

Radondichte Betonkonstruktionen

Entwurf Merkblatt

Prof. Roger Blaser Zürcher

27. Juni 2023



Allgemein

Das Merkblatt (im Entwurf vorliegend) soll zu rissarmen Stahlbetonkonstruktionen führen, damit radondichte Konstruktionen erzielt werden können. Das Merkblatt basiert auf Erfahrungswerten und stellt den aktuellen Stand der Technik dar.

Bautechnik

Die Planung von radondichten Stahlbetonkonstruktionen beginnt bereits in der Vorprojektphase. Idealerweise werden einfache Geometrien gewählt, damit Zwängungen innerhalb von Bauteilen vermieden werden können. Auch Veränderung von Bauteilquerschnitten sollen entfallen, damit Rissbildungen weitgehendst umgangen werden können.

Bautechnik

Technische Spezifikationen

Druckfestigkeitsklasse	C 20/25 bis
Expositionsklasse	XC2 (CH)
Grösstkorn	16 mm
Chloridgehaltsklasse	Cl 0.20
Konsistenzklasse	F3 bis F5, weich bis fliessfähig
Rohdichte	2000 bis 2600 kg/m ³
Zusätzliche Anforderungen	wasserdicht, WDB DK1 radondicht

Bautechnik

Die konstruktiven Anforderungen an die Betonbauteile sind:

- Die minimale Bauteilstärke beträgt 25 cm. Querschnittsveränderung sollten vermieden werden.
- Die Fläche darf 600 m² pro Betonieretappe nicht übersteigen.
- Die Geometrie der Fläche soll ein Längen-Breitenverhältnis von 3:1 nicht übersteigen.
- Es dürfen keine Bauteilquerschnittstörungen durch Leitungen oder dgl. vorhanden sein. Sollte dies nicht vermieden werden können, muss eine Bauteilverstärkung vorgenommen werden. Hierbei sind die resultierenden Spannungen im Bauteilquerschnitt zu berücksichtigen.
- Der Beton soll einen w/z-Wert von 0.45 bis 0.65 und eine Bewehrungsüberdeckung von 35 mm \pm 5 mm aufweisen.
- Die Rissbreitenbeschränkung beträgt 0.1 bis 0.2 mm.
- Der minimale Bewehrungsabstand ist abhängig vom gewählten Grösstkorn. Dieser beträgt im Minimum das Mass des Grösstkorns zuzüglich 5 mm.

Bei Bodenplatten ist zudem zu berücksichtigen, dass eine durchgehende Sauberkeitsschicht unter der Bodenplatte gegeben ist. Allenfalls muss zusätzlich eine Trennlage (empfehlenswert bzgl. Abbau von Schwindrissen) verbaut werden.

Bautechnik

Bei **Bauteilzusammenschlüssen, An- und Abschlüssen** sind zusätzliche Abdichtungsmassnahmen erforderlich. Diese können in unterschiedlichen Positionen liegen. Es sind dies:

- aussenseitige Anordnung
- mittige Anordnung
- innenseitige Anordnung

Die Ausbildung der zusätzlichen Abdichtungsmassnahmen richtet sich hierbei nach der Position und den Anforderungen aus dem Feuchteschutz. Grundsätzlich kann festgehalten werden, dass der Aspekt der Diffusion vernachlässigt werden kann. Es gilt die Konvektion und Kapillarleitung zu unterbinden, weshalb handelsübliche Abdichtungselemente verbaut werden können.

Mögliche Ausführungen sind:

- Fugenbleche
- Fugenbänder
- Injektionsschläuche
- Membranabdichtungssysteme



Quelle: www.wenzler-bausysteme.de/fugenbleche-verbundbleche.html

Fugenblech

Fugenbleche sind verzinkte Stahlbleche mit einer Spezialbeschichtung zur Frischbetonverbundwirkung.

- Das Fugenblech wird mittig der Bauteilkonstruktion montiert.
- Die Befestigungsbügeln müssen einen Abstand von 50 cm aufzuweisen.
- Bei Richtungsänderungen ist der Abstand der Befestigungsbügeln auf maximal 20 cm zu kürzen.
- Das Fugenblech ist mittels Bindedraht an die obere Bewehrung zu montieren.
- Stossstellen sind mit einer Überlappung von mindestens 10 cm auszuführen.
- Stossstellen sind mit Klammern zu sichern. Der kürzere, gebogene Klammerschenkel muss nach aussen gerichtet werden.



