

radon*apéro* 2022

wasserdicht = radondicht?



Begrüssung

Antoine Geiser

Normative Grundanforderungen an wasserdichte Betonkonstruktionen

Prof. Roger Blaser Zürcher

Zusatzmassnahmen bei wasserdichten Konstruktionen für den Radonschutz

Prof. Roger Blaser Zürcher

Praxisbeispiele

Adrian Imhof, Rascor Abdichtungen AG

Apéro

Radonfachstelle Deutschschweiz

Die Radonfachstellen weisen einen mehrfachen Auftrag seitens des BAG auf.

Im Fokus des Aktionsplans Radon 2021 bis 2030 stehen;

- die Radonfachpersonen
- die Messstellen
- die Baufachleute

Ziel ist die Förderung der Radonkompetenzen beim Bauen, Messen und Sanierung.

Deshalb treffen wir uns heute hier. Fachkompetenzen erweitern durch Informationen und Fachgespräche.

Hochschule für Architektur, Bau und Geomatik (HABG)

Die HABG der FHNW ist in verschiedenen Fachdisziplinen verankert, die ein gemeinsamer Fokus vereint: die hochwertige und nachhaltige Qualität der bebauten Umwelt und des von der Gesellschaft genutzten Raumes.

Die HABG der FHNW besteht aus den fünf Instituten Architektur, Bauingenieurwesen, Geomatik, Digitales Bauen und **Nachhaltigkeit und Energie am Bau**.

Die enge interdisziplinäre Zusammenarbeit der Institute ermöglicht ein über die einzelnen Fachdisziplinen hinaus gehendes Weiterbildungsangebot, welches so ein praktisches Rüstzeug für gefragten Fachkräften macht.

Normative Grundanforderungen an wasserdichte Betonkonstruktionen

Prof. Roger Blaser Zürcher

Allgemeine Literatur und Hinweise

Laut Information des BAG bedarf es für den Radonschutz einen Stahlbeton der Expositionsklasse XC2.

Laut dem Praxishandbuch Radon bedarf es für den Radonschutz einen Stahlbeton der Sorte A nach SN EN 206 (Expositionsklasse XC2). Zudem sind ergänzende Massnahmen bei einem erhöhten Radonrisiko notwendig. Aufgeführt wird die Dichtigkeitsklasse 1 nach Norm SIA 272.

Als weitere Eigenschaften werden definiert:

- w/z-Wert ≤ 0.65
- Mindestdruckfestigkeit C20/25
- Mindestzementgehalt 260 kg/m³

Allgemeine Literatur und Hinweise

Alternativ zum WDB wird auch eine Konstruktion mit Feuchtesperre aufgeführt. Eine genauere Bezeichnung der Feuchtesperre fehlt mehrheitlich. Oft wird jedoch auf die a.a.R.d.B. verwiesen.

Was sind die allgemein anerkannten Regeln der Baukunde/Bautechnik?

Bei den allgemein anerkannten Regeln der Baukunde handelt es sich um diejenigen Regeln, welche für die Planung und Ausführung baulicher Anlagen in der Wissenschaft als theoretisch richtig erkannt sind und feststehen, sowie im Kreise der für die Anwendung der betreffenden Regeln massgeblich, nach dem neusten Erkenntnisstand vorgebildeten Anwender durchwegs bekannt und aufgrund fortlaufender praktischer Erfahrung als richtig und/oder notwendig anerkannt sind.

Keine Voraussetzung einer Regel der Baukunde ist die schriftliche Niederlegung in einem Normenwerk. Dies insofern die Normgebung teilweise Jahre der baulichen Entwicklung hinterher hinkt.

