und in verschiedenen Preisklassen. Einfache elektronische Radonmessgeräte, welche für die unmittelbare Erfolgskontrolle von gesetzten Maßnahmen aber ihren Zweck erfüllen, gibt es bereits für unter 300 €.

Abbildung 4: Sammlung aktiver elektronischer Radonmessgeräte



Typische Messstandorte in einem Wasserversorgungsunternehmen

Eine Radonmessung ist für jene Arbeitsplätze in WVA verpflichtend, bei denen Radon aus dem Wasser in die Innenraumluft von Anlagenteilen entweichen kann. Bei Räumen mit offenen Wasserflächen trifft dies offensichtlich zu. Auch, wenn es in den meisten der oben angeführten Räume selbst keine offene Wasserfläche gibt, so gibt es eine solche doch in der Regel in der Anlage. Somit muss die Radonkonzentration in allen Räumen in der Anlage mit (relevanten) Aufenthaltszeiten ermittelt werden, zu denen eine räumliche Verbindung besteht.

Typische Messstandorte sind daher:

1. Im Wasserwerk: Büros, Labore, Aufenthaltsräume, Sitzungsräume, Produktionshallen, Aufbereitungshallen, Schalträume, Werkstätten, Garagen
2. Im Hochbehälter: Schieberkammern, Wasserkammern, Vorräume, Pumpenräume,
3. Weiters: Schachtbrunnen, Quellsammelschächte, Tiefbehälter etc.

Einige der oben als Beispiel angeführten Messstandorte würde man auf den ersten Blick nicht unbedingt als Arbeitsbereich der Beschäftigten einstufen, da hier zum Teil nur kurze Aufenthalte im Zuge von Ablesevorgängen, Wartungsarbeiten oder Kontrollbesichtigungen notwendig sind. Diese Bereiche sollten dennoch nicht außer Acht gelassen werden, da es gerade aufgrund des geringen Luftaustausches zu sehr hohen Radonkonzentrationen kommen kann. Bei solch hohen Werten ergibt sich selbst bei geringen Aufenthaltszeiten eine relevante Jahresdosis für den betroffenen Beschäftigten.

Typische Arbeitsplätze mit erhöhter Radonkonzentration

Erhöhte Radonkonzentrationen können zum Beispiel in Quellsammel- oder Brunnenschächten, Hochbehältern und anderen Wasserspeichern sowie Anlagen in Wasserwerken wie Produktionshallen, Verdünnungsanlagen und Rohrkellern auftreten.

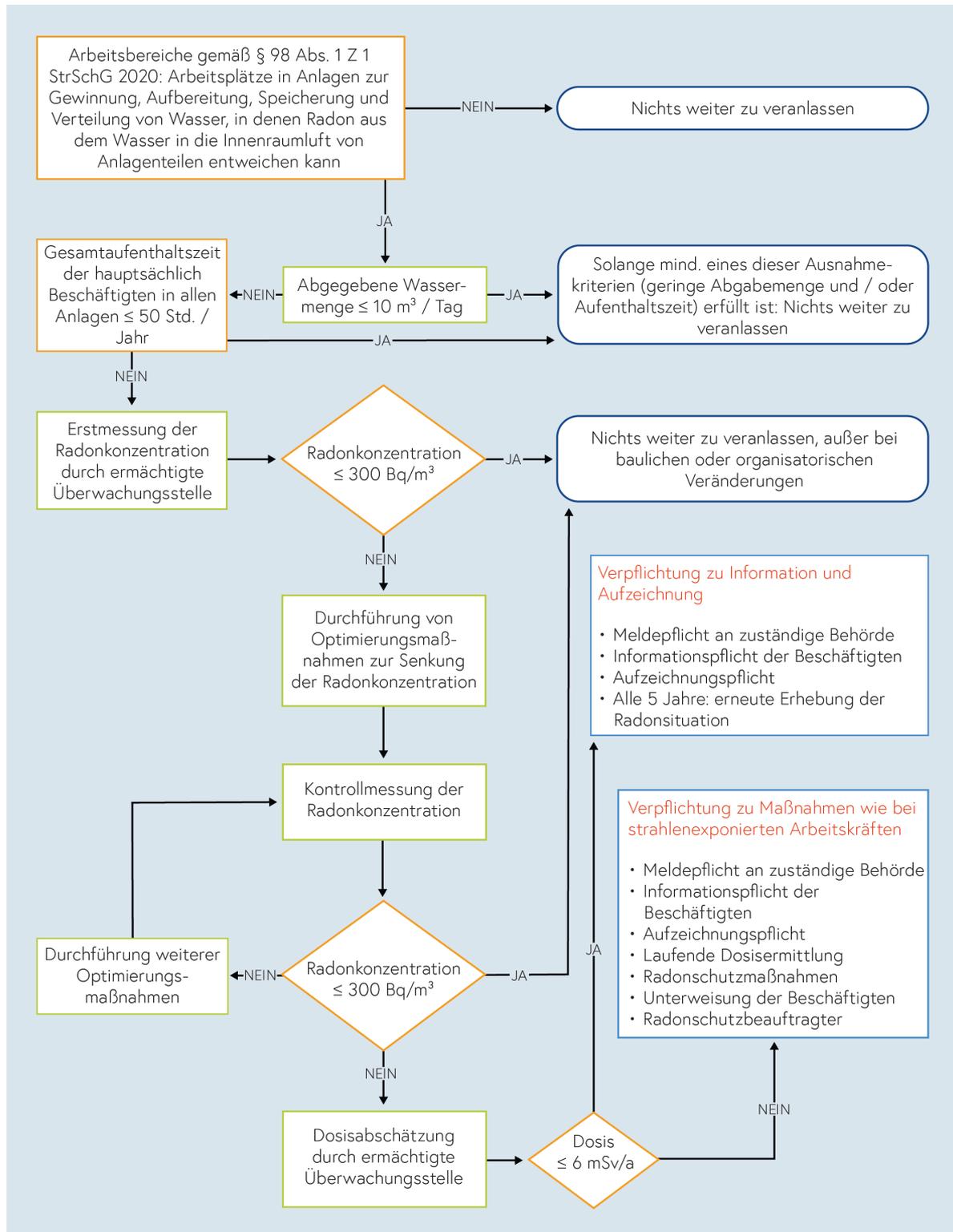
Bisherige Höchstwerte der Radonkonzentrationen in verschiedenen österreichischen Wasserversorgungsanlagen:

- Quellsammelschächte: bis zu 240.000 Bq/m³
- Schachtbrunnen: bis zu 40.000 Bq/m³
- Wasseraufbereitungsanlagen: bis zu 170.000 Bq/m³
- Hochbehälter: bis zu 500.000 Bq/m

Ebenso können aber auch Arbeitsplätze in angrenzenden Innenräumen von Wasserwerken oder Hochbehältern wie Büros oder Werkstätten erhöhte Radonkonzentration aufweisen. Die dort auftretenden Radonkonzentrationen setzen sich zumeist aus einem Anteil des geogenen Radons und einem Anteil, welcher aus dem Wasser exhaliert ist und sich dann durch den Luftwechsel im Gebäude selbst ausgebreitet hat, zusammen. Aufgrund der höheren Aufenthaltszeiten müssen diese Räume, auch wenn sie keine direkten offenen Wasseroberflächen aufweisen, bei der Erhebung der Radonsituation auf jeden Fall mit gemessen werden.

Rechtliche Grundlagen

Abbildung 5 Schematische Darstellung der Regulierung des Radonschutzes in WVA



Die Verpflichtung zur Durchführung von Radonmessungen in Wasserversorgungsanlagen sowie weiterer Maßnahmen zur Gewährleistung des Radonschutzes für die Beschäftigten in WVA ergibt sich aus dem Strahlenschutzgesetz 2020 sowie der Radonschutzverordnung. Die Eckpunkte dieser Verpflichtung sind in Abbildung 5 zusammengefasst.

Gründe für erhöhte Radonkonzentrationen in Wasserversorgungsanlagen

Radonexhalation aus radonhaltigem Roh- und Reinwasser

Radon ist ein radioaktives Gas, welches durch radioaktiven Zerfall von Uran entsteht. Wenn Grund- oder Quellwasser mit der radonhaltigen Luft im Boden oder im Fels in Berührung kommt, löst sich das Radongas im Wasser und wird zusammen mit diesem an die Oberfläche transportiert. Das über Quelfassungen oder Brunnen gewonnene Wasser ist dadurch mehr oder weniger stark radonhaltig. Sobald das Wasser an die Oberfläche kommt und nun von Luft umgeben ist, kann das Radongas aufgrund seiner Eigenschaften als Edelgas wieder leicht vom Wasser in die umgebende Luft übertreten. Man spricht von einer sogenannten „Radonexhalation“. Wenn kein ausreichender Luftwechsel mit Frischluft erfolgt, kann es so durch die Radonexhalation zu sehr hohen Konzentrationen in der Innenraumluft kommen. Die Radonexhalationsrate hängt maßgeblich von der Behandlung des Wassers im Anlagenteil ab (Zerstäuben oder ruhige Wasseroberflächen, Verweildauer des Wassers etc.). Die Ausbreitung des Radongases im Gebäude wird vor allem von den Lüftungs- und Druckverhältnissen im Gebäude sowie der Raumgröße bestimmt.

Geogenes Radon aus dem Untergrund bzw. der Bodenluft

Zur Radonexhalation aus dem Wasser kommt der Anteil an Radon aus der Bodenluft hinzu, welches durch Undichtigkeiten in das Gebäude der Wasserversorgungsanlage, wie in anderen Gebäuden auch, eindringen kann. Maßnahmen zur Reduktion des geogenen Radonanteils entsprechen weitgehend jenen, welche auch bei „normalen“ Gebäuden wie z. B. Einfamilienhäusern eingesetzt werden können. Diese Maßnahmen sind in der ÖNORM S 5280 – Teil 3 beschrieben und werden in dem vorliegenden Leitfaden nicht näher erläutert.