Quelle: www.wenzler-bausysteme.de/fugenbleche-verbundbleche.html

Fugenblech

- Ein wellenartiger Verlauf beeinträchtigt die Funktionalität nicht.
- Es bedarf einen minimalen Bewehrungsabstand von 30 mm.
- Beschichtete Oberfläche nach aussen.
- Der untere Schutzfolienstreifen muss vor dem Betonieren abgezogen werden.
- Bei mehrfachen Betonierabschnitten muss das Fugenblech beim ersten Abschnitt halbseitig, jedoch im Minimum zu 30 mm eingebunden werden.
- Den Befestigungsbügel vor dem Betonieren des zweiten Abschnittes abtrennen und den verkürzten Klammerschenkel entfernen.
- Den oberen Schutzfolienstreifen erst kurz vor dem Schliessen der aufgehenden Wandschalung entfernen.

Fugenband



Quelle: www.friederich-bautenschutz.ch/pvc-fugenband

- Die Fugenbänder bestehen aus einem Thermoplast und können aussenseitig oder innenseitig (mittig) positioniert werden.
- Es gibt Fugenbänder für Arbeitsfugen und Bewegungsfugen.
- Die Fugenbänder können aus unterschiedlich erhältlichen Formteilen zusammengesetzt werden und somit der Bauteilgeometrie angepasst werden.
- Fugenbänder unterliegen einer produktespezifischen Masstoleranz. Diese liegt bei etwa $1 \% \pm 0.5 \%$.
- Bei äusseren Einflüssen (Witterung, Lagerung, Zwängungen und dgl.) sind Massabweichungen von bis 3 % zu erwarten. Somit muss eine geschützte Lagerung auf der Baustelle stattfinden.

Fugenband



Quelle: www.friederich-bautenschutz.ch/pvc-fugenband

Verlegehinweise für aussenliegende Fugenbänder:

- Minimaler Bewehrungsabstand von 30 mm.
- Aussenliegende Fugenbänder werden an die Schalung angenagelt. Einschlagtiefe maximal 1/3 der Nagellänge, aufstehenden Nagel um 45 ° nach aussen abbiegen.
- Stossstellen müssen einen Mindestabstand von 50 cm aufweisen. Nur gerade Stossstellen sind auf der Baustelle zulässig, ansonsten sind Formteile zu verwenden.
- Es bedarf einer Reinigung vor dem Betonieren.
- Kein Kontakt mit der Vibriernadel beim Betonieren zulässig.
- Sorgfältige Demontage der Schalung, damit das Fugenband nicht ausgerissen wird. Nachkontrolle mit Dokumentation erforderlich.

Fugenband



Quelle: www.friederich-bautenschutz.ch/pvc-fugenband

Verlegehinweise für innenliegenden Fugenbänder:

- Minimaler Bewehrungsabstand von 30 mm.
- Bei Bewegungsfugen bedarf es zusätzlich einem aussenliegenden Fugenband und einem raumseitigen Fugenabschlussband, damit die Fuge vor Verunreinigungen geschützt werden kann.
- Bei Bodenplatten muss das innenliegende Fugenband einen v-förmigen Winkel von etwa 15° nach oben aufweisen, damit eine hohlraumfreie Einbettung erfolgen kann.
- Die Einbindetiefe des Fugenbandes beträgt maximal die halbe Bauteilstärke.
- Fugenbänder müssen falten- und verwerfungsfrei eingebaut werden.
- Fugenbänder müssen lagesicher befestigt werden. Befestigung (Klammern oder Bindedraht) erfolgt an der raumseitigen Bewehrung in einem Abstand von maximal 25 cm.
- Bei einer Bewehrungsunterbrechung ist ein Verlegebügel zu verwenden.
- Kein Kontakt mit der Vibriernadel beim Betonieren zulässig.

Injektionsschlauch

Injektionsschläuche gelten als innenliegende Fugenabdichtung. Gegenüber einem Fugenband werden diese nach dem Aushärten des Betons (frühestens 28 Tage) verpresst.