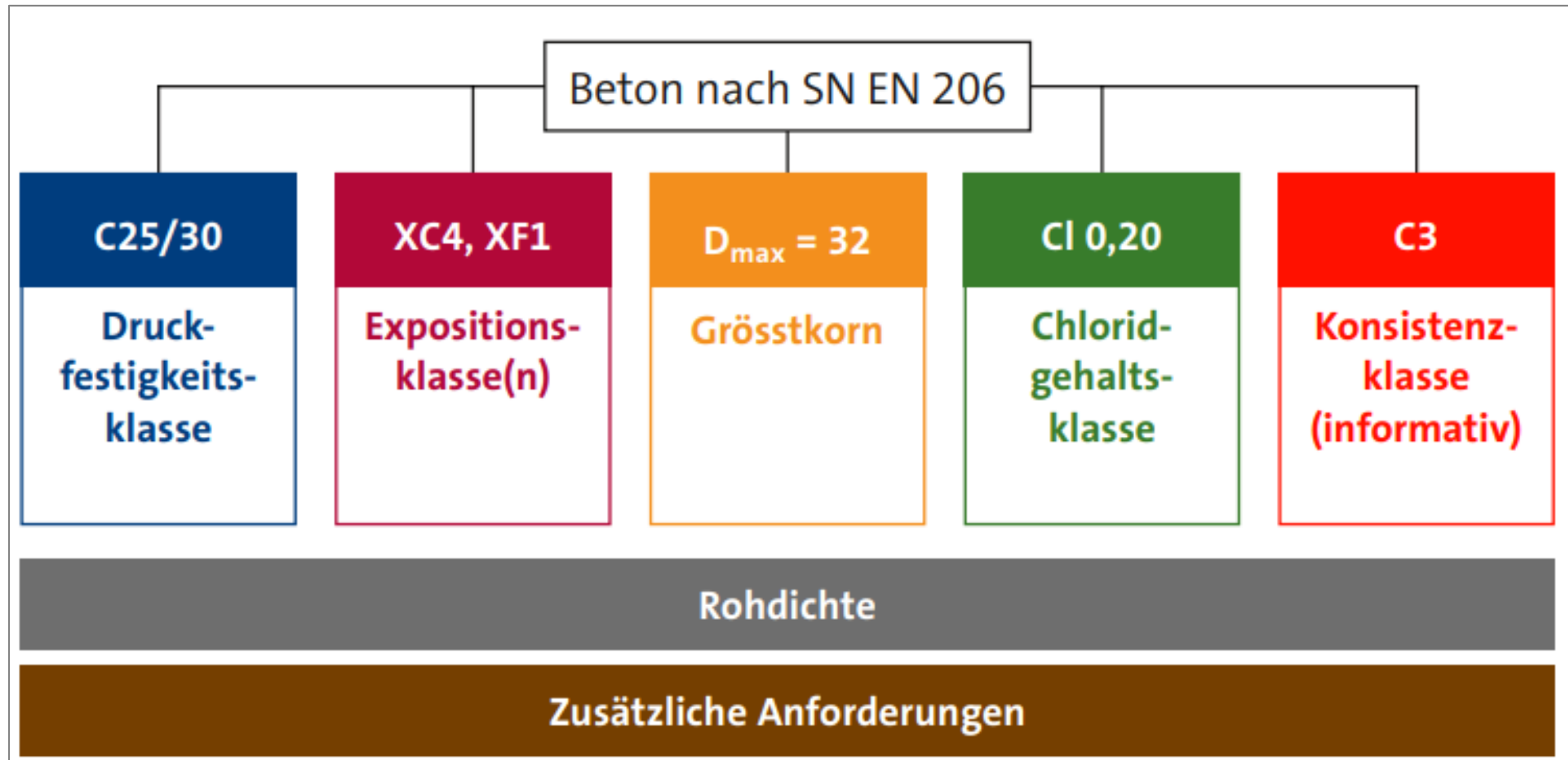
Norm SIA 262/1:2000 (SN EN 206)

Nach Norm weist ein Beton in der Expositionsklasse XC2 folgende materialtechnologischen Eigenschaften auf:

- w/z-Wert ≤ 0.65
- Druckfestigkeit $\geq C20/25$
- Zementgehalt $\geq 260 \text{ kg/m}^3$

Reicht dies?

Beton nach Norm SIA 262/1:2000 (SN EN 206)



Druckfestigkeitsklassen

Druckfestigkeitsklasse	Charakteristische Mindestdruckfestigkeit ^{a)} von Zylindern ^{b) c)} $f_{ck,cyl}$ [N/mm ²]	Charakteristische Mindestdruckfestigkeit ^{a)} von Würfeln ^{b) d)} $f_{ck,cube}$ [N/mm ²]
C8/10	8	10
C12/15	12	15
C16/20	16	20
C20/25	20	25
C25/30	25	30
C30/37	30	37
C35/45	35	45
C40/50	40	50

Die Druckfestigkeitsklassen beschreiben die Widerstandsfähigkeit eines Werkstoffs bei der Einwirkung von Druck- und (Zug)kräften.

Expositionsklassen

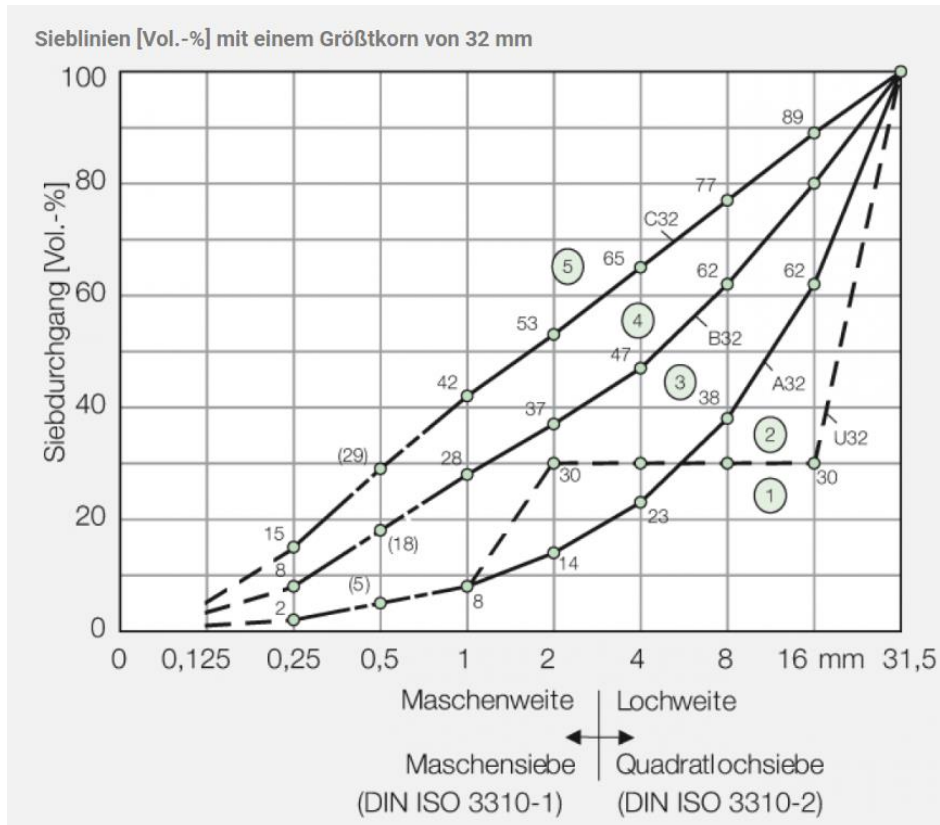
Die Expositionsklassen beschreiben die Umgebungsbedingung.