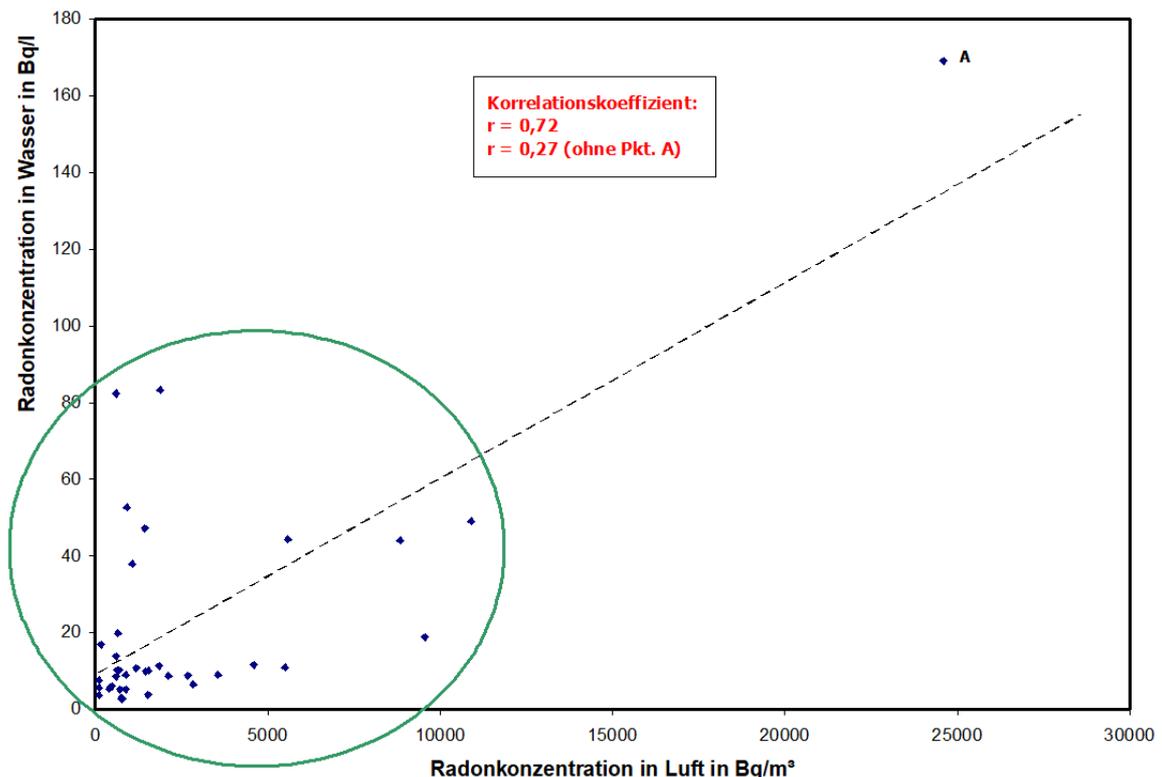
Weitere Radonquellen

Zumeist eher vernachlässigbar ist der Anteil an der Radonkonzentration in der Innenraumluft, welcher aus direktem Zerfall aus dem natürlich vorkommenden Radionuklid Radium-226 entsteht. Zu einer Anreicherung von Radium-226 in WVA kann es beispielsweise in der Grundwasseraufbereitung mittels Filteranlagen (in der Brausteinschicht der Filter) sowie bei der Enteisung und Entmanganung in den Filterschlämmen kommen. Ebenso vernachlässigbar ist der Radon-Anteil aus verwendeten Baumaterialien.

Zusammenhang zwischen der Radonkonzentration im Wasser und in der Innenraumluft

Im Rahmen einer Pilotstudie wurden in insgesamt 37 Wasserwerken die Radonkonzentrationen in der Luft und im Wasser verglichen. Die Korrelation der Werte ist in Abbildung 6 dargestellt.

Abbildung 6: Darstellung der Korrelation zwischen der gemessenen Radonkonzentration im Wasser [Bq/l] und jener in der Luft [Bq/m³] in verschiedenen Wasserwerken (Ringer, 2006)



Es besteht kein eindeutiger Zusammenhang zwischen den Radonkonzentrationen im Wasser und in der Luft. Betrachtet man nur die Punkte im grünen Kreis, so liegt der Korrelationskoeffizient bei 0,27. Allerdings kann eine sehr hohe Radonkonzentration im Wasser auch hohe Luftkonzentrationen bewirken (Punkt A).

Vorgehen bei erhöhten Radonwerten

Wie geht es weiter, wenn bei der Radonmessung festgestellt wurde, dass in einem oder mehreren Anlagenteil(en) der Wasserversorgungsanlage die Radonkonzentration in der Luft den Referenzwert von 300 Bq/m^3 überschreitet? Grundsätzlich können folgende Maßnahmen zur Verbesserung des Radonschutzes der Beschäftigten unterschieden werden:

1. Bauliche Optimierungsmaßnahmen zur dauerhaften Absenkung der Radonkonzentration. Diese sollten wo immer möglich Priorität haben (z. B. Installation von baulichen Abtrennungen bzw. Be- oder Entlüftungsmaßnahmen)
2. Maßnahmen zur temporären Reduktion der Radonkonzentration während der Aufenthaltszeiten von Beschäftigten in Anlagen, die nur sporadisch betreten werden

Je nach Bedarf und den örtlichen Gegebenheiten können die genannten Maßnahmen auch miteinander kombiniert werden. Sollte eine dauerhafte oder temporäre Absenkung der Radonkonzentration bis unter den Referenzwert von 300 Bq/m^3 nicht möglich sein, so gilt es die Radonbelastung (Radonexposition) bzw. in weiterer Folge die Dosis (siehe Abbildung 5) der Beschäftigten durch folgende Maßnahmen zu minimieren:

3. Organisatorische Maßnahmen zur Minimierung der Radonexposition der Beschäftigten
4. „Entradonisierung“ des Rohwassers zur Reduktion der Radonkonzentration im Wasser. Dabei sollte allerdings speziell darauf geachtet werden, dass die Entradonisierung möglichst in einer geschlossenen Anlage stattfindet und die Abluft daraus direkt ins Freie abgeleitet wird. Ansonsten kann es dadurch zu einer deutlichen Erhöhung der Radonkonzentration in der Innenraumluft kommen.

Hilfe zur Selbsthilfe

Im Folgenden werden Möglichkeiten zur Reduktion der Radonexposition für Beschäftigte angeführt, wenn eine Absenkung der Radonkonzentration nicht möglich ist.

1. Verlegung von Aufenthaltsräumen (z. B. des Büros des Wassermeisters) aus dem Wasserwerk in andere Gebäude (z. B. der Gemeinde) bzw. Umnutzung von einzelnen „radonbelasteten“ Räumen (z. B. Pausenraum wird zukünftig nur mehr als Lagerraum benützt)
2. Herausgabe einer Arbeitsanweisung zum Thema Radonschutz (siehe Vorlage in Anhang A)
3. Regelmäßige Unterweisungen der Beschäftigten zum Thema Radonschutz
4. Anbringen von Hinweisschildern an Bereichen mit erhöhter Radonkonzentration
5. Reduktion der Aufenthaltszeiten von Beschäftigten in Bereichen mit hoher Radonkonzentration auf das absolut notwendige Mindestmaß (z. B. durch Durchführung der Wasseranalysen im Freien anstatt im Quellsammelschacht, Umstellung auf automatisierte Ablesesysteme mit Fernübertragung)
6. Einhalten von Wartezeiten zwischen dem Öffnen und dem Betreten von bestimmten Anlagen (z. B. Quellsammelschächten) zur Frischluftzufuhr bzw. Verdünnung der radonhaltigen Luft mit der Außenluft (Verringerung der Radonkonzentration in den Schächten)
7. Aufteilung von unumgänglichen Aufenthaltszeiten (z. B. Wartungsarbeiten) in Bereichen mit erhöhter Radonkonzentration auf mehrere Beschäftigte
8. Festlegung und unverzügliche Durchführung von Maßnahmen bei einem Ausfall der stationären Ventilatoren bzw. Aufnahme einer Funktionskontrolle der Ventilatoren in den regulären Wartungsplan der WVA
9. Sprudelndes Befüllen der Wasserspeicher und Hochbehälter vermeiden
10. Regelmäßiges und ausreichendes Stoßlüften von Aufenthaltsräumen in Wasserwerken (Stichwort: Ventilationsplan)

Auch externe Mitarbeiter von Firmen, welche z. B. für Installationsarbeiten in einem Hochbehälter engagiert wurden, sollten über erhöhte Radonkonzentrationen in einer Anlage und o.g. organisatorische Maßnahmen informiert werden, um deren Radonexposition so gering wie möglich zu halten.

Reduktion der Radonexposition der Beschäftigten

In diesem Kapitel befindet sich eine Zusammenstellung bewährter baulicher und organisatorischer Maßnahmen zur Reduktion der Radonexposition der Beschäftigten. Quelle für dieses Kapitel: DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V., 2021, ergänzt um Erfahrungswerte aus Österreich.

Wasseraufbereitungsanlagen (Entsäuerungsanlagen, etc.)

- Aufenthaltszeit auf das Notwendigste beschränken
- aktive Be- und Entlüftung (z. B. Einbau stationärer Ventilatoren, Vorhaltung mobiler Lüftungssysteme, vor allem für nichttroutinemäßige Arbeiten) etablieren und optimieren
- Festlegung und unverzügliche Durchführung von Maßnahmen bei Ausfall der Lüftungsanlage oder der Ventilatoren
- Abluft aus geschlossener Aufbereitung ohne Auswirkung auf andere Räume ins Freie führen
- Abtrennung offener Filterbecken vom Bediengang
- Abdichten von Spülkästen und Abwasserschächten
- Ableiten der Kesselabluft ins Freie
- Abtrennung von Aufbereitungs- und Filterbereichen zu den übrigen Räumen inklusive Abdichtung von Fenstern und Türen, die dazwischenliegen
- Verwendung radondichter Materialien und Wände zur Trennung radonexponierter Räume von radonfreien Anlagenbereichen

Wasserspeicheranlagen (Hochbehälter, etc.)

