Maßnahmen zur Reduzierung der Radonexposition in Wasserwerken

Ein Großteil der Betreiber von wasserwirtschaftlichen Anlagen wird im ersten Schritt der Erhebungsuntersuchungen nachweisen können, dass in ihrem Verantwortungsbereich die Radonexposition keine Rolle spielt. Andere Wasserwerke werden sich mit der Problematik „Maßnahmen zur Reduzierung der Radonexposition" auseinander setzen müssen. Im Wasserwerk Zwickau stand man Anfang der 90er-Jahre vor diesem Problem. Durch intensive messtechnische Untersuchungen und gezielte Maßnahmen konnte der zu überwachende Personenkreis von mehr als 100 Mitarbeitern auf ca. 10 reduziert werden. Der Beitrag soll einen Überblick zur angewandten Methodik geben und verallgemeinerungsfähige Ansätze für Maßnahmen zur Reduzierung der Radonexposition ableiten. Es wird gezeigt, dass die Sanierung von Anlagen nur eine Möglichkeit von Maßnahmen ist.

Ab wann sind Maßnahmen erforderlich?

Mit der Novelle der Strahlenschutzverordnung sind Arbeiten, bei denen erhöhte Expositionen durch natürliche terrestrische Strahlungsquellen auftreten können, in das Blickfeld des Strahlenschutzes gerückt. Explizit werden neben weiteren Arbeitsfeldern Anlagen der Wassergewinnung, -aufbereitung und -verteilung unter dem Aspekt der Radonexposition in der Positivliste der Anlage XI der StrlSchV im Zusammenhang mit dem § 95 unter den Geltungsbereich der Strahlenschutzverordnung gestellt. Durch geeignete Nachweise und Maßnahmen ist sicherzustellen, dass die jährliche Radonexposition in Höhe von $6 \cdot 10^6$ Bq · h · m^{-3} nicht überschritten wird. Erste Maßnahmen sind bereits bei Werten von $2 \cdot 10^6$ Bq · h · m^{-3} einzuleiten.

Ziele des Strahlenschutzes

Das Ziel des Strahlenschutzes besteht in erster Linie darin, Grenzwerte ($6 \cdot 10^6$ Bq · h · m^{-3}) einzuhalten und Überschreitungen sicher auszuschließen (§ 93). Im zweiten Schritt sind Maßnahmen zu ergreifen, die eine weitestgehende Reduzierung der Strahlenexposition unter Berücksichtigung aller Umstände zum Inhalt haben (§ 94). In der zweiten Forderung wird explizit auf eine strikte Reduzierung hingewiesen, jedoch auch auf die Anwendung des Verhältnismäßigkeitsgebots.

Aus diesem Grund sollen in diesem Beitrag Erfahrungen dargestellt werden, die erste Ansätze zur Beantwortung folgender Fragen beinhalten: Welche Möglichkeiten zum Handeln sind gegeben? Ist Handeln zwingend mit Sanierungsmaßnahmen verbunden? Wo und wie soll ich anfangen? Wie kann ich aktiven Strahlenschutz schon in die Planung oder Sanierung von Anlagen integrieren?

Die Radonexposition setzt sich als Produkt aus

- der Aktivitätskonzentration von ^{222}Rn (Radonkonzentration) und
- der Aufenthaltszeit

zusammen. Ein Großteil der exponierten Werktätigen muss als Mehrwerksbediener eingestuft werden, d.h., sie betreuen mehrere örtlich voneinander getrennte Anlagen, in denen sie sich nach Funktion und Arbeitsumfang unterschiedlich lange aufhalten. Somit setzt sich die Exposition aus der Summe einer Vielzahl dieser Einzelprodukte zusammen.

Ist die Radonexposition zu reduzieren, kann man zwei prinzipielle Wege beschreiten. Man

- reduziert die Aufenthaltszeit für die einzelne Person an Orten mit erhöhter Aktivitätskonzentration von ^{222}Rn,
- reduziert die Aktivitätskonzentration von ^{222}Rn

oder wählt eine Kombination aus beiden Einzelmaßnahmen.

In der Abb. 1 ist ein Handlungsschema dargestellt, das bei Überschreitung von Radonexpositionen von $2 \cdot 10^6$ Bq · h · m^{-3} zu durchlaufen ist. Der Schwerpunkt des Schemas liegt auf der Darstellung von unterschiedlichen Strategien möglicher Maßnahmen.