- Die Schlauchlänge darf im Maximum 15 m betragen.
- Mittige Position in der Fuge, jedoch mit einem Mindestabstand von 15 cm ab der Aussenkante und einem allseitigen minimalen Randabstand von 8 cm.
- Der Verlegeuntergrund muss gereinigt, frei von Fehlstellen und losen Bestandteilen sein. Zudem frei von trennenden oder haftungsmindernden Bestandteilen (Schalungsöl, Zementschlämme usw.). Es darf kein Eis oder stehendes Wasser vorliegen.



Quelle: www.baulinks.de/webplugin/2009/0528.php4

Injektionsschlauch

- Die Schnittstellen müssen mit einem geeigneten Filamentband zur Verhinderung von Einrissen versehen werden.
- Die Schlauchenden sind mit Befestigungspacker versehen (Achtung: Spätere Zugänglichkeit beachten).
- Verpresskreisläufe müssen sich im Minimum um 10 cm überlappen.
- Parallel verlaufende Injektionsschläuche müssen einen Mindestabstand von 50 mm aufweisen.
- Der Injektionsschlauch muss lagebeständig befestigt werden. Maximaler Befestigungsabstand ist 15 cm.
- Bei Richtungsänderung muss ein Biegeradius von mindestens 5 cm eingehalten werden.
- Bei einem Wechsel von horizontaler zu vertikaler Verlegerichtung muss durch Ausbildung einer Schlaufe der Injektionsschlauch bis an die Fugenecke geführt werden.



Quelle: www.baulinks.de/webplugin/2009/0528.php4

Membranabdichtung

Membranabdichtungssysteme bestehen aus hochflexiblen, elastischen Abdichtbänder, welche mit einem geeigneten Systemkleber aufgeklebt werden.

Für die Abdichtung von Arbeitsfugen wird ein Band in einer Stärke von 1 mm verwendet (bei Bewegungsfugen 2 mm).

Die Bänder gibt es in unterschiedlichen Breiten.

Das Abdichtungssystem besteht aus:

- Grundauftrag (Kleber), Stärke von 1 bis 2 mm
- Abdichtband, Mindeststärke von 1 mm
- Deckauftrag (Kleber), Stärke von 1 bis 2 mm



Membranabdichtung

Ausführungsbestimmungen sind:

- Die Mindestklebefläche des Systems muss in Abhängigkeit der Feuchtelast ermittelt werden. In der Praxis liegt diese bei mindestens 10 cm.
- Der Grundauftrag weist einen Überstand über die Bandbreite von je 5 bis 10 mm auf. Somit kann mit den Deckauftrag das Band vollständig eingebettet werden.
- Der Verlegeuntergrund muss gereinigt, frei von Fehlstellen und losen Bestandteilen sein. Zudem frei von trennenden oder haftungsmindernden Bestandteilen (Schalungsöl, Zementschlämme usw.). Dies erfolgt durch schleifen, fräsen oder strahlen (Kugel- oder Sandstrahlung).
- Es muss eine minimale Haftzugfestigkeit von 1.5 N/mm^2 vorhanden sein.
- Die Luft- und Baukörpertemperatur muss zwischen 10 und 30 °C (Funktionsgrenze $\geq 2 \text{ °C}$) liegen.



Bautechnik

Durchdringungen sind zu vermeiden. Speziell Durchdringungen in Bodenplatten stellen ein Risiko dar und sollten daher auf das absolute Minimum reduziert werden. Auch an hangseitigen Aussenwänden sollen Durchdringungen umgangen werden.

Bei Durchdringungen gilt:

- Durchdringungen müssen im rechten Winkel durch das Bauwerk geführt werden.
- Zu benachbarten Fugen und Durchdringungen muss ein minimaler Abstand von 25 cm eingehalten werden.

Die konstruktive Ausbildung richtet sich nach der Position und den Anforderungen aus dem Feuchteschutz. Grundsätzlich kann festgehalten werden, dass der Aspekt der Diffusion nicht vernachlässigt werden kann. Geeignete radondichte Dichtelemente sind am Markt erhältlich. Konstruktive Möglichkeiten sind:

- Dichtmanschetten
- Dichtkragen
- Dichtflansch
- Pressring, ggf. mit Futterrohr

Dichtmanschette

Dichtmanschetten funktionieren im Wesentlichen wie Membranabdichtungen.

Bei den Manschetten handelt es sich um vorgefertigte Formteile.