- Radondichte Abtrennung der Wasserkammern vom Schaltraum, vom Vorraum bzw. vom übrigen Gebäude inklusive Abdichtung der Fenster und Türen, die dazwischenliegen
- Aufenthaltszeiten auf das Notwendigste beschränken
- Aktive Belüftung vor bzw. während der Behälterreinigung (mobile Lüfter)
- Radondichte Abtrennung der zu reinigenden Wasserkammer von befüllter Kammer
- Wasserkammern mittels Ventilator ins Freie entlüften
- Sprudelndes Befüllen der Wasserkammern vermeiden
- Wassereinlauf in Becken möglichst unter der Wasseroberfläche
- Ableiten des Überlaufrohrs direkt ins Freie

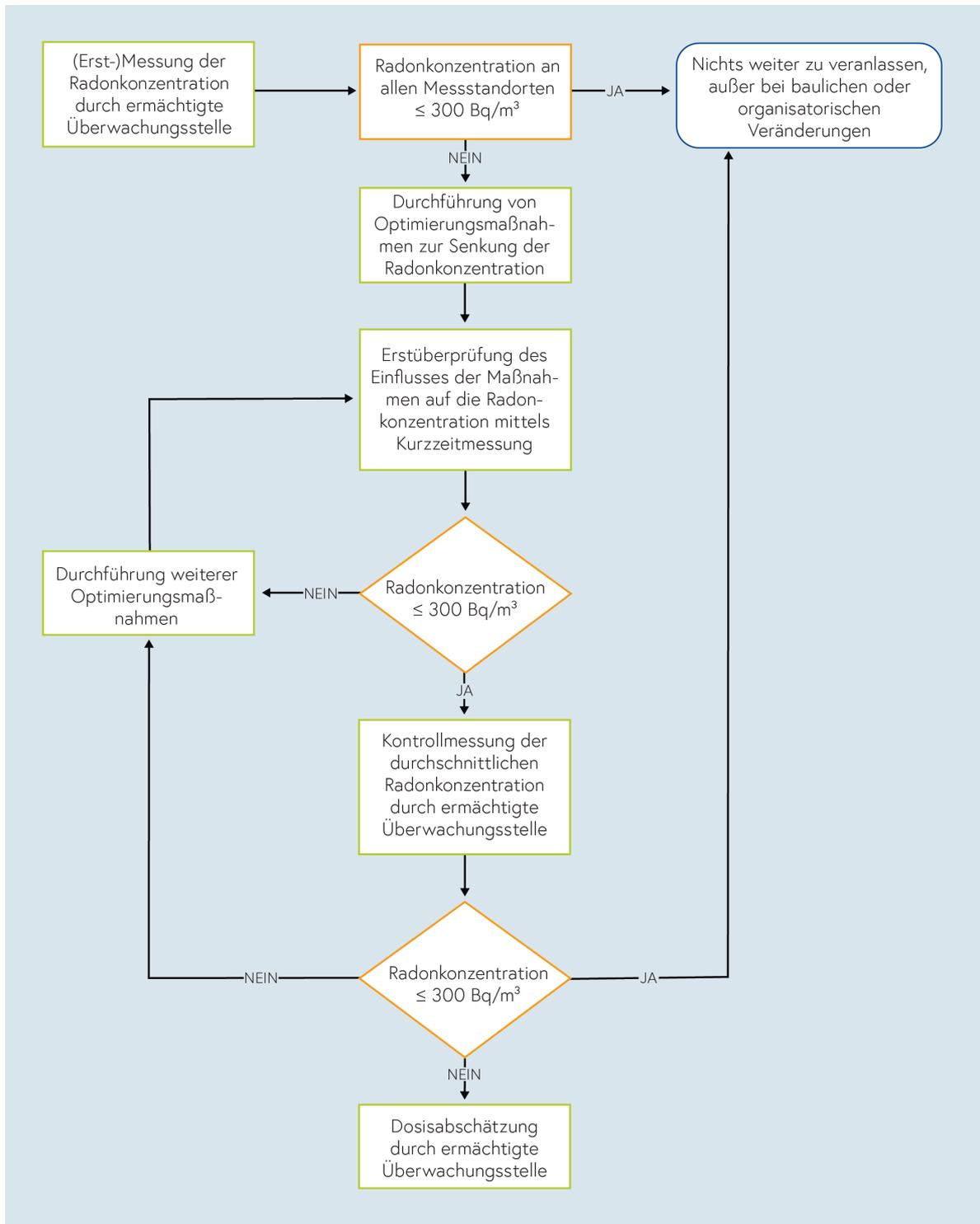
Büros, Werkstätten und andere vergleichbare Räume

- für regelmäßige und ausreichende Belüftung sorgen (Stoßlüften)
- Abgrenzung von radonexponierten Räumen (z. B. Türen geschlossen halten und abdichten)
- langfristig diese Arbeitsstätten nicht im gleichen Gebäude wie radonexponierte Räume anordnen
- beim Bau auf radondichte Bodenabdichtung (Dichtungsfolie, Drainage) achten (Austrian Standards Institute, 2005)
- Einbau eines Radonbrunnens zur Reduzierung des geogenen Radonanteils (Austrian Standards Institute, 2005)

Quellsammelschächte und Schachtbrunnen

- vor der Begehung für gute Belüftung sorgen (z. B. mittels mobiler Lüfter)
- Aufenthaltszeit auf das Notwendigste beschränken (z. B. Analyse der Wasserproben im Freien)
- Automatisierte Übertragung der abzulesenden Werte ans Wasserwerk zur Verringerung der erforderlichen Aufenthaltszeiten im Schacht selbst
- Gasdichte Hermetisierung von Brunnenköpfen

Abbildung 7 Ablaufdiagramm zur Vorgehensweise zur Erfüllung der Anforderungen des Radonschutzes von Beschäftigten in Wasserversorgungsanlagen gemäß StrSchG 2020



Radonsanierungsmaßnahmen

Oberstes Ziel sollte bei erhöhten Radonwerten immer sein, durch bauliche Optimierungsmaßnahmen in der betroffenen Wasserversorgungsanlage die Radonkonzentration (zumindest in den Aufenthaltsräumen) dauerhaft zu reduzieren. Ein Leitsatz der Radonrisikokommunikation besagt: „Radon ist nur dann ein Problem, wenn man es ignoriert!“. In diesem Sinne werden nachfolgend bauliche Optimierungsmaßnahmen zur dauerhaften Reduktion der Radonkonzentration in den verschiedenen Wasserversorgungsanlagen vorgestellt, die sich in der Vergangenheit bereits bewährt haben. Prinzipiell bestehen folgende bauliche Möglichkeiten die Radonsituation für die Beschäftigten in einem Gebäude bzw. einer Anlage zu verbessern:

1. Räumliche (konvektionsdichte) Abtrennung von Bereichen mit hohen Radonkonzentrationen (ohne bedeutende Aufenthaltszeiten) von jenen Bereichen, in denen sich Beschäftigte aufhalten
2. Direkte Ableitung der stark radonhaltigen Luft aus diesen Bereichen direkt ins Freie, sodass sich diese nicht im Gebäude weiter ausbreiten kann
3. Aktive Belüftung (mechanische Frischluftzufuhr) von Räumen mit relevanten Aufenthaltszeiten

Installation von stationären Lüftern

Fallbeispiel A: Mechanische Ableitung der radonhaltigen Luft beim Rohwasser-Speicherbecken mittels Ventilator direkt ins Freie über das Dach

Bei der Erhebung der Radonkonzentrationen in einem Wasserwerk wurden in den Aufenthaltsräumen (Büros, Sitzungsräume, etc.) im Jahr 2020 erhöhte Radonkonzentrationen festgestellt. Zur Absenkung der Radonkonzentration in den Aufenthaltsräumen wurde (aus Kostengründen, siehe unten) vom Wasserwart selbst folgende Maßnahme erfolgreich umgesetzt: Zur Ableitung der stark radonhaltigen Luft aus dem Rohwasserbecken direkt ins Freie wurde in das bereits vorhandene Beckenentlüftungsrohr ein Rohrventilator (DN 200) installiert. Der Lüfter läuft nur während des Betriebes der Anlage. Durch den so entstehenden leichten Unterdruck im Gebäude findet zusätzlich auch in den angrenzenden Nachbarräumen ein verstärkter Luftwechsel bzw. Frischluftzufuhr von außen statt. Mittels eigens angeschafftem elektronischem Radonmessgerät konnte die Auswirkung der Maßnahme auf die Radonkonzentrationen bereits vor den offiziellen Kontrollmessungen festgestellt werden. Bei dem hier vorgestellten Beispiel zeigte sich außerdem, dass eine erfolgreiche Planung und Umsetzung von Radonsanierungsmaßnahmen kostengünstig in Eigenregie möglich ist.

Tabelle 1: Darstellung des Sanierungserfolges im Fallbeispiel A

Raumbezeichnung	Erstmessung Radonkonzentration [Bq/m ³]	Kontrollmessung Radonkonzentration [Bq/m ³]
Büro 1	855 ± 120	101 ± 22
Büro 2 (Labor)	862 ± 121	99 ± 22
Aufenthaltsraum	900 ± 126	87 ± 20
Sitzungsraum	867 ± 121	115 ± 24
Produktionshalle	1.201 ± 168	107 ± 24
Schaltraum	1.038 ± 145	110 ± 24

Eckdaten der Radonsanierung

Ausführung	in Eigenregie durch den Wassermeister
Materialkosten	ca. € 450,-
Verwendeter Ventilator	DALAP Lüfter AP Profi 200T (~ 1.000 m ³ /h)
Zeitaufwand	ca. acht Arbeitsstunden
Laufende Kosten	ca. € 160,- Stromkosten pro Jahr (800 kWh/J)

Abbildung 8: Darstellung der umgesetzten Lüftungsmaßnahmen im Fallbeispiel A



Kombination von mehreren verschiedenen baulichen Maßnahmen

Fallbeispiel B: Einbau mehrerer stationärer Ventilatoren in Kombination mit baulicher Abtrennung des Turbinenraums sowie Einbau eines Siphons

In diesem Wasserwerk sind die Aufbereitung (zwei Entsäuerungsbecken) und der Hochbehälter in einem Gebäude untergebracht. Die Abluft der Pelton-Turbine wurde als Hauptquelle (Radonkonzentrationen bis 200.000 Bq/m^3) identifiziert. Der Bereich um die Turbine wurde – auch aus Lärmschutzgründen – baulich abgetrennt. Zur Abfuhr der radonhaltigen Luft ins Freie wurde ein Ventilator installiert.