Identifizierung von Bereichen mit relevanten Beiträgen zur Radonexposition

Die Einschätzung, dass die Radonexposition einen bestimmten Betrag überschritten hat und ein Handlungsbedarf besteht, beruht auf Untersuchungen, die entweder durch die Bestimmung mittels Radonexposimeter (personenbezogene Messung) oder durch die Bestimmung der Aktivitätskonzentration von ^{222}Rn in der Raumluft in Verbindung mit der Registrierung der jeweiligen Aufenthaltszeit (ortsbezogene Messung) erfolgten. Sind aufgrund der Messungen Handlungen erforderlich, muss man Orte und Arbeitsbereiche identifizieren, die die höchsten Beiträge zur Radonexposition liefern. Diese Aufgabe ist relativ einfach, wenn für die betreffende Person nur ein bzw. nur we-

Unterschiedliche Handlungsstrategien

nige Arbeitsorte in Betracht kommen. Die überwiegende Anzahl von Arbeitnehmern mit potenzieller Radonexposition sind Mehrwerksbediener, d.h., sie betreuen mehrere Anlagen gleichzeitig und sind an wechselnden Arbeitsorten tätig.

Wurde die Expositionsabschätzung anhand der Ergebnisse von ortsbezogenen Messungen durchgeführt, kann man die örtlichen Handlungsschwerpunkte sofort ableiten.

Messungen mittels personenbezogener Exposimeter liefern hingegen keine oder nur unzureichende Informationen zur Ableitung von Handlungsschwerpunkten. In diesem Fall müssen die Schwerpunkte durch zusätzliche Bestimmungen der Aktivitätskonzentration von ^{222}Rn über ortsgebundene Messungen mit passiven oder aktiven Messverfahren durchge-

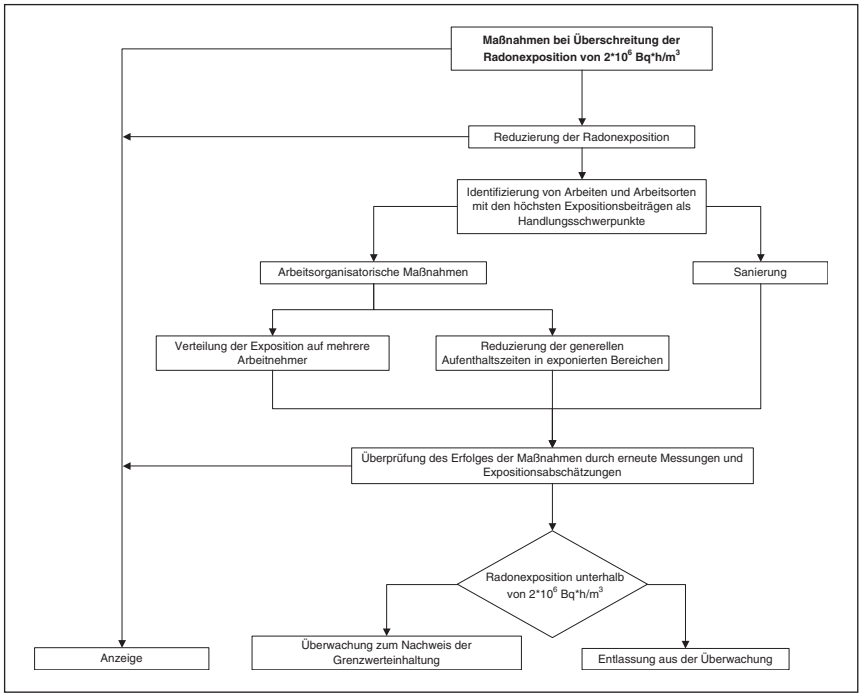

Abb. 1: Schematischer Überblick zu Handlungsstrategien bei Überschreitungen der Radonexpositionen von $2 \cdot 10^6$ Bq · h · m^{-3}