Der TFP empfiehlt bei der Expositionsklasse immer (CH) hinten anzustellen, damit eindeutig nachvollzogen werden kann, dass es

Angriff auf	Klasse	Umgebung	Anwendungsbeispiele
Kein Angriffsrisiko			
	X0		unbewehrter Beton oder ohne eingebaute Metallteile, in einer nicht aggressiven Umgebung. Vor Frost geschützte unbewehrte Fundamente, unbewehrte Bauteile in Gebäuden mit sehr geringer Luftfeuchtigkeit.
Bewehrungskorrosion, ausgelöst durch die Karbonatisierung des Betons			
Bewehrung	XC1	trocken oder ständig nass	bewehrte Bauteile in Gebäuden mit geringer Luftfeuchtigkeit, ständig in Wasser eingetauchte Bauteile
	XC2	nass, selten trocken	Fundamente
	XC3	mässige Feuchte	Bauteile im Aussenbereich, vor Regen geschützt, offene Hallen, feuchte Räume
	XC4	wechselnd nass und trocken	Bauteile im Aussenbereich, der Witterung ausgesetzt, Pfeiler, Balkone, Fassadenelemente, Brüstungen
Bewehrungskorrosion, ausgelöst durch Chloride			
	XD1	mässige Feuchte	Betonoberflächen in Strassennähe, die chloridhaltigem Sprühnebel

Klasse	Umgebung	Anwendungsbeispiele
Kein Angriffsrisiko		
X0		unbewehrter Beton oder ohne eingebaute Metallteile, in einer nicht aggressiven Umgebung. Vor Frost geschützte unbewehrte Fundamente, unbewehrte Bauteile in Gebäuden mit sehr geringer Luftfeuchtigkeit.
Bewehrungskorrosion, ausgelöst durch die Karbonatisierung des Betons		
XC1	trocken oder ständig nass	bewehrte Bauteile in Gebäuden mit geringer Luftfeuchtigkeit, ständig in Wasser eingetauchte Bauteile
XC2	nass, selten trocken	Fundamente
XC3	mässige Feuchte	Bauteile im Aussenbereich, vor Regen geschützt, offene Hallen, feuchte Räume
XC4	wechselnd nass und trocken	Bauteile im Aussenbereich, der Witterung ausgesetzt, Pfeiler, Balkone, Fassadenelemente, Brüstungen
		von Schwimmbädern
XA3c	starker Angriff	Kühltürme, Biogasanlagen, Gärfuttersilos, Kanalisationen

Grösstkorn



Quelle: www.betontechnische-daten.de/de/2-7-1-kornzusammensetzung-sieblinien

Der Nennwert des Grösstkorns der Gesteinskörnung (D_{max}) ist unter Berücksichtigung der Lage und des Abstands der Bewehrung sowie der Bauteilgeometrie festzulegen

Expositionsklassen und Grösstkorn

Bewehrungsüberdeckung c_{nom} [mm] ¹⁾	Expositionsklasse gemäss Tabelle 1							
	2) Bewehrungskorrosion in karbonatisiertem Beton				3) Bewehrungskorrosion induziert durch Chloride			
	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2a	XD2b	XD3
Betonstahl	20	35	40		40		55	
Spannstahl bzw. Spannglied	30	45	50		50		65	

¹⁾ Die tabellierten Werte der Bewehrungsüberdeckung dürfen bei der Ausführung maximal um die Abweichungen gemäss Ziffer A.3.5 unter- oder überschritten werden.

Quelle: TFP-Bulletin Nr. 4, 11.2017

In der Norm SIA 262 wird ebenfalls über die Expositionsklassen die Bewehrungsüberdeckung definiert.

Chloridgehaltsklassen

Betonverwendung	Klasse des Chloridgehalts	Höchstzulässiger Chloridgehalt, bezogen auf den Zement in Massenanteilen
Unbewehrter Beton	Cl 1,0	1,0%
Stahlbeton	Cl 0,20	0,20%
Spannbeton	Cl 0,10	0,10%

Quelle: Broschüre Beton nach SN EN 206xx, Hrsg. Holcim (Schweiz) AG, 5.2019

Übersteigt der Chloridgehalt im Beton einen kritischen Wert, kann der passive Korrosionsschutz der Bewehrung verloren gehen.

Somit bilden die Chloridgehaltsklassen die Ausgangslage respektive Grundlage für einen funktions-tauglichen Stahlbeton.

Konsistenzklassen

Ausbreitmaß bzw. Verdichtungsmaß	Bezeichnung	Beschreibung
v > 1,45	C0	sehr steif
v: 1,45-1,26	C1	steif
v: 1,25-1,11	C2	steif plastisch
35-41 cm	F38	plastisch
42-48 cm	F3 F45	weich
49-55 cm	F4 F52	sehr weich
56-62 cm	F5 F59	fließfähig
63-69 cm	F66	sehr fließfähig
70-76 cm	F73 (SCC)	extrem fließfähig

Quelle: Broschüre ÖNORM B 4710-1, Hrsg. Rohrdorfer Transportbeton GmbH

Konsistenzklassen definieren das Maß für die Steifigkeit und Verarbeitbarkeit des noch nicht erhärteten Betons.