Erwähnenswert ist, dass hier das Radonthema bereits beim Bau des Hochbehälters berücksichtigt wurde. Um die Radonkonzentrationen in dem Aufenthaltsbereich (als „Vorraum“ bezeichnet) möglichst niedrig zu halten, wurden die Wasserspeicherbecken bereits baulich abgetrennt. Zusätzlich wurde im Rahmen der durchgeführten Radonsanierung ein Ventilator oberhalb des Speicherbeckens installiert um die radonhaltige Luft in der Wasserkammer direkt ins Freie abzuleiten.

Der offene Überlauf des Rückspülwassers der beiden Entsäuerungsbecken, welcher im Untergeschoß des Wasserwerks untergebracht ist, wurde als weitere Radonquelle identifiziert. Radonhaltige Luft mit einer Aktivitätskonzentration von bis zu 100.000 Bq/m^3 strömte vom Schacht in das Gebäude. Dies wurde durch den Einbau eines Siphons in den Schacht behoben. Schließlich wurde noch ein Zuluftventilator (4-stufig, max. $700 \text{ m}^3/\text{h}$, 46W) in einem Gebäudefenster installiert. Dadurch wird permanent radonarme Frischluft in das Gebäude geblasen.

Somit kamen hier insgesamt drei Ventilatoren (Lüfter mit je 46 bzw. 72 Watt) zum Einsatz. Die Kombination der angeführten Sanierungsmaßnahmen führte schließlich zum Erfolg.

Tabelle 2: Darstellung des Sanierungserfolges im Fallbeispiel B

Raumbezeichnung	Erstmessung Radonkonzentration [Bq/m³]	Kontrollmessung Radonkonzentration [Bq/m³]
Vorraum	24.600	560
Turbinenraum	bis zu 200.000	2.780
Untergeschoß	bis zu 100.000	370

Eckdaten der Radonsanierung

Ausführung	in Eigenregie durch den Wasserwart
Materialkosten	ca. € 900,-
Zeitaufwand	ca. zehn Arbeitsstunden
Laufende Kosten	Stromkosten in Höhe von ca. € 100,- im Jahr

Abbildung 9: Darstellung der umgesetzten Abtrennungs- und Lüftungsmaßnahmen im Fallbeispiel B



Abdichtung von Spülkästen

Fallbeispiel C: Abdichtung von Spülkästen in einer Wasseraufbereitungsanlage zur Enteisung und Entmanganung

Im vorliegenden Fallbeispiel wurden im Rahmen einer in Bayern durchgeführten Pilotstudie (Trautmannsheimer, 2001) erhöhte Radonkonzentrationen in verschiedenen Anlagenteilen des Wasserwerks festgestellt.

In diesem Fall handelt es sich um ein Wasserwerk, welches neben zwei geschlossenen Wasserspeicherkammern auch Filter zur Enteisung und Entmanganung des Rohwassers beherbergt. Diese werden einmal wöchentlich rückgespült. Im Rahmen der Begehung zur Ermittlung der Radonsituation konnten die offenen Spülkästen als Hauptradonquelle identifiziert werden. Zur Reduktion der Radonkonzentration in der Anlage erfolgte eine bauliche Abdichtung der Spülkästen, welche von einer externen Installationsfirma durchgeführt wurde. Außerdem wurde ein Arbeitsplatz in den benachbarten Technikraum verlegt und die in der Anlage notwendigen Aufenthaltszeiten auf mehrere Beschäftigte aufgeteilt.

Tabelle 3: Darstellung des Sanierungserfolges im Fallbeispiel C

Raumbezeichnung	Erstmessung Radonkonzentration [Bq/m ³]	Kontrollmessung Radonkonzentration [Bq/m ³]
Aufbereitungshalle	5.300	630

Eckdaten der Radonsanierung

Ausführung	externer Installateurbetrieb
Gesamtkosten	ca. € 4.000,-
Laufende Kosten	keine

Abbildung 10: Darstellung der baulichen Abdichtung der Spülkästen im Wasserwerk des Fallbeispiels C



Kombination von Abtrennungs-, Entlüftungs- und organisatorischen Maßnahmen

Fallbeispiel D

Im vorliegenden Fallbeispiel wurden im Rahmen einer in Bayern durchgeführten Pilotstudie (Trautmannsheimer, 2001) erhöhte Radonkonzentrationen in verschiedenen Anlagenteilen des Wasserwerks festgestellt.

Durchgeführte Maßnahmen

- Abtrennung der Wasserkammern vom Vorraum bzw. vom übrigen Gebäude
- Installation und Inbetriebnahme einer eigenen mechanischen Lüftungsanlage zur Belüftung, Ableitung von radonhaltiger Luft und Unterdruckerzeugung
- Abtrennung offener Filterbecken vom Bediengang
- Abtrennung von Aufbereitungs- und Filterbereichen zu den übrigen Räumen
- Wassereinlauf in Becken unter der Wasseroberfläche
- Entlüftung der Wasserkammern mittels Ventilator ins Freie
- Spezielle Arbeitsanweisung (in Schriftform) zum Schutz vor Radon für die Beschäftigten

Zusätzlich wurden die Betretungszeiten beziehungsweise Aufenthaltszeiten auf das notwendigste Mindestmaß minimiert. Vor dem Betreten von Quellsammelschächten und vor den Reinigungs- und Wartungsarbeiten in den Hochbehältern kommt ein mobiler Lüfter zum Einsatz. Mitarbeiterunterweisungen zum Thema Radonschutz werden in regelmäßigen Abständen durchgeführt. Der Betrieb der Lüftungsanlage wurde nach einer ersten Testphase angepasst und weiter optimiert. Die Lüftungszeiten wurden von einem zunächst betriebenen Halbstundentakt auf einen durchgehenden Betrieb für sechs Stunden umgestellt. Die einwandfreie Funktion der Anlage wird in regelmäßigen Abständen kontrolliert. Durch die Kombination der oben angeführten Maßnahmen konnte die Radonexposition des beschäftigten Wasserwarts deutlich abgesenkt werden. Leider liegen für das beschriebene Fallbeispiel, da dieses zeitlich schon etwas zurückliegt, keine Messdaten der Radonkonzentrationen mehr vor. Der Erfolg der Maßnahmen kann hier nur durch den Vergleich der Ergebnisse der damals durchgeführten Dosisabschätzung dargestellt werden (siehe hierzu auch Abbildung 5). Die abgeschätzte Dosis für die Beschäftigten konnte durch die Umsetzung der oben beschriebenen Maßnahmen von ursprünglich 600 mSv/a auf aktuell 9 mSv/a reduziert werden.

Eckdaten der Radonsanierung

Ausführung	Komplettvergabe an ein Ingenieurbüro
Materialkosten	nicht genau bekannt
Laufende Kosten	Stromkosten, Filterwechsel, usw.

Abbildung 11: Darstellung des im Fallbeispiel D installierten mechanischen Be- und Entlüftungssystems und des mobilen Lüfters im Einsatz bei einem Brunnenschacht



Fallbeispiel E

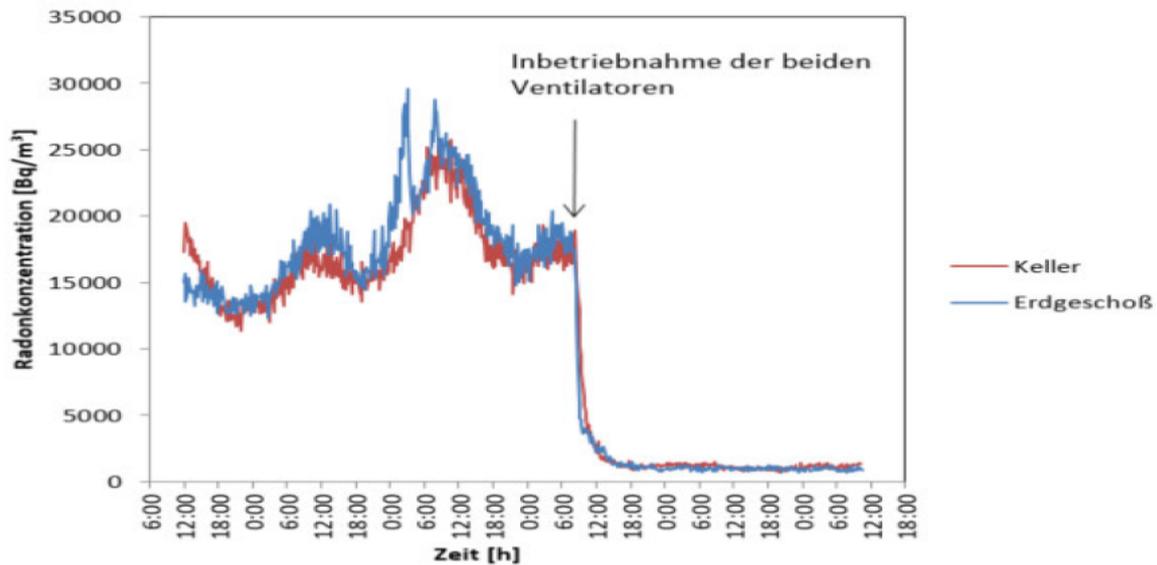
Im vorliegenden Fallbeispiel wurden im Rahmen einer in Bayern durchgeführten Pilotstudie (Trautmannsheimer, 2001) erhöhte Radonkonzentrationen in verschiedenen Anlagenteilen des Wasserwerks festgestellt.