Quelle: www.bt-innovation.de



Quelle: www.wewaton.de

Dichtkragen

Die Montage eines Dichtkragens ist relativ einfach.

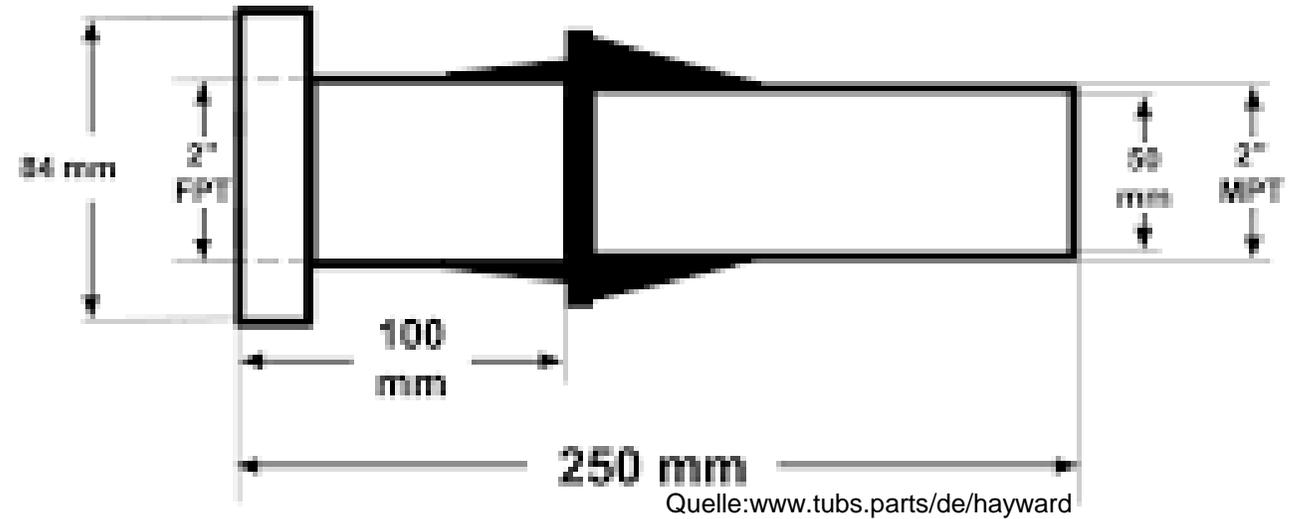
- Das Rohr muss gereinigt sein.
- Allfällige Kratzspuren an der Rohroberfläche müssen entfernt werden.
- Beidseitige Montage der Spannbänder erforderlich.
- Allseitige Betonumhüllung von mindestens 50 mm.

Dichtflansch

Dichtflansche sind vorkonfektionierte Einbauhülsen, welche mit einer expandierenden Sperrmörtelfüllung in Aussparungen montiert werden.

Je nach Hersteller sind zusätzliche Dichtkrägen zu montieren.