Sie sind somit vom Verwender des Betons im Hinblick auf die objektspezifischen Randbedingungen und seine Bedürfnisse zu überprüfen und festlegen.

Rohdichte

Art	Rohdichte [kg/m ³]
Leichtbeton	800 - 2000
Normalbeton	2000 - 2600
Schwerbeton	> 2600

Entsprechend seiner ofentrockenen Rohdichte wird Beton als Normalbeton, Leichtbeton oder Schwerbeton definiert.

Zusätzliche Anforderungen

Betrachtungsfall 1: wasserdicht (WDB DK 1 oder 2)

Betrachtungsfall 2: radondicht

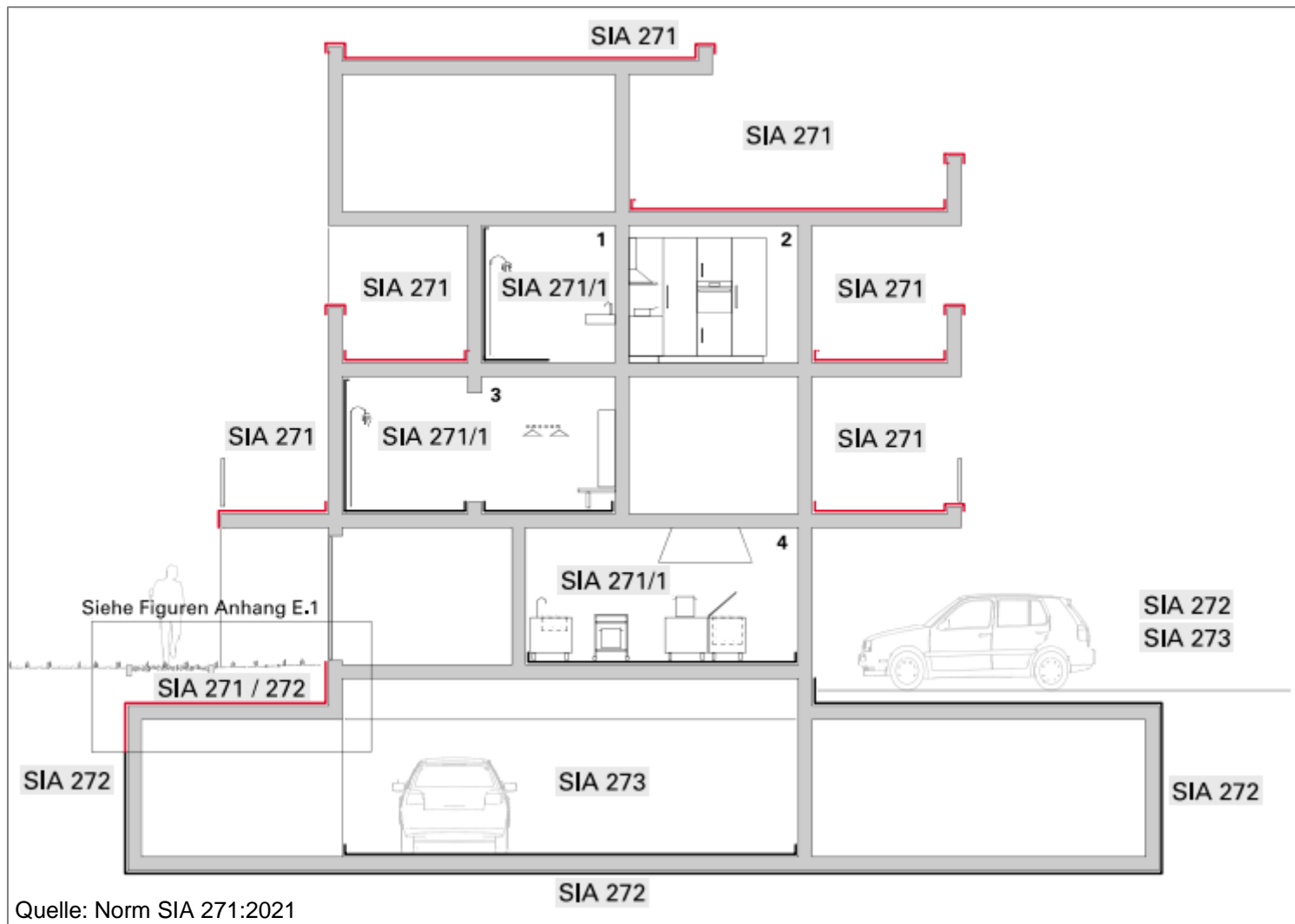
Norm SIA 270:2014

Regelt den Einsatzbereich der Normen, Verordnungen, Merkblätter und dgl. im Kontext der Abdichtungen gegen Wasser und Feuchte.

Die Norm definiert die Dichtigkeitsklassen (DK) in Bezug Wasser und Feuchte.

Weiter beschreibt die Norm die Anforderungen an das Qualitätsmanagement.

Norm SIA 271:2021



Norm SIA 272:2009

Unter dem Kapitel Grundsätze ist zu finden:

- a) Wasser ist Träger von flüssigen und nicht flüssigen Stoffen, welche Baustoffe beschädigen können.
- b) Die Eignung der Baustoffe für das Abdichtungs- und Entwässerungssystem ist nachzuweisen.

Zu einem späteren Zeitpunkt liest man, dass der Transport von allfälligen Schadstoffen infolge Diffusion durch Bauteile mit diffusionsoffenen Abdichtungssystemen zu beachten sei.