Durchgeführte Maßnahmen

- Einbau von zwei stationären Ventilatoren zur Ableitung radonhaltiger Luft
- bauliche Abtrennung der Wasserspeicherkammern
- Einsatz eines mobilen Lüfters

Die beiden zeitgesteuerten Ventilatoren laufen zur Stromkosteneinsparung lediglich untertags für acht Stunden pro Tag. Zusätzlich wurden die Betretungszeiten beziehungsweise Aufenthaltszeiten in den Anlagenteilen mit erhöhten Radonkonzentrationen auf das notwendigste Mindestmaß minimiert. Zusätzlich kommt vor dem Betreten von Quellsammelschächten sowie dem Durchführen von Wartungsarbeiten im Hochbehälter ein mobiler Lüfter zum Einsatz. Durch die Kombination der oben angeführten Maßnahmen konnte die Dosis des beschäftigten Wasserwerts deutlich von 56 mSv/a (Ergebnis der Dosisabschätzung vor dem Umsetzen der Maßnahmen) auf 4 mSv/a reduziert werden. In weiterer Folge wurden dann auch noch die Wasserspeicherbecken räumlich vom Aufenthaltsbereich abgetrennt. Das aktuelle Ergebnis der Dosisabschätzung liegt nun bei < 1 mSv/a.

Abbildung 12: Darstellung der Reduktion der Radonkonzentration durch Inbetriebnahme von stationären Ventilatoren



Eckdaten der Radonsanierung

Ausführung	in Eigenregie sowie durch Fremdfirma
Materialkosten	nicht genau bekannt
Zeitaufwand	unbekannt
Laufende Kosten	Stromkosten unbekannt, kaum Wartungsarbeiten

Abbildung 13: Darstellung der umgesetzten Abtrennungs- und Lüftungsmaßnahmen im Fallbeispiel E



Fallbeispiel F

Im vorliegenden Fallbeispiel wurden im Rahmen einer in Bayern durchgeführten Pilotstudie (Trautmannsheimer, 2001) erhöhte Radonkonzentrationen in verschiedenen Anlagenteilen des Wasserwerks festgestellt. Folgende baulichen Maßnahmen wurden zur Senkung der Radonkonzentration in der Luft vorgenommen:

- Abtrennung der Wasserkammern vom Vorraum
- Abtrennung offener Filterbecken vom Bediengang
- Installation und Inbetriebnahme von mehreren stationären Lüftern zur Be- und Entlüftung von den Wasserkammern (inklusive Ableitung der radonhaltigen Luft ins Freie). Die Ventilatoren sind zeitgesteuert, können aber auch zusätzlich händisch ein- und ausgeschaltet werden.

Einsatz eines mobilen Lüfters bei:

- Reinigungsarbeiten in den Hochbehältern
- vor dem Betreten von Quellsammelschächten

Zusätzlich wurden folgende organisatorische Maßnahmen zum Schutz der Beschäftigten umgesetzt:

- Minimierung der Aufenthaltszeiten
- Umnutzung von einzelnen Räumen sowie Verlegung von einzelnen Arbeitsplätzen innerhalb des Gebäudes oder in ein anderes Gebäude zur Verringerung der Radonbelastung der Beschäftigten
- Anbringung eines Hinweisschilds „Türen geschlossen halten“
- Jährliche Schulung der Beschäftigten zum Thema Radonschutz

Zur direkten Erfolgskontrolle von Maßnahmen sowie zur weiteren Beurteilung der Radonsituation wurde vom Betreiber ein eigenes aktives Radonmessgerät angeschafft. Durch die Kombination der oben angeführten Maßnahmen konnte die jährliche Radondosis der Beschäftigten von über 60 mSv/a (Ergebnis der Dosisabschätzung vor dem Umsetzen der Maßnahmen) auf aktuell 9 mSv/a reduziert werden.

Eckdaten der Radonsanierung

Ausführung	teilw. von Fachfirmen und teilw. in Eigenregie
Materialkosten	ca. € 5.000 – 10.000,- pro Raum
Zeitaufwand	unbekannt
Laufende Kosten	Stromkosten, minimaler Wartungsaufwand

Abbildung 14: Darstellung der umgesetzten Abtrennungs- und Lüftungsmaßnahmen im Fallbeispiel F



Installation eines stationären Lüfters zur mechanischen Belüftung (Frischlufzufuhr) von Aufenthaltsräumen

Fallbeispiel G: Aktive Belüftung eines Büroraums in einem Hochbehälter mit offenen Wasserspeicherkammern mittels dezentraler Belüftungsanlage

Bei dem vorgestellten Fallbeispiel handelt es sich um ein Wasserwerk, in welchem im Rahmen der in Oberösterreich durchgeführten Pilotstudie (Ringer, 2006) erhöhte Radonkonzentrationen festgestellt wurden. Das Besondere an diesem Fall war, dass die Radonkonzentration zu Beginn im Büroraum tatsächlich höher als im Behälterraum des Wasserspeicherbeckens war. Den wesentlichen Beitrag zur Gesamtexposition des Wasserwirts lieferte somit sein Aufenthalt im Büro, wo er sich im Durchschnitt ca. 20 Stunden pro Woche aufhielt.

Eine Reihe von zeitauflösenden Messungen in verschiedenen Bereichen des Wasserwerkes und schließlich die Messung der Radonkonzentration im Unterboden des Büros zeigten, dass in diesem Falle nicht das Entweichen von Radon aus dem Wasser, sondern das Eindringen von Radon aus dem Boden zur hohen Radonkonzentration im Büro führte. Die unten dargestellten zeitaufgelösten Messungen der Radonkonzentration in den verschiedenen Bereichen des Gebäudes erfolgte mittels Alphaguard. Zur Sanierung wurde ein Zuluftventilator in ein Bürofenster eingebaut, wobei die Verdopplung des Luftdurchflusses des Ventilators von 65 m³/h auf 130 m³/h noch eine weitere deutliche Reduktion der Radonkonzentration im Büro bewirkte. Die installierte Maßnahme einer mechanischen Belüftung eines einzelnen Aufenthaltsraums entspricht einer klassischen Radonsanierungsmaßnahme, wie sie beispielsweise auch in Wohnhäusern durchgeführt wird. Eine technische Beschreibung der Maßnahme kann in der ÖNORM S5280 – Radon: Teil 3 – Sanierungsmaßnahmen an Gebäuden nachgeschlagen werden (Austrian Standards Institute, 2005).

Tabelle 4: Darstellung des Sanierungserfolges im Fallbeispiel G

Hochbehälter Raumbezeichnung	Erstmessung Radonkonzentration (Bq/m ³)	Kontrollmessung Radonkonzentration (Bq/m ³)	Maximale jährliche Aufenthaltszeit in Stunden
Büro	2.576	139	1040
Wasserspeicher	1.062	1.062	150

Eckdaten der Radonsanierung

Ausführung	in Eigenregie durch den Wasserwart
Materialkosten	ca. € 600,-
Zeitaufwand	ca. fünf Arbeitsstunden
Laufende Kosten	Stromkosten in Höhe von ca. € 130,- im Jahr

Abbildung 15: Graphische Darstellung des Abfalls der Radonkonzentration nach Inbetriebnahme der dezentralen Belüftungsanlage im Fallbeispiel G

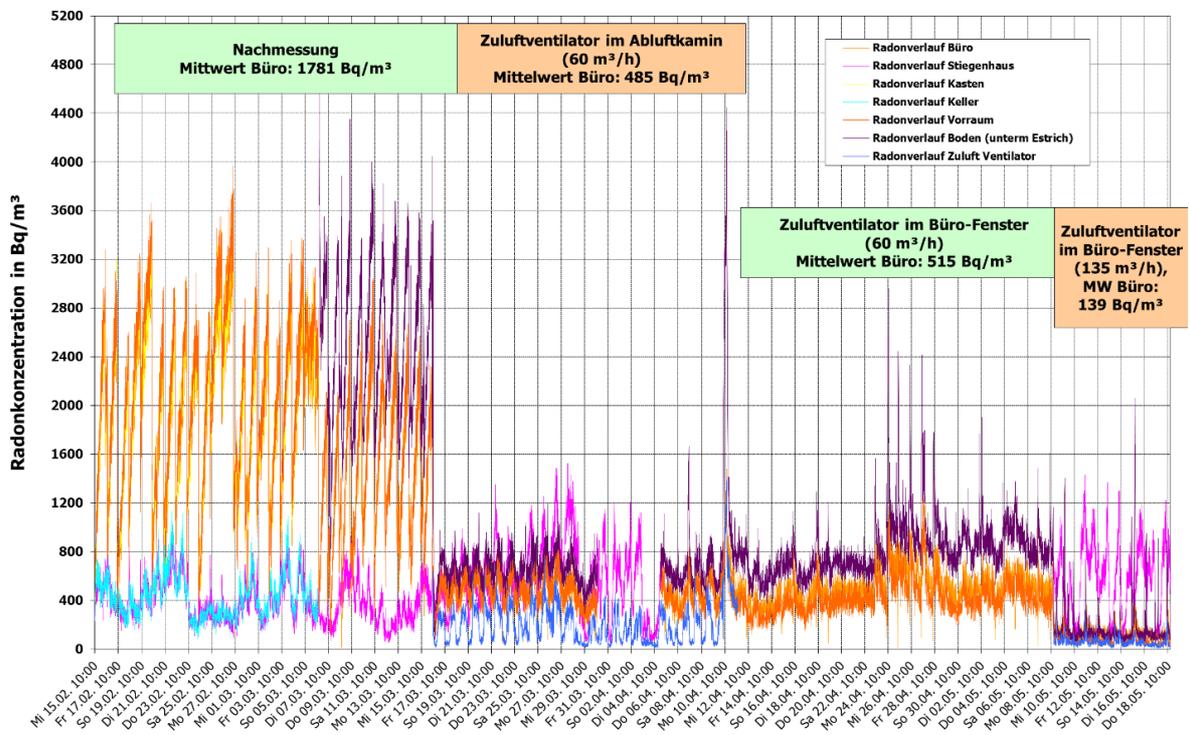


Abbildung 16: Dezentrale Belüftungsanlage im Büroraum des Hochbehälters, in dem dadurch die Radonkonzentration reduziert werden konnte (Fallbeispiel G)



