

Radonschutzmaßnahmen in Industriehallen - Grundlegende Betrachtungen und realisierte Beispiele

Walter-Reinhold Uhlig¹⁾

Gerhard Binker²⁾

1) KORA e.V., Dresden

2) Binker Materialschutz GmbH

Zusammenfassung

Industriehallen weisen hinsichtlich der Anforderungen an den baulichen Radonschutz einige Besonderheiten auf: Häufig wird die erdbeberührte Gebäudehülle nicht konvektionsdicht ausgeführt, da technologisch erforderliche Durchbrüche in der Bodenplatte sowie Anschlüsse an Stützdurchführungen nur mit erheblichem baulichem Aufwand abgedichtet werden könnten. Dadurch kann Bodenluft konvektiv ins Gebäude einströmen, was zu einer hohen Quellstärke führt. Dem steht infolge des große Raumvolumen sowie der zumeist hohen Luftwechselraten eine hohe absenkende Wirkung entgegen.

Im Beitrag werden die Besonderheiten von Industriehallen beschrieben und wird ein Ansatz zur Prognose der Radonkonzentration in Hallen vorgestellt. Anhand von Beispielen wird die Herangehensweise beim Radonschutz in Hallen verdeutlicht.

1 Bauliche Lösungen und Nutzungsvarianten von Hallen

Als Hallen werden eingeschossige Gebäude bezeichnet, deren weitgespannte Dachkonstruktionen einen Innenraum mit nur wenigen tragenden Konstruktionen ermöglichen, wodurch eine hohe Flexibilität der Nutzung erreicht wird (Abb.1). Hallen kommen in Industriebetrieben, aber auch im Handel, für Ausstellungen und ähnliche Funktionen zum Einsatz (Abb. 1 bis 3)



Abbildung 1: Blick in eine Messehalle (Quelle: Haus Dresden)



Abbildung 2: Produktions- und Lagerhalle in der Industrie (Quelle: Uhlig)



Abbildung 3: Hallenartiges Gebäude für den Handel (Quelle: Uhlig)

Die konstruktive Lösung ist zumeist simpel: Hallenbinder tragen die Dachlasten auf eingespannte oder gelenkig gelagerte Stützen ab. Alternativ bilden Rahmenkonstruktionen das Tragwerk (Abb. 4). Ergänzt wird die tragende Konstruktion durch horizontale Aussteifungen. Hallen können ein- oder mehrschiffig ausgebildet werden (Abb. 5).

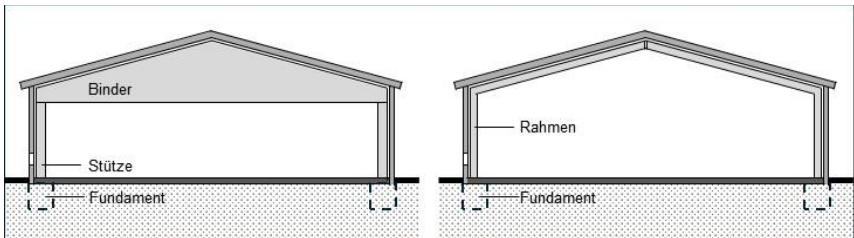


Abbildung 4: Konstruktionsprinzipien für Hallen (links: Stützen-Binderkonstruktion; rechts Rahmenkonstruktion) (Quelle: Uhlig)

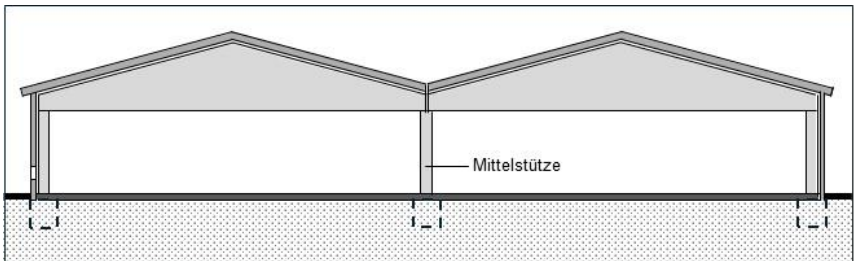


Abbildung 5: Prinzipdarstellung mehrschiffige Halle (Quelle: Uhlig)