Norm SIA 272:2009

Normativ gilt es eine Nutzungsvereinbarung zu erstellen. Diese legt u.a. die Dichtigkeitsklassen fest.

Dichtigkeitsklasse	Beschrieb
1	Vollständig trocken <i>Keine Feuchtstellen an den trockenseitigen Bauwerksoberflächen zugelassen.</i> z.B. Wohnräume im UG
2	Trocken bis leicht feucht <i>Einzelne Feuchtstellen zugelassen. Kein tropfendes Wasser an den trockenseitigen Bauwerksoberflächen zugelassen.</i> z.B. Einstellhallen, Kellerräume
3	Feucht <i>Örtlich begrenzte Feuchtstellen und einzelne Tropfstellen an den trockenseitigen Bauwerksoberflächen zugelassen.</i>
4	Feucht bis nass <i>Feucht- und Tropfstellen zugelassen.</i>

Norm SIA 272:2009

WDB besteht aus einem wasserdichten Betonbauwerk und den zugehörigen Massnahmen, wie z.B. Abdichtungen von Fugen und Durchdringungen, Injektionen in Risse, Arbeitsfugen und Sollrisse.

WDB erfordern eine tiefe Druckfestigkeit und hohe Wasser-Eindringwiderstände, z.B. Expositionsklasse XC2 mit einer Wassereindringtiefe ≤ 50 mm

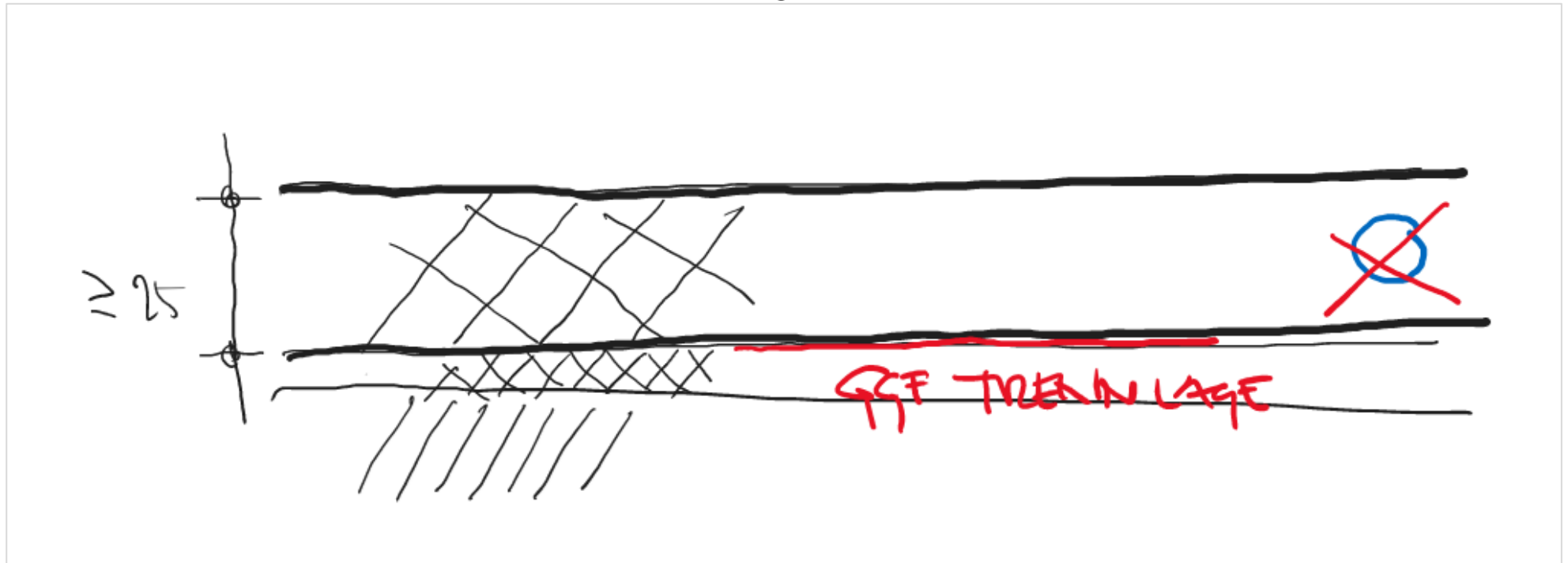
Norm SIA 272:2009

Konstruktive Anforderungen sind:

- durchgehende Sauberkeitsschicht unter der Bodenplatte
- ggf. Trennlage (empfehlenswert bzgl. Abbau von Schwindrissen)
- möglichst gleichbleibender Bauteilquerschnitt von ≥ 25 cm
- Fläche (≤ 600 m²) der Betonieretappen
- Geometrie ($l \cdot b \leq 3:1$) der Betonieretappen
- keine Bauteilquerschnittstörungen durch Leitungen oder dgl. (Verkleinerung ≤ 25 %, Querschnittsanpassungen)
- keine Rohrbündel

Norm SIA 272:2009

Schnitt mit den konstruktiven Anforderungen



Norm SIA 272:2009

Risse sind gemäss der Norm unvermeidbar. Risse resultieren aus Einwirkungen wie Schwinden und Kriechen des Betons, Zwängungseffekten, Wärme- und Lasteinwirkungen, Baugrundverformungen und dgl.

Der Umgang mit Rissen ist eine Projektierungsaufgabe und ein Bestandteil in der Nutzungsvereinbarung. Mögliche Massnahmen sind:

- geeigneter Bewehrungsgehalt und Bewehrungsführung
- Sollrisselemente
- geeignete Abdichtungsmassnahmen, wie geklebte Bänder, Injektionen und dgl.