Kombination aus Entlüftungs- und Abdichtungsmaßnahmen

Fallbeispiel H: Versetzen eines vorhandenen stationären Ventilators sowie Installation eines weiteren Abluftventilators in Kombination mit einfachen Abdichtungsmaßnahmen

Bei der Erstmessung der Radonkonzentration in einem Wasserwerk wurden sowohl im Büro als auch in der Aufbereitungshalle Radonkonzentrationen bis über 38.000 Bq/m³ festgestellt. Zur Reduktion der Radonkonzentration in den Aufenthaltsbereichen wurde zunächst ein vorhandener Abluftventilator (ca. 750 m³/h Luftleistung) vom Gebäudeinneren (situiert bei der Turbine) zum Ende des Abluftsystems außerhalb des Gebäudes versetzt. Grund für diese Versetzung ist die Tatsache, dass die Turbine stark radonhaltige Luft in die Kammern der Entsäuerungsanlage geblasen hat und diese radonhaltige Luft in weiterer Folge über die Fenster der Kammern in den Aufbereitungsraum gelangt ist. Durch die Versetzung des Ventilators nach außen wird im gesamten Rohrsystem und in den Kammern ein leichter Unterdruck aufgebaut, sodass die radonhaltige Luft nicht mehr in den Aufbereitungsraum strömt. Damit sich im Abluftsystem der Entsäuerungsanlage ein leichter Unterdruck aufbauen kann, wurden die Fenster zu den Kammern mit gängigen Fensterabdichtungsbändern abgedichtet.

Weiters erfolgte die Installation eines Abluftsystems für den Bereich des Ausgleichsbeckens. Da sich das Büro direkt über dem Ausgleichsbecken befindet und sich durch das Wasser radonhaltige Luft unterhalb des Büros ansammelt, wird dieser Bereich durch einen Abluftventilator einem leichten Unterdruck ausgesetzt. Damit wird verhindert, dass radonhaltige Luft vom Ausgleichsbecken in das Büro strömt. Ebenfalls wurde die Doppeltür zum Einstieg in den Ausgleichsbehälter mit Fensterabdichtungsbändern abgedichtet und alle weiteren Löcher in den Türen mit Silikon verfügt.

Tabelle 5: Darstellung des Sanierungserfolges durch Auflistung der gemessenen Radonkonzentrationen vor und nach Umsetzung der Maßnahmen im Fallbeispiel H

Raumbezeichnung	Erstmessung Radonkonzentration (Bq/m ³)	Kontrollmessung Radonkonzentration (Bq/m ³)	Maximale jährliche Aufenthaltszeit in Stunden
Büro	15.229	153	1.300
Aufbereitung	13.715	721	144
Aufbereitung (Fenster)	38.665	9.000	52

Eckdaten der Radonsanierung

Ausführung	in Eigenregie und Spenglerarbeiten (ca.€ 500,-)
Materialkosten	Rohrventilator PE 100E um € 24,50
Zeitaufwand	ca. 16 Arbeitsstunden
Laufende Kosten	keine genaue Angabe zu Stromkosten möglich

Abbildung 17: Darstellung der umgesetzten Abtrennungs- und Lüftungsmaßnahmen im Fallbeispiel H



Entradonisierung des Rohwassers

Fallbeispiel I: Einbau einer geschlossenen Entradonisierungsanlage

In bestimmten geologischen Zonen mit einem hohen Urananteil im Gestein (z. B. Mühlviertler Granit) kann es zu einer deutlichen Erhöhung der Radonkonzentration im Rohwasser kommen. Eine gewissenhafte Entradonisierung des Rohwassers, bevor dieses in die Speicherbecken geleitet wird, kann in solchen Fällen zur Verringerung der Radonexposition des Wasserwartes beitragen. In der Schweiz ist dies beispielsweise eine gängige Methode (SUVA, 2015). Wichtig ist, dass es sich bei der Entradonisierung um eine geschlossene Anlage mit direkter Ableitung der stark radonhaltigen umgebenden Luft ins Freie handelt. Erfolgt die Entradonisierung allerdings über offene Kaskaden, kann es in dem Raum, in dem dies stattfindet, zu deutlich erhöhten Radonkonzentrationen in der Luft kommen und zu einer hohen Radonexposition der Beschäftigten führen.

Abbildung 18: Darstellung einer geschlossenen Entradonisierungsanlage zur Entradonisierung von stark radonhaltigem Rohwasser



Zeitweilige Verringerung der Radonkonzentration

Dieses Kapitel enthält Maßnahmen zur vorübergehenden Verringerung der Radonkonzentration während der Aufenthaltszeiten von Beschäftigten.

In der Radonschutzverordnung in Anlage 3 Teil B heißt es:

„Ergebnis: Als Radonkonzentration am Arbeitsplatz gilt die mittlere Radonkonzentration über die gesamte Messdauer am Messort. Erfolgt die Messung mit einem kontinuierlich (zeitauflösend) aufzeichnenden Radonmessgerät, kann das Ergebnis ermittelt werden, indem nur die während der Anwesenheit von Arbeitskräften gemessenen Radonkonzentrationen zur Mittelung herangezogen werden.“

In verschiedenen Fällen ist eine Umsetzung von baulichen Radonsanierungsmaßnahmen zur permanenten Reduktion der Radonkonzentration aus verschiedenen Gründen nicht möglich. Oder eine fixe Installation eines Ventilators zur permanenten Ableitung der radonhaltigen Luft erscheint dem Betreiber aufgrund der sehr geringen Betretungszeiten während des Normalbetriebs aufgrund der dadurch anfallenden Strom- und Wartungskosten nicht zweckmäßig.

Daraus ergibt sich der Rückschluss, dass bei Anlagen mit hohen Radonkonzentrationen aber geringen Aufenthaltszeiten die Radonkonzentration „nur“ während bzw. vor dem Betreten der Anlage abgesenkt werden kann um die Radonexposition der Beschäftigten so gering wie möglich zu halten. Zwei der hauptsächlichen Einsatzgebiete von mobilen Lüftern, mit denen eben eine solche temporäre Absenkung der Radonkonzentration erreicht werden kann, sind nachfolgend dargestellt.

Einsatz eines mobilen Lüfters zur temporären Absenkung der Radonkonzentration

Fallbeispiel J: Einsatz eines mobilen Lüfters zur temporären Absenkung der Radonkonzentration im Vorfeld der jährlichen Reinigungs- und Wartungsarbeiten eines Hochbehälters

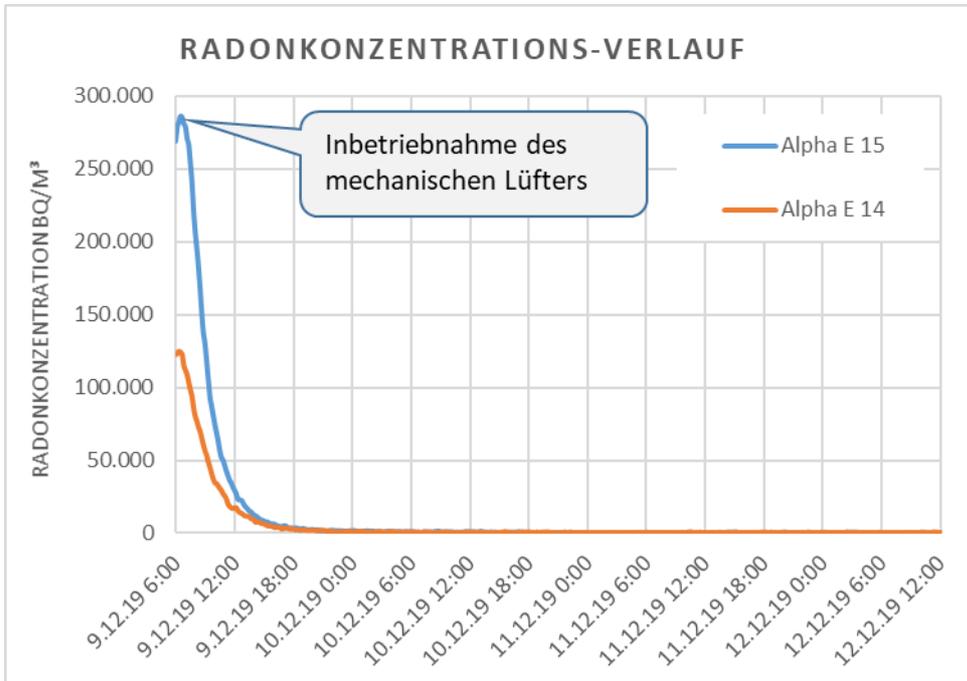
Bei dem vorliegenden Fallbeispiel handelt es sich um einen Hochbehälter mit zwei Wasserkammern, in welchen stark radonhaltiges Rohwasser gespeichert wird, welches unter anderem für Therapiezwecke in einem Kurort eingesetzt wird. Die Radonkonzentrationen im Normalbetrieb erreichen zum Teil Werte über 500.000 Bq/m³. Eine Entradonisierung des Wassers kommt aus oben genannten Zweck des Wassers nicht in Frage. Die in der Praxis zum Einsatz kommende Alternative zum Schutz der Beschäftigten vor Radon ist der Einsatz eines mobilen Lüfters zur temporären, anlassbezogenen Absenkung der Radonkonzentration vor den jährlichen Reinigungs- und Wartungsarbeiten der Wasserspeicherbecken des Hochbehälters. Die Auswirkung dieser Maßnahme auf die Radonkonzentration (Abbildung 20) und dadurch auch auf die Dosis für die Beschäftigten wird in dem anbei vorgestellten Fallbeispiel deutlich.