2 Radonschutzmaßnahmen im Hallenbau

2.1 Besonderheiten des Radonschutzes in Hallen

Normalerweise kann davon ausgegangen werden, dass in Neubauten sowie jungen Bestandsgebäuden eine funktionierende und sichere Abdichtung der erdberührten Gebäudehülle ausgeführt wird bzw. vorhanden ist und somit die Konvektion von Bodenluft ins Gebäude unterbunden wird. Allerdings ist das für Hallen nicht immer der Fall. Vor allem in Industriehallen wird dann häufig keine Abdichtung nach DIN 18 533 [1] eingebaut, wenn Lastfall W-1E vorliegt, d.h., kein drückendes Wasser ansteht, und wenn viele Durchdringungen der Bodenplatte (u.a. Stützendurchstoßpunkte sowie Mediendurchführungen) eine wirtschaftliche Abdichtungslösung nicht zulassen. Somit muss hier mit einer erheblichen Quellstärke aus Konvektion gerechnet werden, vergleichsweise mit nicht abgedichteten Altbauten. Dieser potentiell großen Quelle stehen das große Raumvolumen von Hallen sowie die häufig hohe Luftwechselrate gegenüber. Es ist schwierig, diese beiden gegenläufigen Einflüsse im Vorfeld einer Baumaßnahme sicher abzuschätzen. Im folgenden Abschnitt soll deshalb anhand von Beispielrechnungen der Einfluss der Faktoren Quellstärke aus Konvektion, Luftwechselrate und Raumvolumen beleuchtet.

2.2 Rechnerische Abschätzung der Radonbelastung in Hallen

Grundlegende Betrachtungen und Berechnungsgang

Für die rechnerische Abschätzung wird ein stationärer Zustand zugrunde gelegt, d.h. zeitliche Schwankungen finden keine Berücksichtigung. Trotz dieser Vereinfachung ist mit dem vorgestellten Verfahren eine gute Abschätzung der zu erwartenden Radonsituation möglich und es können Rückschlüsse abgeleitet werden, in welchem Maße sich Modifikationen der äußeren und inneren Einflüsse auf die Radonkonzentration in der Halle auswirken. Problematisch ist es, für die Ausgangswerte, wie Quellstärke infolge Konvektion sowie die Luftwechselrate, aber auch die Temperaturdifferenz von innen und außen, realistische Annahmen in die Berechnung einzuführen. Der in diesem Artikel verkürzt dargestellte Berechnungsgang wird ausführlich in [2] erläutert.

Die Berechnung der Radonquellstärke aus Konvektion erfolgt nach Hagen-Poiseuille unter Berücksichtigung der Druckdifferenz zwischen Innen und Außen, der Größe und Dimension der Durchdringungen (Undichtheiten der erdberührten Gebäudehülle) sowie der Radonkonzentration in der Bodenluft. Als erster Schritt wird der Volumenstroms vom Erdreich ins Gebäude für runde Querschnitte (z.B. Löcher) sowie für längliche Durchdringungen (z.B. Risse) nach (1) und (2) bestimmt:

$$\dot{V}_{KR} = \Delta p \cdot \frac{\pi}{128} \cdot \frac{r^4}{\eta \cdot d} \quad (1) \text{ und}$$

$$\dot{V}_{KL} = \Delta p \cdot \frac{b^3 \cdot l}{\eta \cdot d} \quad (2)$$

mit:

\dot{V}_{KR} bzw. \dot{V}_{KL}	Volumenstrom in m ³ /h
Δp	Druckdifferenz in Pa
r	Radius der Bauteildurchdringung in m
b und l	Breite und Länge des Risses in m
d	Länge der Durchdringung (entspricht Bauteildicke) in m
η	dynamische Viskosität der Luft (bei Normalbedingungen (17,2 * 10 ⁻⁶ Pa s)

Sind mehrere Durchdringungen zu berücksichtigen, wird die Summe aller Volumenströme \dot{V}_{KRges} bzw. \dot{V}_{KLges} gebildet.