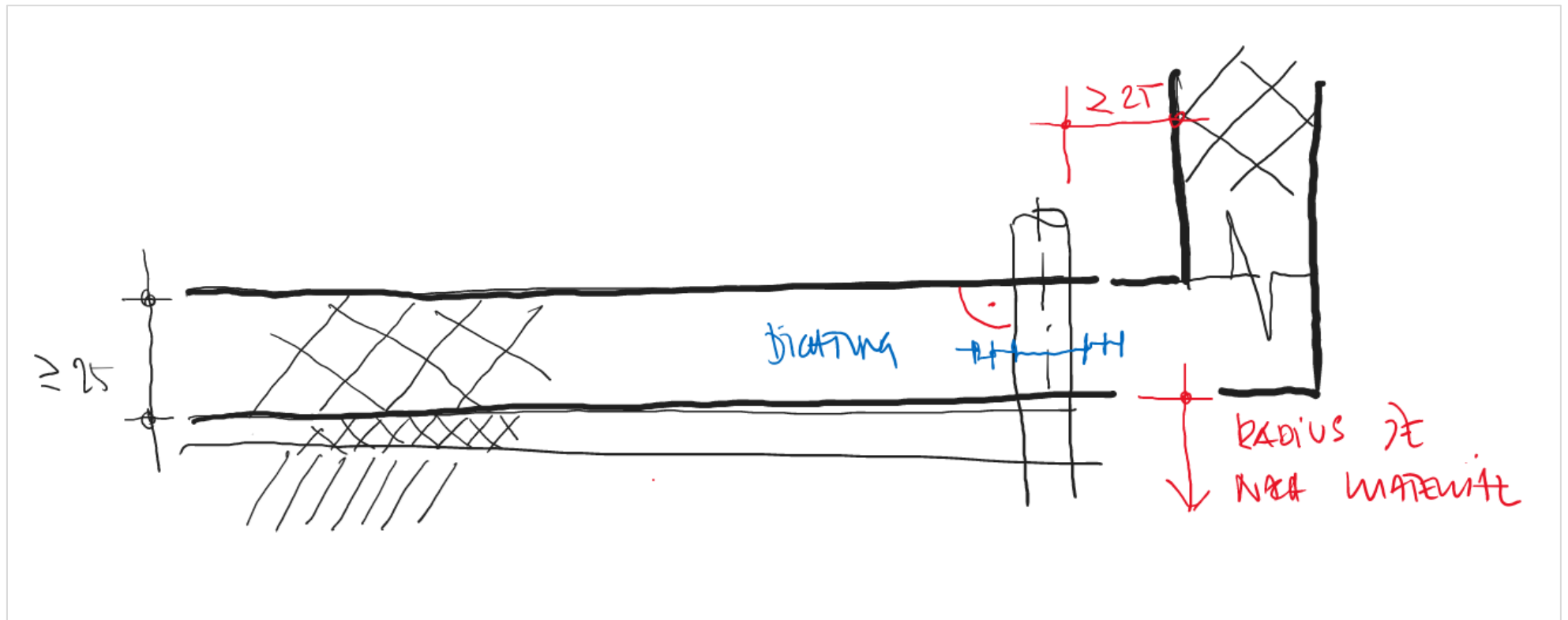
Norm SIA 272:2009

Oft vernachlässigte normative Anforderungen sind:

- Durchdringungen müssen im rechten Winkel durch das Bauwerk geführt werden.
- Zu benachbarten Fugen und Durchdringungen muss ein Abstand von ≥ 25 cm eingehalten werden.
- Unterbindung einer Kapillarleitung bei An-/Abschlüssen und Durchdringungen
- Prüfung und ggf. Massnahmen bei umläufigen Effekten an Übergängen und An-/Abschlüssen