Die eingesetzte mobile Lüftungsmaschine wird aufgrund des großen auszutauschenden Luftvolumens nun seit 2019 bereits 24 Std. vor Beginn der Reinigungsarbeiten in Betrieb genommen. Diese optimierte Vorgehensweise konnte erst nach einigen „Versuchen“ (in den Jahren 2016 – 2018) erreicht werden. Die so erreichte Dosisreduktion für die Beschäftigten ist in nachstehender Tabelle 6 dargestellt.

Tabelle 6: Darstellung der Dosisreduktion der Beschäftigten durch Einsatz eines mobilen Lüfters im Vorfeld der jährlichen Wartungsarbeiten eines Hochbehälters im Fallbeispiel I

Beschäftigter	2016 Dosis [mSv/a]	2017 Dosis [mSv/a]	2018 Dosis [mSv/a]	2019 Dosis [mSv/a]
Wassermeister	10,2	14,0	19,8	4,4
Wasserwart	10,6	9,4	3,0	0,4

Abbildung 19: Graphische Darstellung des Abfalls der Radonkonzentration nach Inbetriebnahme des mobilen Lüfters im Fallbeispiel I



Fallbeispiel K: Einsatz eines Laubblägers als mobilen Lüfter vor dem Betreten von Quellsammel- und Brunnenschächten

Im Rahmen von Radonmessungen in den Wasserversorgungsanlagen einer Gemeinde wurden sowohl in den Brunnen- als auch in den Quellsammelschächten der Gemeinde sehr hohe Radonkonzentrationen über 200.000 Bq/m³ festgestellt.

Der angestrebte Effekt ist die Reduktion der Radonkonzentration im Schacht selbst vor dem Betreten des Schachtes. Dieser Erfolg wird sowohl durch Absaugen der radonhaltigen Luft als auch durch Einblasen von Frischluft erreicht. Aber aufgrund der Gegebenheiten ist ein Absaugen der radonhaltigen Luft zu bevorzugen, da sich der Wasserwart beim „Einblasen“ direkt über dem Schacht aufhält und die verdrängte radonhaltige Luft einatmet. In der Regel haben sich mit einem leistungsstarken Laubbläser zehn Minuten als ausreichender Zeitraum sowohl beim Absaugen als auch beim Einblasen von Frischluft erwiesen. Die Geometrie der Schächte ist im Allgemeinen recht einheitlich – allerdings ist das vorhandene Luftvolumen (und somit auch die Radonkonzentration) in den Schächten vom Wasserstand abhängig. In den ersten Minuten des „Einblasens“ oder „Absaugens“ ist durch die dadurch hervorgerufene Durchmischung der Luft im Schachtinneren auch ein Anstieg der Radonkonzentration auf Atemhöhe im Schacht möglich.

Die langfristige Wirksamkeit der Maßnahme steht und fällt mit der Überzeugung des „ausführenden“ Wasserwarts, dass die Maßnahme Sinn macht und der Mehraufwand (ca. 15 min pro Schacht & Mitführen des mobilen Lüfters) gerechtfertigt ist – Aufklärungsarbeit ist gefragt! Der eingesetzte Laubbläser auf höchster Leistungsstufe braucht einiges an Strom, sodass die Mitnahme von Ersatz-Akkus beim Betreten mehrerer Schächte essentiell ist. Ein Laubbläser gehört in der Regel zur Standardausstattung von Gemeinden zur Gehsteig- und Straßenreinigung. Ein solcher Laubbläser kann z. B. als mobiler Lüfter verwendet werden. Eine generelle Sanierung / Modernisierung der Brunnen- und Quellsammelschächte (insbesondere automatisierte, elektronische Übertragung der Schüttmengen) kommt der Reduktion der Radonexposition der Wasserwarte entgegen, da dann deutlich seltener ein Betreten des Schachtes (zum Ablesen) notwendig wird. Die durchschnittlichen Aufenthaltszeiten in den Quellsammel- und Brunnenschächten sind in der Regel recht kurz, das bedeutet einmal monatlich für ca. zehn Minuten. Das entspricht einer Aufenthaltszeit von zwei Stunden pro Jahr pro Schacht. Aber: In der Regel betreut ein Wasserwart mehrere Brunnen und Quellen. Hinzu kommen natürlich auch noch Aufenthaltszeiten in den Hochbehältern, Wasserwerken, etc. und die dort zustande kommende Radonexposition. Der Einfluss der beschriebenen

Maßnahme zur Reduktion der Radonexposition des Beschäftigten ist in den nachfolgenden Tabellen dargestellt.

Abbildung 20: Darstellung des Abfalls der Radonkonzentration nach Inbetriebnahme des mobilen Lüfters in einem Quellsammelschacht im Fallbeispiel J

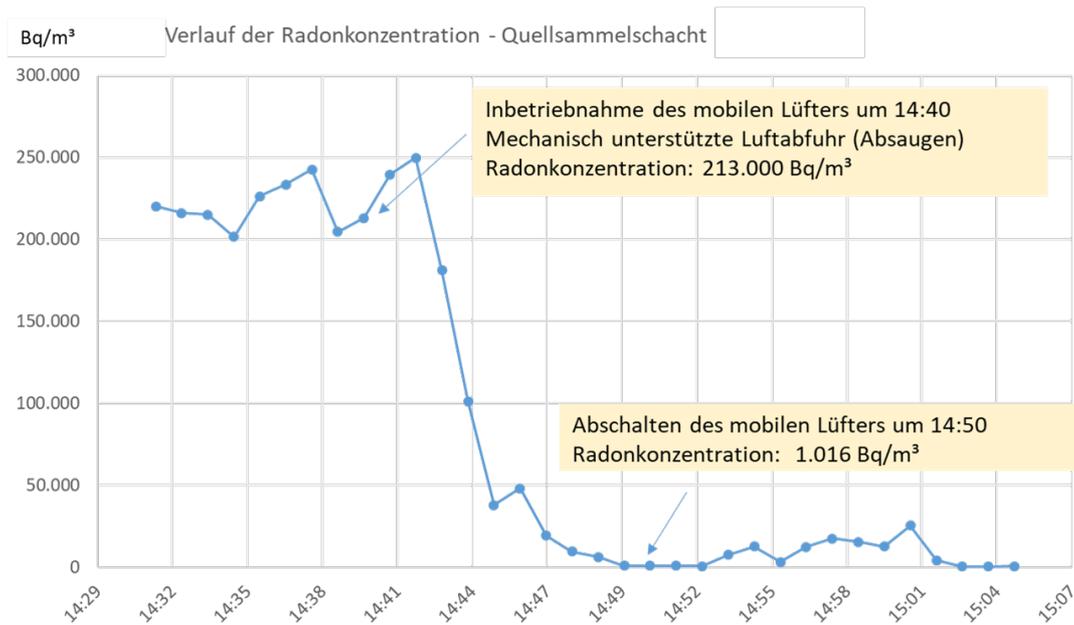


Tabelle 7: Radonexposition und Jahresdosis des beschäftigten Wasserwartes ohne und mit Ergreifen der beschriebenen Maßnahmen im Fallbeispiel J

Einflussfaktoren Dosis	Brunnenschächte Ausgangssituation	Quellsammel-schächte Ausgangssituation	Brunnenschächte optimiert	Quellsammel-schächte optimiert
Radonkonzentration (Bq/m³)	~ 35.000	~ 230.000	~ 1.750	~ 11.500
Jährliche Aufenthaltszeit	2 Stunden	2 Stunden	2 Stunden	2 Stunden
Anzahl der zu betretenden Schächte	6	3	6	3
Dosis pro Schacht	0,5 mSv/a	3,1 mSv/a	0,02 mSv/a	0,2 mSv/a
Gesamtdosis	3,0 mSv/a	9,3 mSv/a	0,1 mSv/a	0,6 mSv/a

Abbildung 21: Einsatz eines mobilen Lüfters zur Reduktion der Radonkonzentration in Brunnen- und Quellsammelschächten im Fallbeispiel J



Zusammenfassung

Der Schutz unserer Wasserversorger vor beruflicher Exposition durch Radon ist nicht optional, sondern gesetzlich vorgeschrieben. Der vorliegende Leitfaden zeigt eine Vielfalt von größtenteils sehr einfach und kostengünstig umsetzbaren Maßnahmen auf, mit denen die Radonexposition am Arbeitsplatz für die Beschäftigten in den verschiedenen Wasserversorgungsanlagen minimiert werden kann.

Die verschiedenen möglichen Maßnahmen zum Schutz der Beschäftigten vor einer erhöhten Radonbelastung (Radonexposition), welche sich in der Vergangenheit bewährt haben, werden in dem vorliegenden Leitfaden anhand von Fallbeispielen vorgestellt und erläutert. Dort, wo bauliche Maßnahmen zur dauerhaften Reduktion der Radonkonzentration in der Innenraumluft von betroffenen Anlagenteilen nicht möglich sind, bleibt als Alternative zum Schutz der Beschäftigten Maßnahmen zur temporären Reduktion der Radonkonzentration während der Aufenthaltszeiten der Mitarbeiter zu etablieren. Zusätzlich werden organisatorische Maßnahmen beschrieben, deren Umsetzung und Einhaltung einen hohen Stellenwert bei der Minimierung der Radonbelastung der Beschäftigten haben. Unterschiedliche Anlagenteile erfordern unterschiedliche Maßnahmen. Oft ist, wie in den Fallbeispielen beschrieben, eine Kombination von mehreren Maßnahmen notwendig um eine ausreichende Reduktion der Radonexposition der Beschäftigten zu erreichen.

Die Erfahrung hat gezeigt, dass die Bereitschaft der Beschäftigten vor allem organisatorische Maßnahmen langfristig umzusetzen, eng mit deren Risikobewusstsein für die Radonproblematik verknüpft ist. Aufklärungsarbeit bereits in der Ausbildung, fachlich fundierte, aber für jedermann verständliche Informationsmaterialien und nicht zuletzt persönliche Gespräche mit den Beschäftigten sind dafür die unumgängliche Basis.