Die Druckdifferenz Δp errechnet sich nach Formel (3) aus dem thermischen Auftrieb mit:

$$\Delta p = \Delta T \cdot h \cdot 0,04 \frac{Pa}{m \cdot K} \quad (3)$$

Dabei ist h die Höhe bis zur druckneutralen Zone, welche üblicherweise mit $h_{Ges}/2$ angenommen wird. Druckdifferenzen aus Windangriffskräften bleiben üblicherweise unberücksichtigt.

Die Berechnung der Quellstärke aus Konvektion Q_K (in Bq/h) erfolgt über Formel (4) mit:

$$Q_K = C_B \cdot (\dot{V}_{KRges} + \dot{V}_{KLges}) \quad (4)$$

mit:

C_B Radonkonzentration in der Bodenluft in Bq/m³

Die Quellstärke aus Diffusion Q_D (in Bq/h) berechnet sich nach Formel (5) mit:

$$Q_D = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot C_B \cdot \lambda_{Rn} \cdot \frac{V}{F} \cdot A_e \quad (5)$$

mit:

K_1, K_2, K_3 Reduktionsfaktoren der einzelnen Diffusionsbarrieren (Bauteilschichten) in %

$\lambda_{Rn} = 0,00756 \cdot h^{-1}$ (Zerfallskonstante in 1/h)

V/F Verhältnis von Raumvolumen zur Raumfläche in m³/m²

A_e erdberührte Gebäudefläche in m²

In unserer Beispielrechnung wird von lediglich einer diffusionswirksamen Schicht (Bodenplatte) ausgegangen. Somit reduziert sich Formel (5) auf (6):

$$Q_D = K_1 \cdot C_B \cdot \lambda \cdot \frac{V}{F} \cdot A_e \quad (6)$$

Der Reduktionsfaktor K_1 wird nach den Formeln (7) und (8) bestimmt:

$$K_i = 1/e^{(\frac{d}{R})} \quad \text{und} \quad (7)$$

$$R = \sqrt{D/\lambda_{Rn}} \quad (8)$$

mit:

d Material-(Schicht-)dicke in m

R Diffusionslänge in m

D Materialspezifischer Diffusionskoeffizient in m²/s

Der labortechnisch zu bestimmende materialspezifische Diffusionskoeffizient D liegt für viele Materialien und Baukonstruktionen vor (s. z.B. [3] und [4]).

Weitere Quellen, wie die Exhalation von Radon aus Baustoffen sowie aus Wasser spielen für Hallen in der Regel keine Rolle und werden deshalb in die Überschlagsberechnung nicht eingeführt. Der besondere Einfluss von Wasser in Wasserwerken wird in einem weiteren Beitrag auf dieser Tagung thematisiert [5].

Die Radonkonzentration in der Raumluft kann unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Quellstärken, der Luftwechselrate sowie der Raumgeometrie nach der allgemeinen Formel (9) bestimmt werden.

$$C_i = \frac{Q_K + Q_D + Q_M + Q_W + Q_S}{V \cdot (n + \lambda_{Rn})} + C_A \quad (9)$$

Für die Betrachtung von Hallen spielen die Quelltherme Q_M (Baumaterialien), Q_W (Wasser) und Q_S (Sonstige Quellen) keine Rolle, wodurch sich Formel (9) zu Formel (10) vereinfacht:

$$C_i = \frac{Q_K + Q_D}{V \cdot (n + \lambda_{Rn})} + C_A \quad (10)$$

mit:

Q_K	Quellstärke aus Konvektion nach Gl (4) in Bq/h
Q_D	Quellstärke aus Diffusion nach Gl. (6) in Bq/h
V	Raumvolumen in m^3
n	Raumluftwechsel in 1/h
λ_{Rn}	Radonzerfallskonstante in 1/h
C_A	Radonkonzentration in der Außenluft

Beispielrechnung

Anhand einer Halle mit den in Abbildung 6 wiedergegebenen Abmessungen soll eine Prognoserechnung zeigen, mit welchen Radonbelastungen zu rechnen ist. Dabei werden Variationen der Luftwechselrate, der Radonquellstärke sowie der Hallenabmessungen in die Betrachtung einbezogen.