Norm SIA 272:2009

Skizze zu den oft vernachlässigten normativen Anforderungen

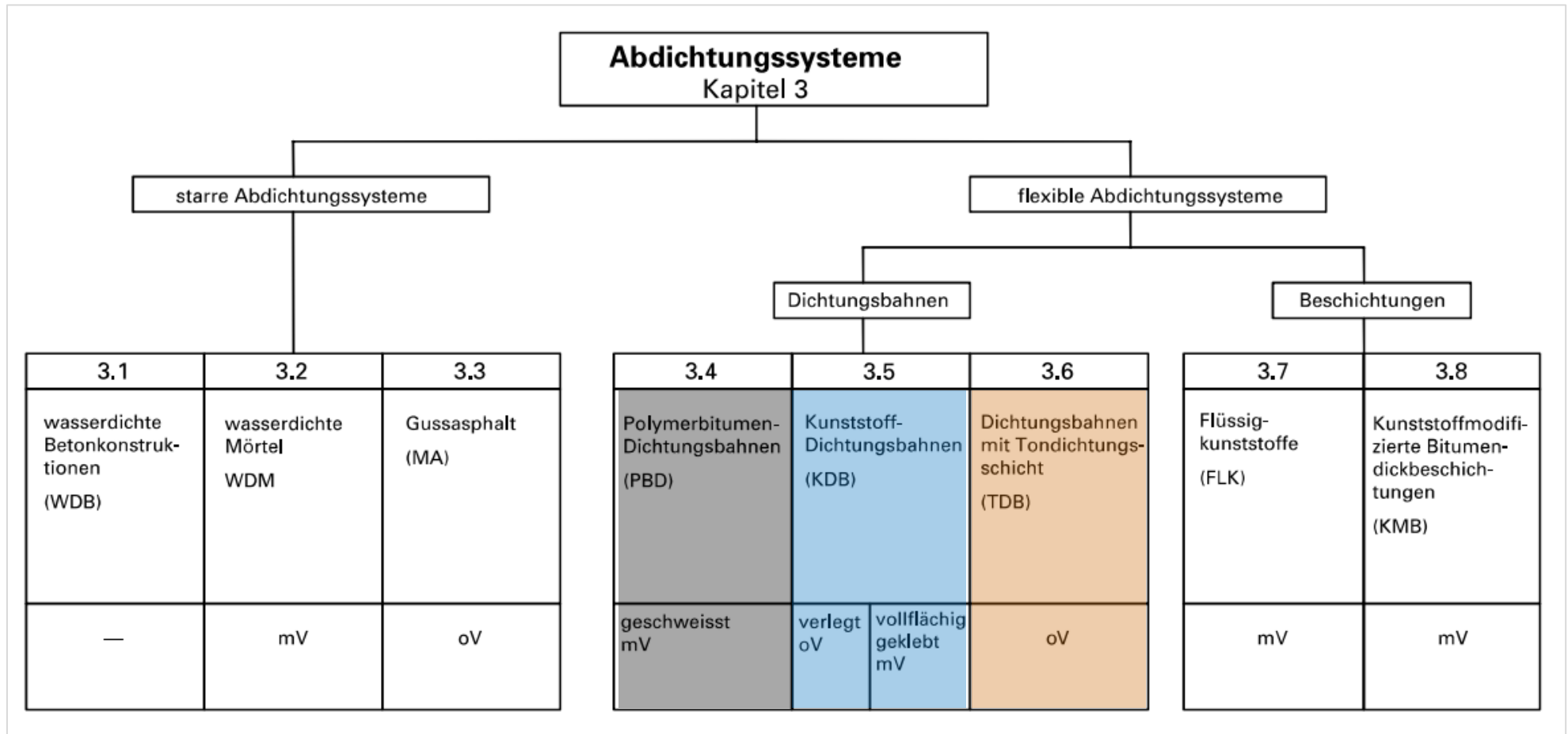


Norm SIA 272:2009

Weitere normative Ausführungsbestimmungen sind:

- wasserseitige Bewehrung mit betonverbindenden Distanzhalter verlegen
- wasser-, schnee- und eisfreie Schalung und Bewehrung
- keine Niederschläge beim Einbau
- kein Austritt von Zementmilch aus der Schalung
- Lufttemperatur ≥ -5 °C beim Einbau
- keine Erschütterungen in den ersten 7 Tagen des Abbindeprozesses
- geeignete Betonnachbehandlung

Norm SIA 272:2009



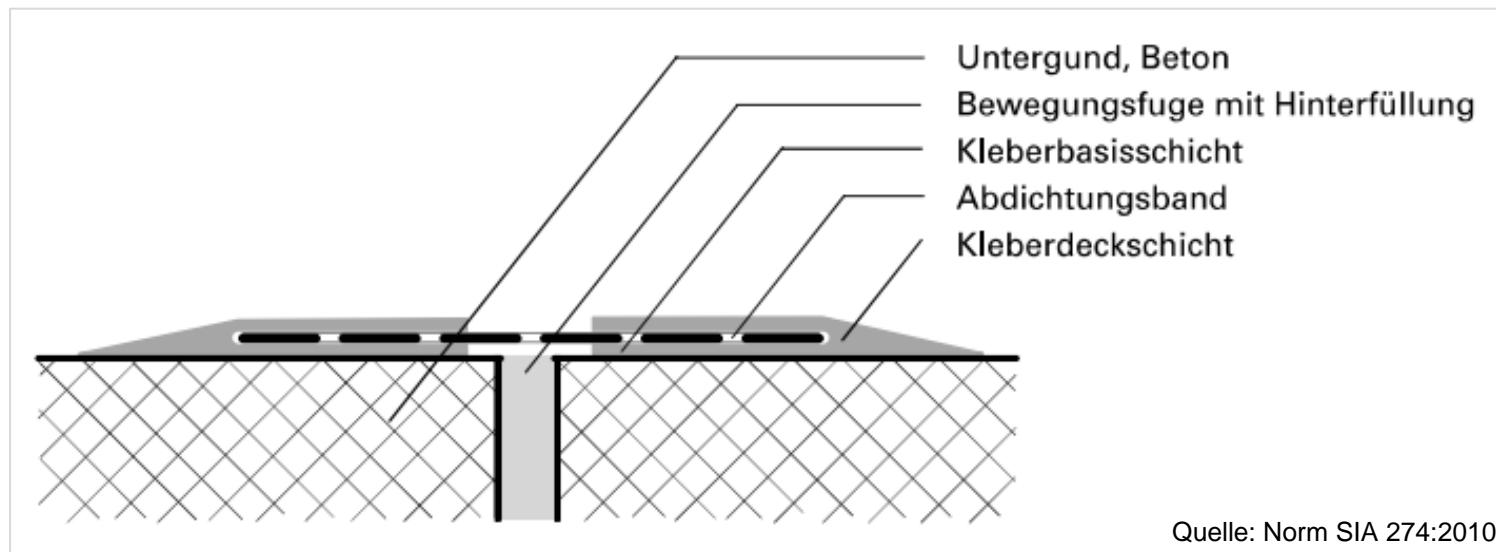
Quelle: Norm SIA 272:2009

Norm SIA 274:2010

Geklebte Abdichtungsbänder sind unter Terrain für die DK1 geeignet.