Spezifizierung der Anlagen	Typische Radonquellen
Anlagen zur Wassergewinnung	
– Brunnenstuben mit einem verhältnismäßig kleinen Luftvolumen – keine oder schlechte Belüftung – kein ständiger Arbeitsplatz – Anschluss an Wohngebäude ist teilweise möglich – oft Erdbauten	– Fördern und Pumpen von Wasser – wechselnde Absenkung des Brunnens im Betrieb – Einleitung des geförderten Wassers in offene Gerinne – Einleiten in Wasserbehälter – Bauuntergrund bei Erdbauten – Entspannung von artesischen Brunnen
Anlagen zur Wasseraufbereitung	
– oft größere Gebäudeanlagen – mehrere technologisch verknüpfte Prozesse – teilweise auch ständiger Arbeitsplatz – Einsatz von Luftentfeuchtungsanlagen (geringe Luftwechselzahlen zur Außenluft)	– offene Be- und Entlüftung des Wassers (Verdüsung, Kaskaden usw.) – Oxidationsprozesse mit Energie- und Lufteintrag zum Fällen von Eisen und Mangan – Rückspülen von offenen und geschlossenen Filtersystemen mit Luft oder/und Wasser (Abb. 2) – Einleiten in Rohwasser- und Reinwasserbehälter – große ruhende oder bewegte Wasseroberflächen – Energieeintrag durch Arbeiten mit Pumpen oder Rührwerken – Verdrängung von Gasen aus gesättigten weichen Wässern durch Aufsalzung (z. B. Aufhärtung, pH-Wert-Korrekturen)
Anlagen zur Wasserverteilung	
– eine oder mehrere Wasserkammern – Schieberkammern – kein ständiger Arbeitsplatz – oft bereits mit passiven Entlüftungen ausgestattet – teilweise Erdbauten	– Fördern in und aus Hochbehälter(n) besonders bei frei einlaufendem Wasserstrahl – Mischen verschiedener Reinwässer – Reinigungsarbeiten in Hochbehältern – Verkrustungen/Anbackungen in Rohrleitungen – Bauuntergrund bei Erdbauten – Druckerhöhung/-minderung – Rohrnetzentlüftungen an Hochpunkten

Tabelle 1: Überblick zur Spezifizierung von Anlagen der Trinkwasserkette und typischen Radonquellen

Anlagen zur Gewinnung
– Hermetisierung der Brunnenköpfe im Sinne der Gasdichtheit – Einsatz von Ventilatoren als Einbauten in Zwangsentlüftungsrohren – Zwangsbe- und Entlüftung von Brunnenstuben
Anlagen zur Aufbereitung
– Hermetisierung und Ableitung der Prozessluft in Außenbereiche aus den technologischen Stufen Intensivmischer, Verdüsung/Kaskaden, Begasung und Rückspülung von Filteranlagen – Unterbindung von freien Einläufen in offene Becken – aktive Belüftung von Schwerpunktbereichen
Anlagen zur Verteilung
– Hermetisierung der Wasserkammern zu Schieberkammer bzw. Rohrkeller in Kombination mit Forderungen der Wasserhygiene – räumliche Trennung der Wasser- und Schieberkammern – freie Einläufe unterbinden (Einlaufpilze usw.) – passive Entlüftungen optimal benutzen – Einbau von Ventilatoren in bereits bestehende passive Entlüftungsrohre – Zwangsbe- und Entlüftung von Hochbehältern – Ableitung von Rohrentlüftern in Schächten direkt in die Außenluft

Tabelle 2: Maßnahmen zur Sanierung

Abb. 2: Rückspülvorgang eines offenen Kiesfilterbeckens mit Luft, links und rechts Kiesfilter im Arbeitszustand