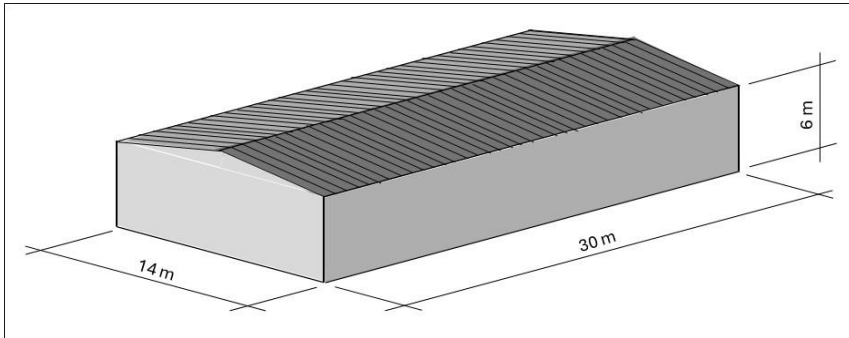


Abbildung 6: Abmessungen der Beispielhalle (Quelle: Uhlig)

Die Grundfläche der Halle beträgt 420 m^2 , das innere Raumvolumen ergibt sich zu 2.520 m^3 .

Weitere Annahmen für die Beispielrechnung:

- Radonkonzentration in der Bodenluft: 100 kBq/m^3
- Raumtemperatur in der Halle: 16°
- Außentemperatur: -5°
- Dicke der Bodenplatte (Faserzement) $0,20 \text{ m}$

Für die Ermittlung der Quellstärke wird davon ausgegangen, dass keine Abdichtungsschicht auf oder unter der Bodenplatte eingebaut wird (s. z.B. Aufbau nach Abb. 12) und damit sowohl im Bereich der Stützendurchstoßpunkte als auch der Mediendurchführungen konvektive Einströmpfade vorhanden sind. Für die Berechnung sind folgende Annahmen getroffen worden:

- Um die Hallenstützen herum besteht ein Spalt von durchschnittlich 5mm Breite. Bei insgesamt 16 Stützen und einer Längenabwicklung von 0,7 m je Stütze ergibt sich eine Gesamtlänge des Spaltes von 8,4 m.
- Für Mediendurchführung durch die Bodenplatte entstehen viele Undichtheiten, deren abgewinkelte Länge 10 m betragen soll, ebenfalls bei einer durchschnittlich Spaltbreite von 5 mm.
- Die Gesamtfläche der Undichtheiten in der Bodenplatte beträgt im Beispiel 268 cm^2

Der nach Formel (3) berechnete Unterdruck im unteren Hallenbereich beträgt **2,52 Pa**.

Die Radonquellstärke infolge Konvektion wird in unserem Beispiel nach Formel (2) berechnet, da von rissförmigen Durchdringungen ausgegangen wird. Alle Berechnungsergebnisse für die Quellstärke werden auf 10-er Werte gerundet. Es ergibt sich unter Annahme der hier aufgeführten Gegebenheiten die Quellstärke infolge Konvektion mit:

$$Q_k = 96.500 \text{ Bq/h}$$

Für das gleiche Beispiel ist auch die Quellstärke infolge Diffusion nach Gleichung (6) mit folgendem Ergebnis berechnet worden:

$$Q_D = 950 \text{ Bq/h}$$

Der Vergleich der beiden Werte zeigt deutlich die geringe Bedeutung von Diffusion gegenüber Konvektion.

Die Gesamtquellstärke beträgt somit

$$Q_{\text{Ges.}} = 97.450 \text{ Bq/h}$$

Interessant ist in diesem Zusammenhang eine Vergleichsbetrachtung für den Fall des Einbaus einer funktionierenden Abdichtung nach DIN oder vergleichbarem Standard. Hier kann davon ausgegangen werden, dass – bei qualitätsgerechter Ausbildung der Abdichtung einschließlich aller Anschlüsse an Durchdringungen - der konvektive Luftvolumenstrom unterbunden wird und sich zudem die Diffusion durch die zusätzliche Abdichtungsschicht noch einmal deutlich reduziert. Die Quellstärke liegt für diese Konstellation bei ansonsten gleichen Annahmen und berechnet nach Formel (5) nur noch bei **30 Bq/h**, d.h. in einer vollkommen anderen Dimension! Hier zeigt sich in aller Deutlichkeit der große absenkende Einfluss von Abdichtungen auf die Radonbelastung in Gebäuden.