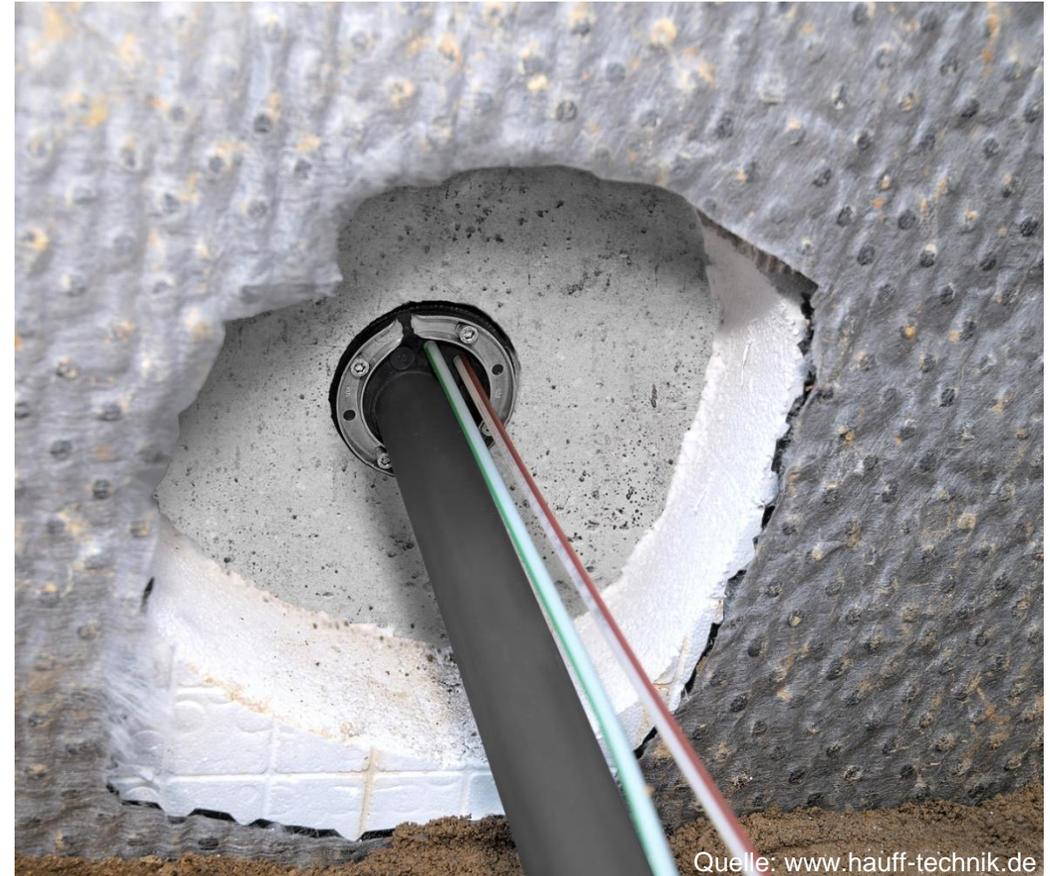
Dichtflansche finden eher selten Anwendung.



Pressring oder Ringraumdichtung

Pressringe oder Ringraumdichtungen können auch mit Futterrohren verbaut werden.

- Sie gelten als elastische Abdichtungen und dürfen keinen radialen Kräften ausgesetzt werden.
- Innenoberflächen der Kernbohrungen oder des Futterrohrs müssen gereinigt sein und dürfen keine Kratzer aufweisen.
- Die Elemente müssen mit den Schrauben zur Innenseite montiert werden.
- Die Verschraubung erfolgt kreuzweise.



Bautechnik

Auch in der Ausführung sind Massnahmen zu ergreifen, damit die Planung erfolgreich umgesetzt werden kann. Es sind dies:

- Die aussenseitige Bewehrung ist mit betonverbindenden Distanz- respektive Abstandshaltern zu verlegen. Als ideal haben sich Abstandshalter aus Beton oder Faserbeton bewährt.
- Bei Bodenplatten sollten die Unterstützungen für die obere Bewehrung auf die untere Bewehrung abgestellt werden.
- Schalungsanker müssen druckwasserdicht sein.
- Es sind nur wasser-, schnee- und eisfreie Schalungen und Bewehrungen zulässig. Die Schalung muss wasserdicht abgeklebt werden, damit kein Austritt von Zementmilch aus der Schalung erfolgen kann. Während dem Einbau dürfen keine Niederschläge gegeben sein.
- Die minimale Lufttemperatur beim Einbau beträgt - 5 °C.
- Die freie Fallhöhe des Betons darf 1 m nicht übersteigen, da ansonsten mit einer Entmischung zu rechnen ist.
- Die Betonkonstruktionen dürfen in den ersten 7 Tagen des Abbindeprozesses keinen Erschütterungen ausgesetzt sein.
- Es ist eine der Witterung angepasste und somit geeignete Betonnachbehandlung erforderlich.

Bautechnik

Die aussenseitige Bewehrung ist mit betonverbindenden Distanz- respektive Abstandshalter zu verlegen.

Als ideal haben sich Abstandshalter aus Beton oder Faserbeton bewährt.



Quelle: www.rosa-moser.at

Bautechnik

Schalungsanker müssen druckwasserdicht sein.



Quelle: www.structurae.net



Quelle: www.eubau.ksb.ch/beton-auf-der-baustelle

Bautechnik

Die freie Fallhöhe des Betons darf 1 m nicht übersteigen, da ansonsten mit einer Entmischung zu rechnen ist.

Merkblatt

Wie bereits ausgeführt, liegt für das Merkblatt ein erster Entwurf vor. Ideen und Anregungen für die Fertigstellung sind herzlich willkommen.