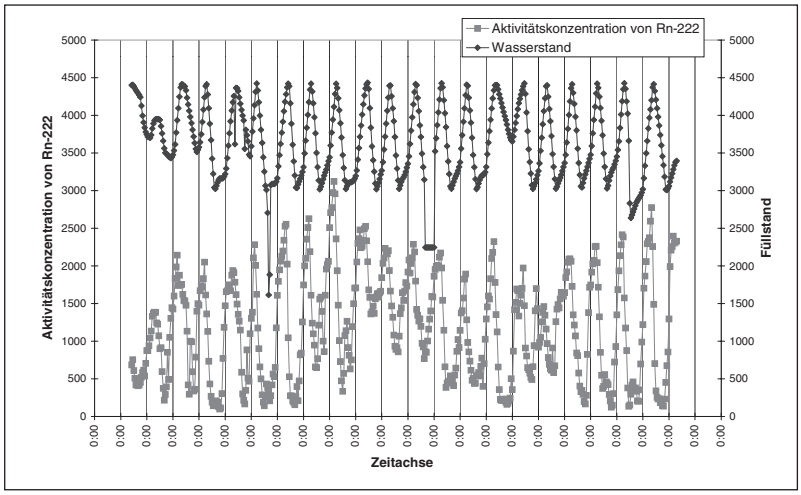

Abb. 3: Gegenüberstellung der Zeitreihen der Aktivitätskonzentration und des Füllstandes in einem Reinwasserbehälter (Hochbehälter, tägliche Markierung der Zeitachse 00:00 Uhr)

führt werden. Die potenziellen Untersuchungsschwerpunkte kann man bereits aufgrund der Kenntnis des technologischen Verfahrens in der Kette der Wassergewinnung, -aufbereitung und -weiterleitung festlegen. Im nachfolgenden Abschnitt wird eine Zusammenfassung dieser Schwerpunkte resultierend aus der Kenntnis der Freisetzungsprozesse und unseren praktischen Erfahrungen gegeben.

Potenzielle Radonquellen

Für wasserwirtschaftliche Anlagen sind die nachfolgenden Quellen für erhöhte Aktivitätskonzentrationen von ^{222}Rn an Arbeitsplätzen von Bedeutung, wobei die erste Quelle in der Regel dominiert:

- im Wasser gelöstes Radon, das durch Energieeintrag, Belüftung und große Oberflächen freigesetzt werden kann;
- Eintritt von Radon aus dem Bauuntergrund oder der Bausubstanz in die Gebäudeteile;
- Exhalation von Radon aus Schlämmen und Rückstände der Aufbereitung;
- Exhalation von Radon aus Kiesfiltern infolge der Anreicherung von ^{226}Ra;
- Exhalation von Radon aus Inkrustationen innerhalb der Rohrleitungen.

Für eine erfolgreiche Sanierung ist eine Verbindung aus Technologieverständnis und Wissen über die Entstehung, Freisetzung und Ausbreitung des Radons erforderlich. Ansatzweise kann diese Verbindung bereits aus der Darstellung der potenziellen Radonquellen abgeleitet werden.

Zeitaufgelöste Messungen von ^{222}Rn

In Tabelle 1 werden die drei Grundbereiche Gewinnung, Aufbereitung und Weiterleitung unter diesen Gesichtspunkten weiter analysiert, Tabelle 2 zeigt die entsprechenden Maßnahmen zur Sanierung.

An dieser Stelle soll die Verknüpfung zwischen technologischen Zuständen und der Aktivitätskonzentration von ^{222}Rn in Arbeitsbereichen an einem Beispiel veranschaulicht werden.

In Abb. 3 kann sehr eindrucksvoll gezeigt werden, dass der Verlauf der Aktivitätskonzentration direkt vom Verlauf des Befüllungsstandes des Behälters abhängt. Derartige Informationen sind nur mit zeitaufgelösten ortsgebundenen Messungen der Aktivitätskonzentration von ^{222}Rn zugänglich.

Die Interpretation dieses Zusammenhanges lässt unter Berücksichtigung der Ortskenntnis unmittelbar auf die potenzielle Quelle schließen. In diesem Fall wurde mit dem Vorgang der Behälterbefüllung (Anstieg des Wasserstandes) Wasser über einen offenen Einlauf und eine Fallhöhe von bis zu 1,5 m in das Becken eingeleitet. Das im Wasser gelöste Radon wurde nahezu vollständig ausgetrieben; die Aktivitätskonzentration von ^{222}Rn steigt in diesem Zeitraum stark an.

Mit der Entnahme von Wasser und der damit verbundenen Absenkung des Wasserspiegels sinkt die Aktivitätskonzentration von ^{222}Rn im Hochbehälter. Das ist auf zwei Ef-

fekte zurückzuführen. Zum Ersten liegt in diesem Zeitraum die Radonquelle nicht mehr vor (kein weiterer Einlauf) und zum Zweiten wird das Luftvolumen über der Wasseroberfläche vergrößert. Damit wird frische Außenluft mit einem Niveau von ca. 20 Bq/m^3 angesaugt und führt zu einer schnellen Verdünnung der Innenluft.