Die Berechnung der Radonkonzentration in der Halle erfolgt für die Gesamtquellstärke nach Gleichung (10) und ist in Abbildung 7 in Abhängigkeit von der Luftwechselrate wiedergegeben. Es zeigt sich, dass selbst bei der hier angenommenen hohen Quellstärke nur bei sehr geringen Luftwechselraten von 0,1 oder kleiner die Radonkonzentration in der Halle über dem Referenzwert von 300 Bq/m^3 liegt, bei der hier aufgenommenen geringsten Luftwechselrate von 0,05 auf einen Wert von knapp 700 Bq/m^3 steigt.

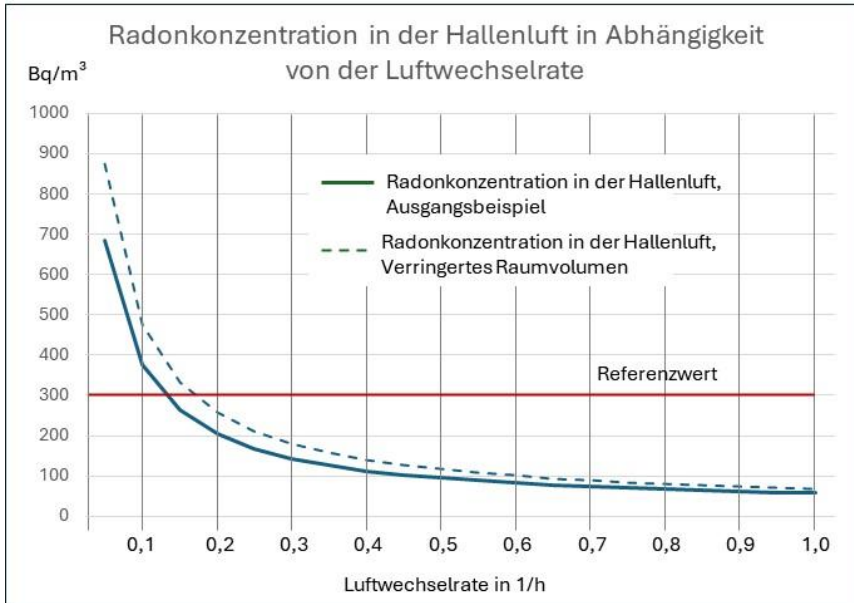


Abbildung 7: Ergebnis der Berechnung der Radonkonzentration in der Beispielhalle bei unterschiedlichen Luftwechselraten (Quelle: Uhlig)

Um den Einfluss der Raumabmessungen zu verdeutlichen, ist in Abb. 7 eine Vergleichskurve für eine Halle mit einem um 50% verringertem Volumen sowie ebenfalls verringerter Quellstärke ergänzt worden. Diese liegt erwartungsgemäß über den Werten für die Halle im Ausgangsbeispiel.

2.3 Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen

Die Beispielrechnung zeigt, dass die Radonkonzentration in Hallen zu- meist auch dann unproblematisch ist, wenn die Bodenplatte nicht ab- gedichtet ist. Allerdings ist eine erhöhte Belastung vor allem dann nicht auszuschließen, wenn die Luftwechselrate gering ist, es sich um eine vergleichsweise kleine Halle handelt und das Radonpotential im Erdreich hoch ist.

Für neu zu errichtende Hallen wird folgende Vorgehensweise vorgeschlagen:

A) Voruntersuchungen mit

- Abschätzung bzw. Bestimmung des Radonpotentials aus dem Erdreich
- Prognostizierung der Luftwechselrate aus der geplanten Hallennutzung
- Abschätzung der Undichtheiten in der Bodenplatte
- Durchführung einer Prognoseberechnung entsprechend dem hier vorgestellten Beispiel

B) Planung und Ausführung

Aus den Ergebnissen der Voruntersuchungen kann das Risiko einer erhöhten Radonbelastung in der Halle abgeschätzt werden. Dabei sind Unsicherheiten in den getroffenen Annahmen sowie mögliche Nutzungsveränderungen, welche im Laufe der Zeit vorgenommen werden können, in die Betrachtung einzubeziehen. Es ergeben sich für die bau- und lüftungstechnische Lösung folgende Möglichkeiten:

- Abdichtung aller Undichtheiten in der Bodenplatte: Das kann partiell erfolgen, d.h. nur im Bereich offensichtlich vorhandener Durchstoßpunkte. In unserem Beispiel wären das die Stützen sowie alle Mediendurchführungen.
- Prophylaktischer Einbau einer Radondränage in der Kies-/Sauberkeitsschicht unterhalb der Bodenplatte. Diese wird so eingebaut, dass zu einem späteren Zeitpunkt eine Absauganlage nachgerüstet werden kann. In der Bauphase wird das Dränagerohr lediglich verlegt und so abgeschlossen, dass die spätere Nachrüstung möglich wird.
- Besondere lufttechnische Maßnahmen für Arbeitsplatzbereiche in der Halle (Abb. 8). Solche Lösungen kommen dann zur Anwendung, wenn z.B. aus den technologischen Prozessen in der Halle selbst eine hohe Radonabgabe erfolgt. Typisches Beispiel hierfür sind Wasserwerke, die als besonders zu schützende technologische Anlagen gelten. Über die besonderen Anforderungen in Wasserwerken wird zu einem späteren Zeitpunkt auf dieser Tagung berichtet.

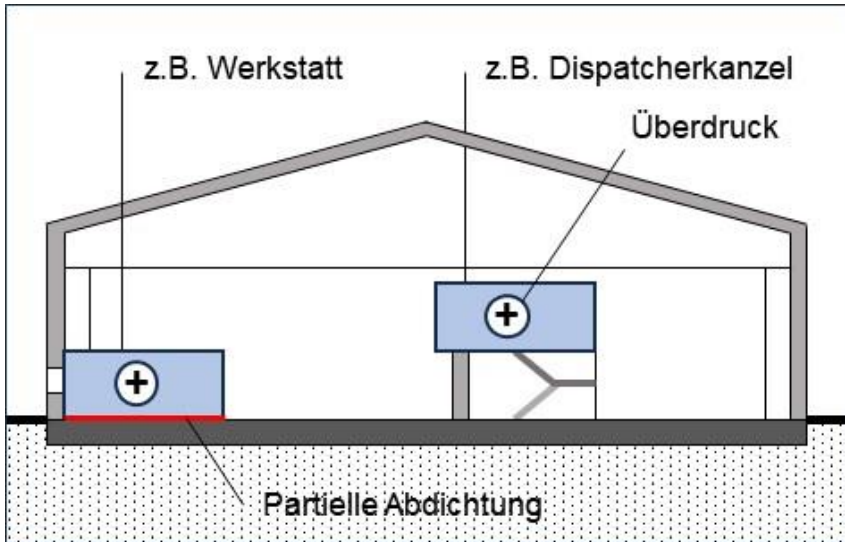


Abbildung 8: Beispiel für die Separierung von besonders zu schützenden Räumen und Raumbereichen in Hallen mit einer hohen Allgemeinbelastung von Radon (Quelle: Uhlig)

3 Vorstellung von realisierten Beispielen

Im Jahr 2022 errichtete die Deutsche Post / DHL drei Verteilzentren in Naila, Helmbrechts und Tirschenreuth (s. Abbildung 9). In Tabelle 1 sind die für die Bauplätze aus dem Geoportal des Bundesamtes für Strahlenschutz zu erwartenden Radonbelastungen im Baugrund zusammengefasst. Die Werte lassen auf ein erhöhtes Radonrisiko schließen, vor allem in Tirschenreuth ist mit größeren Belastungen zu rechnen. Auf Grund dieser Ausgangswerte wurden die Autoren dieses Beitrages vom Auftraggeber beauftragt, ein spezielles Radonkonzept zu erarbeiten. Leider wurde diese Zusammenarbeit nicht auf die bauliche Umsetzung ausgedehnt, sodass bei der Umsetzung in einzelnen Details nicht die Optimallösung realisiert wurde (s. Abbildung 12).