Anhang A Beispiel Arbeitsanweisung

Beispiel für eine Arbeitsanweisung zum Schutz vor Radon für Beschäftigte in Wasserversorgungsunternehmen

Ziel und Zweck

Diese Anweisung

- dient dem Schutz der Beschäftigten vor Radonexpositionen bei Arbeiten in Anlagen der Wasserversorgung,
- enthält Auflagen und Maßnahmen zur Reduzierung der Radonexposition in WVA mit hohen Messwerten und
- dient der Einhaltung der Vorgaben des Strahlenschutzgesetzes 2020 und der Radonschutzverordnung zur Information und Unterweisung der Beschäftigten.

Ansprechpartner

Zuständig für die Einhaltung der vorliegenden Arbeitsanweisung ist:

Name:

Telefon

Anschrift:

E-Mail

Schutzvorschriften

Allgemeine Maßnahmen

Die Aufenthaltszeit an Orten mit erhöhter Radonkonzentration ($> 300 \text{ Bq/m}^3$) muss auf das unbedingt notwendige Maß reduziert werden!

Spezielle Maßnahmen

Die in nachstehender Tabelle angeführten Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln sind zu beachten [Die angeführten Anlagen und Anweisungen dazu sind als Beispiele zu verstehen. Die Liste muss natürlich auf die örtlichen Gegebenheiten und Möglichkeiten angepasst werden!]

Tabelle 8: Beispiele für konkrete Arbeitsanweisungen zum Schutz der Beschäftigten vor Radon für verschiedene Arten von Wasserversorgungsanlagen

Bezeichnung der Anlage	Durchschnittliche Radonkonzentration (Bq/m ³)	Anweisung
Wasseraufbereitung / Entsäuerungsanlage im Hochbehälter XY	1.800	In den Räumen der Entsäuerungsanlage ist eine Lüftungsanlage installiert. Der Betrieb erfolgt nach Betriebsanweisung.
Entsäuerungsanlage YZ	1.300	Bei Betreten der Anlage ist für eine ausreichende Lüftung vor bzw. zu Beginn der Aufenthaltszeit (durch Öffnen der Fenster und Türen) zu sorgen.
Hochbehälter A	5.200	Bevor ein Betreten der Wasserkammer erfolgt, sollte für einen ausreichenden Luftaustausch gesorgt werden. Bei längeren Aufenthalten ist mit dem mobilen Belüftungsgerät zu belüften.
Quellsammelschacht R	44.000	Bevor ein Betreten erfolgt, ist der Schacht mit dem mobilen Belüftungsgerät mindestens 12 min zu belüften.
Brunnenschacht Q	28.000	Bevor ein Betreten erfolgt, ist der Schacht mit dem mobilen Belüftungsgerät mindestens 12 min zu belüften.

Unterweisung der Beschäftigten

- Die Beschäftigten sind mindestens einmal jährlich durch den/die Ansprechpartner(in) oder eine von ihm bestimmte, im Radonschutz erfahrene Person, zu unterweisen.
- Folgende Punkte sind bei der jährlichen Unterweisung mindestens anzusprechen:
 - Gefahren durch die Radonexposition
 - Verhaltensweisen zu deren Vermeidung und Minimierung
 - Inhalte der vorliegenden Arbeitsanweisung zum Thema Radonschutz
- Die Arbeitsanweisung zum Thema Radonschutz ist jedem Beschäftigten (Eigenpersonal und Fremdpersonal) der in den Anlagen der Wasserversorgung tätig ist, gegen Unterschrift zur Kenntnis zu bringen.

Kontrollen und Prüfungen

Die stationären Lüfter sind jährlich nach Betriebsdatenblatt zu warten. Das mobile Lüftungsgerät ist vor jedem Einsatz auf dessen Funktionsfähigkeit zu prüfen. Die Abtrennungen zu offenen Wasserflächen müssen einmal jährlich auf Dichtigkeit kontrolliert werden.

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Darstellung des Sanierungserfolges im Fallbeispiel A	21
Tabelle 2: Darstellung des Sanierungserfolges im Fallbeispiel B	24
Tabelle 3: Darstellung des Sanierungserfolges im Fallbeispiel C	26
Tabelle 4: Darstellung des Sanierungserfolges im Fallbeispiel G	36
Tabelle 5: Darstellung des Sanierungserfolges durch Auflistung der gemessenen Radonkonzentrationen vor und nach Umsetzung der Maßnahmen im Fallbeispiel H.....	39
Tabelle 6: Darstellung der Dosisreduktion der Beschäftigten durch Einsatz eines mobilen Lüfters im Vorfeld der jährlichen Wartungsarbeiten eines Hochbehälters im Fallbeispiel I42	
Tabelle 7: Radonexposition und Jahresdosis des beschäftigten Wasserwartes ohne und mit Ergreifen der beschriebenen Maßnahmen im Fallbeispiel J.....	45
Tabelle 8: Beispiele für konkrete Arbeitsanweisungen zum Schutz der Beschäftigten vor Radon für verschiedene Arten von Wasserversorgungsanlagen	49

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Auswirkungen von Radon und seinen Folgeprodukten auf die Lunge	6
Abbildung 2: Radondetektoren zur passiven Messung der Radonkonzentration mittels Kernspurverfahren	7
Abbildung 3: Verlauf der Radonkonzentration in einem Hochbehälter dargestellt mittels zeitaufgelöster Radonmessung	8
Abbildung 4: Sammlung aktiver elektronischer Radonmessgeräte	9
Abbildung 5 Schematische Darstellung der Regulierung des Radonschutzes in WVA	12
Abbildung 6: Darstellung der Korrelation zwischen der gemessenen Radonkonzentration im Wasser [Bq/l] und jener in der Luft [Bq/m ³] in verschiedenen Wasserwerken (Ringer, 2006).....	14
Abbildung 7 Ablaufdiagramm zur Vorgehensweise zur Erfüllung der Anforderungen des Radonschutzes von Beschäftigten in Wasserversorgungsanlagen gemäß StrSchG 2020....	19
Abbildung 8: Darstellung der umgesetzten Abtrennungs- und Lüftungsmaßnahmen im Fallbeispiel A.....	22
Abbildung 9: Darstellung der umgesetzten Abtrennungs- und Lüftungsmaßnahmen im Fallbeispiel B.....	25
Abbildung 10: Darstellung der baulichen Abdichtung der Spülkästen im Wasserwerk des Fallbeispiels C	27
Abbildung 11: Darstellung des im Fallbeispiel D installierten mechanischen Be- und Entlüftungssystems und des mobilen Lüfters im Einsatz bei einem Brunnenschacht.....	29
Abbildung 12: Darstellung der Reduktion der Radonkonzentration durch Inbetriebnahme von stationären Ventilatoren	31
Abbildung 13: Darstellung der umgesetzten Abtrennungs- und Lüftungsmaßnahmen im Fallbeispiel E	32
Abbildung 14: Darstellung der umgesetzten Abtrennungs- und Lüftungsmaßnahmen im Fallbeispiel F	34
Abbildung 15: Graphische Darstellung des Abfalls der Radonkonzentration nach Inbetriebnahme der dezentralen Belüftungsanlage im Fallbeispiel G.....	36
Abbildung 16: Dezentrale Belüftungsanlage im Büroraum des Hochbehälters, in dem dadurch die Radonkonzentration reduziert werden konnte (Fallbeispiel G)	37
Abbildung 17: Darstellung der umgesetzten Abtrennungs- und Lüftungsmaßnahmen im Fallbeispiel H.....	39
Abbildung 18: Darstellung einer geschlossenen Entradonisierungsanlage zur Entradonisierung von stark radonhaltigem Rohwasser	40

Abbildung 19: Graphische Darstellung des Abfalls der Radonkonzentration nach Inbetriebnahme des mobilen Lüfters im Fallbeispiel I.....	43
Abbildung 20: Darstellung des Abfalls der Radonkonzentration nach Inbetriebnahme des mobilen Lüfters in einem Quellsammelschacht im Fallbeispiel J.....	45
Abbildung 21: Einsatz eines mobilen Lüfters zur Reduktion der Radonkonzentration in Brunnen- und Quellsammelschächten im Fallbeispiel J.....	46

Literaturverzeichnis

Austrian Standards Institute: (2005). ÖNORM S5280 - Radon: Teil 3 - Sanierungsmaßnahmen an Gebäuden. Wien: Austrian Standards Institute.

DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V. (2021): DVGW-Information Wasser Nr. 94 Strahlenschutz bezüglich Radon für Mitarbeiter in Wasserversorgungsunternehmen. Bonn: Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH.

Ringer, D. W. (2006): Strahlenexposition von Beschäftigten in oberösterreichischen Wasserwerken. Linz: AGES GmbH.

SUVA. (2015): Radon in Wasserversorgungsanlagen. Luzern, Schweiz: SUVA.

Trautmannsheimer, M. (2001): Radonexponierte Arbeitsplätze in Wasserwerken in Bayern. München: Bayerisches Landesamt für Umwelt.

Abkürzungen

StrSchG 2020	Strahlenschutzgesetz 2020
RnV	Radonschutzverordnung
Bq/m ³	Bequerel pro Kubikmeter
mSv/a	Millisievert pro Jahr
m ³ /Std.	Kubikmeter pro Stunde
WVA	Wasserversorgungsanlagen
WV	Wasserverband
WVU	Wasserversorgungsunternehmen
usw.	und so weiter
min	Minuten
ca.	circa
z. B.	zum Beispiel
BGBI.	Bundesgesetzblatt
Art.	Artikel
Teilw.	Teilweise
SUVA	Schweizer Unfall Versicherung Agentur
W	Watt
kWh/J	Kilowattstunden pro Jahr
MW	Mittelwert
Rn-Konz.	Radonkonzentration
€	Euro

Fachstelle für Radon

050 555-41800

radonfachstelle@ages.at

radon.gv.at