Aufklärung des Anlagenpersonals

Im vorliegenden Fall wurde der Einlauf so verlegt, dass er immer unterhalb der Wasseroberfläche lag. Mit dieser Maßnahme konnte das Niveau der Aktivitätskonzentration von ^{222}Rn signifikant gesenkt werden.

Arbeitsorganisatorische Maßnahmen

Unter die Gruppe der arbeitsorganisatorischen Maßnahmen fallen alle Aktionen, die durch reine Arbeitsanweisungen regelbar sind und nicht unmittelbar mit Sanierungsarbeiten verbunden sind.

An erster Stelle in der Kette von Maßnahmen müssen die Informationen zur Aufklärung des Anlagenpersonals über das Gefährdungspotenzial, über die Quellen, über die Ausbreitungswege und über einfache Verhaltensregeln stehen. Eine aktive Mitwirkung des Arbeitnehmers erfordert die Benennung der örtlichen Bereiche mit erhöhten Aktivitätskonzentrationen.

Im einfachsten Fall kann als Maßnahme zur Reduzierung der Radonexposition die Arbeit, die bisher eine Arbeitskraft durchführt, auf mehrere Personen verteilt werden. Kennt man Bereiche mit erhöhten und niedrigen Aktivitätskonzentrationen, kann bereits mit veränderter personeller Zuständigkeit eine Umverteilung, d.h. eine Verteilung der Radonexposition auf mehrere Personen, erfolgen. Der Vorteil liegt möglicherweise in der sehr schnellen und billigen Lösung und sollte immer als Möglichkeit für eine Sofortreaktion in Betracht gezogen werden. Der Nachteil der Lösung liegt darin, dass das Problem nicht gelöst ist, und möglicherweise sogar weitere Personen in die Überwachung fallen (zusätzliche Kosten).

Im Sinne einer echten Reduzierung der Radonexposition sind nachfolgende Maßnahmen geeignet:

1. Reduzierung der Aufenthaltszeit in exponierten Räumen auf die Dauer der tatsächlichen Arbeitsaufgabe;
2. Verlagerung von Arbeitsaufgaben in Räume, die geringere Aktivitätskonzentrationen aufweisen;
3. Verlagerung von Aufenthaltsräumen, Stützpunkten, Lagern usw.;
4. Lüften von Räumen vor dem Betreten, der Lüftungszeitraum kann oft zu Arbeiten und Kontrollen im Außenbereich genutzt werden;
5. Beschränkung oder Ausschluss des Zutritts zu Orten mit erhöhter Radonexposition durch Automatisierung, Verlagerung des Probenahmeortes oder bauliche Trennung von Arbeitsorten und Orten mit erhöhten Aktivitätskonzentrationen von ^{222}Rn.

Ausblick

Es ist geplant, in weiteren Beiträgen auf folgende Einzelthemen einzugehen:

- Organisation des betrieblichen Strahlenschutzes;
- Darstellung von Einzellösungen zur Sanierung, die verallgemeinerungswürdig sind.

Peter Franke, Eiko Hermann, Adolf Weiß ❑

European IRPA Congress 2002 – Plenary Session B

Development of New Recommendations on Radiological Protection

Diese mit Spannung erwartete Sitzung bestand aus drei Teilen: Dem Grundsatz-Referat des ICRP-Vicechairman ***L. E. Holms*** über Stand und Tendenzen der ICRP-Überlegungen für eine kommende Revision der Recommendations, fünf teils kritische Beiträge von Einzelautoren und Organisationen – darunter die französische SFRP – und einigen kurzen Anmerkungen von nationalen Gesellschaften (A, AUS, B, I, N).

Nach Holm beabsichtigt die ICRP die Publikation neuer Empfehlungen in 2005, also 15 Jahre nach ICRP 60. Ein Schwerpunkt der Änderungen wird die Einführung von „Levels of Concern" und „Protective Action Levels" anstelle von „Dose Limits" je nach exponierter Gruppe und Umständen der Exposition sein, ein anderer die klarere Fassung der dosimetrischen Strahlenschutzgrößen. Der minimale Level of Concern ist 0,01 mSv, an LNT soll nicht gerüttelt werden.

Fortsetzung auf S. 49