Abbildung 9: Lage der Untersuchungsobjekte (Quelle Landkarte: Deutschlandkarte ADAC, Bearbeitung Uhlig)

Tabelle 1: Prognosewerte des GEOPORTALS für die Bodenradonbelastungen an den drei Standorten

Bauvorhaben	Radonpotential	Bodenradonkonzentration
		kBq/m ³
Helmbrechts	29,1	119
Naila	38,1	73
Tirschenreuth	95,2	243

Die Grundstruktur der drei Verteilzentren ist nahezu deckungsgleich, sie unterscheiden sich lediglich in den Abmessungen. Eine Stahlleichtbauhalle bildet die Grundstruktur (Abbildungen 10 und 11), in die stirnseitig die erforderlichen Nebenräume (Sanitär, Büro usw.) integriert sind (s. Grundriss Abbildung 13).



Abbildung 10: Gesamtansicht Verteilzentrum Tirschenreuth (Quelle Binker)



Abbildung 11: Innenansicht Verteilzentrum Tirschenreuth (Quelle Binker)

Der Bodenaufbau ist für alle drei Objekte deckungsgleich konzipiert worden. Unterhalb von Bodenplatte und Dämmung ist eine 39 cm dicke kapillarbrechende Schicht vorgesehen, darunter eine zusätzliche 20 cm dicke Schottererschicht für die Verlegung der Radondränage. (Abbildung 12) Diese zusatztliche Schottererschicht erschließt sich nicht so recht, hier wäre die Integration der Dränagerohre in der kapillarbrechenden Schicht möglich gewesen, wodurch sich die Gesamtdicke des Bodenaufbaus um 20 cm reduzieren lässt, und ein Arbeitsgang eingespart werden kann.

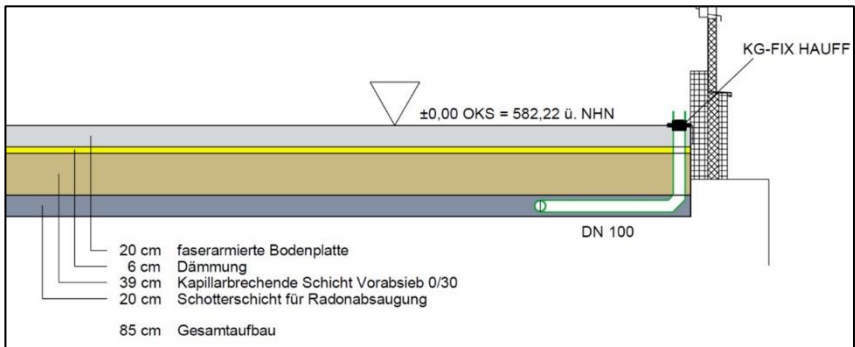


Abbildung 12: Regelbodenaufbau in den drei Hallen (Quelle List Bau, München)

Für die Verlegung der Dränagerohre wurde eine mandertormige Anordnung mit zwei bzw. vier Absaugpunkten konzipiert (Abbildung 13).



Abbildung 13: Grundriss Tirschenreuth mit Eintrag der Dränagerohre sowie der vorbereiteten Absaugpunkte (Quelle List Bau, München)

Die Abstände der Dränagerohre wurde relativ groß gewählt (zwischen 7,2 und 8,8 m). Auf Grund der Verlegung in einer hochpermeablen Schüttschicht sind diese Abstände absolut vertretbar. Bild 14 zeigt die Einbausituation der Schichten. Es ist zu sehen, dass unterhalb der Schotterschicht ein Filtervlies bzw. Geotextil verlegt wurde (in Abbildung 12 nicht dargestellt!).



Abbildung 14: Einbau der Dränageschicht (Quelle: List Bau München)

Die Dränagerohre werden an festgelegten Stellen (s. Absaugpunkte in Abb. 13) nach oben geführt und mit einfachen Deckeln luftdicht verschlossen (Abb. 14 bis 16). Eine Absauganlage wird erst dann ergänzt, wenn die Kontrollmessungen nach Abschluss der Baumaßnahme eine erhöhte Radonkonzentration in der Raumluft ergeben. Da sich diese Situation in keinem der drei Objekte einstellte (s. Tabelle 2), wird hier keine Absaugung nachgerüstet. Wichtig war trotzdem, die Anschlusspunkte so anzuordnen, dass eine spätere Erweiterung mit den Komponenten der Absaugung problemlos möglich wird.



Abb. 15 und 16: Steigrohr der Dränage neben dem Stützenfuß



Abb. 17: Abschlusdeckel des Steigrohres; Die Holzbohlen dienen dem Schutz der Steigrohre während der Bauphase

In allen drei Hallen wurden nach Abschluss der Bauarbeiten und Aufnahme der Tätigkeit Kontrollmessungen mittels Kernspur-Detektoren durchgeführt. Dabei wurden je Objekt 5 bzw. 6 Messpunkte eingerichtet und an diesen sowohl eine 3-Monatsmessung als auch eine Jahresmessung durchgeführt. Die 3-Monatsmessung diente in erster Linie dazu, zeitnah Ergebnisse zu erhalten. Die zusammengefassten Messergebnisse können Tabelle 2 entnommen werden.

Tabelle 2: Auswertung der Radonmessungen in den drei Objekten

Bauvorhaben	Messzeitraum		Anzahl MP	Messergebnis		Höchste Belastung
	von	bis		von	bis	
				Bq/m ³		
Helmbrechts	31.01.23	01.02.24	5	73	150	Büro
	31.01.23	27.4.23		97	130	
Naila	31.01.23	01.02.24	6	110	130	Briefzustellung und Aufenthaltsraum
	31.01.23	27.4.23		120	180	
Tirschenreuth	31.01.23	01.02.24	5	120	180	Büro
	31.01.23	27.4.23		130	230	

Aus den Ergebnissen können die folgenden Schlussfolgerungen abgeleitet werden:

1. In allen Objekten liegen die höchsten Belastungen unter dem Referenzwert von 300 Bq/m³. Eine Absaugung von Bodenluft aus der Radondränage ist deshalb nicht erforderlich.

2. Ein Vergleich von Dreimonats- mit den Jahresmessungen zeigt keine gravierenden Abweichungen. Daraus kann geschlussfolgert werden, dass die kürzere Messdauer bereits gute und sichere Ergebnisse zulässt.
3. Die höchsten Belastungen wurden erwartungsgemäß in kleineren Räumen (Büro, Aufenthaltsraum) gemessen. Die höchsten Werte in der Halle lagen zumeist geringfügig unter den in Tabelle 2 zusammengestellten Höchstwerten.

Der prophylaktische Einbau von Radondrängen unterhalb der Bodenplatte wird in der Fachöffentlichkeit kontrovers diskutiert. Auch wenn in den hier vorgestellten Beispielen die Radonkonzentration in den Objekten durchgehend unterhalb des Referenzwertes liegt, ist es die Meinung der Autoren, dass der Einbau einer Flächendränage oder - bei kleineren Gebäudeabmessungen - lediglich einer Dränageschicht vor allem immer dann in Betracht gezogen werden sollte, wenn keine konvektionsdichte Gebäudehülle vorhanden bzw. geplant ist, da dann die Gefahr einer Überschreitung der Radonkonzentration im Gebäude nicht ausgeschlossen werden kann. Die Mehraufwendungen für den Einbau der Dränageschicht sowie der Verlegung eines Dränagerohrsystems in der Bauphase sind sehr gering und gegenüber möglicherweise weitergehenden Bau- und Lüftungsmaßnahmen bei fehlender Dränagevorbereitung marginal.

Literaturverzeichnis

- [1] DIN 18533-1; 2017-07: Abdichtung von erdberührten Bauteilen – Teil 1: Anforderungen, Planungs- und Ausführungsgrundsätze
- [2] Uhlig, Schönmuth, Kemski: Radongeschütztes Bauen; Grundlagen und Lösungen im Neubau sowie in der Sanierung; Springer Vieweg 2014 (geplant)
- [3] Hoffmann: Experimentelle und theoretische Untersuchung über die Emanation und Migration von Radon in Baustoffen und Bauwerksabdichtungen, Dissertation Saarbrücken 2004
- [4] Hauswald: Radonbelastung in Neubauten, Diplomarbeit HTW Dresden, 2004
- [5] Ellinger: Radonbelastung und Radonsanierung in beispielhaften Betriebsgebäuden der kommunalen Wasserversorgung; Tagungsband 17. Sächsische Radontage, Dresden 2024
- [6] Geoportal des BfS (www.imis.bfs.de)