Eine systemgerechte Klebezone muss gewährleistet werden.

Die Dicke des Abdichtungsbandes resultiert aus den zu erwartenden Bewegungen und den mechanischen Belastungen.



Norm SIA 251:2008

Über Bodenplatten im Erdreich muss eine Feuchtigkeitssperre, die unter den gemauerten Wänden durchgezogen ist, verlegt sein. Die Überlappungsstösse der Feuchtigkeitssperre sind zu verkleben. An Betonwänden ist die Feuchtigkeitssperre mindestens bis auf die Höhe des Estrichs hochzuführen.

Ausflug in die Bauphysik

Untersuchungsergebnisse zu *a) Wasserlöslichkeit von Radon* zeigen, dass sich Radon leicht in Wasser löst. Somit findet ein Radontransport im (mit) Wasser statt.

Ausflug in die Bauphysik

Untersuchungsergebnisse zu *b) Eignung unterschiedlicher Baustoffe* zeigen, dass die Diffusion sehr stark von der Porenstruktur des Material abhängt – und selbstverständlich vom Gas.

Für Radon gilt bei der Dichtigkeit gegenüber der Diffusion die durchschnittliche Diffusionszeit unter dem Aspekt der Halbwertszeit von 3.8 Tagen zu berücksichtigen.

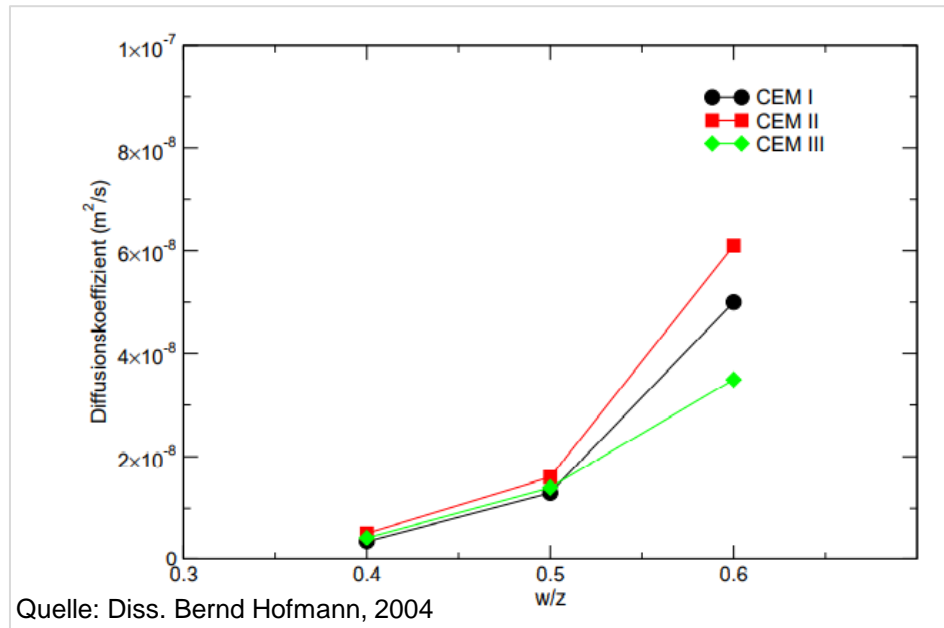
Praxishandbuch Radon

Als radondicht gilt, wenn die Relaxationslänge maximal einen Drittel der Baustoffstärke beträgt.

Die Relaxationslänge, auch Diffusionslänge genannt, ist die Wurzel des Quotienten aus dem Radondiffusionskoeffizienten und der Radon-Zerfallskonstante.

Wird dies für Baustoffe angewendet, so resultiert eine minimale Bauteilstärke, z.B. bei Stahlbeton > 175 mm oder bei BPD > 2.1 respektive 3 mm

Diss. Bernd Hoffmann, 2004



Untersuchungen zeigen, dass in Bezug der Radondichte Beton in Abhängigkeit der Zementart und des w/z-Wertes stark differenziert.

Die gemessenen Diffusionslängen für Beton mit w/z = 0.6 liegen deutlich über den allgemeinen Literaturwerten.

**Zusatzmassnahmen bei wasserdichten Konstruktionen für den
Radonschutz**

Prof. Roger Blaser Zürcher

Norm SIA 272:2009

Mögliche Zusatzmassnahmen bei WDB nach der aktuellen Norm:

- Injektionen in Form von Direktinjektionen in Risse, Arbeitsfugen, Durchdringungen und dgl. (PUR)
- Injektionen in Schläuche oder Kanäle (Arbeits- und Sollrissfugen)
- Injektionen in abgeschottete Sektoren (Abschottung durch Abschottbänder)

- Abdichtungsbänder (Hypalon mit Epoxydbeschichtung)

- Dichtringe und Flansche (EPDM mit Klemmflansch) oder Futterrohre bei Einführungen (TPE uws.)

- Kragenausbildungen (TPE usw.)

- Manschetten (EPDM)

Auf der Baustelle



Einführungen von Leerrohren als
Rohr-Bündel

Auf der Baustelle



Lage der Durchdringungen, des
Dichtkragens sowie der Bewehrung

Auf der Baustelle



Lage und Verlegeart des
Fugendichtbandes

Auf der Baustelle



Lage der Kanalisation und der Durchdringungen

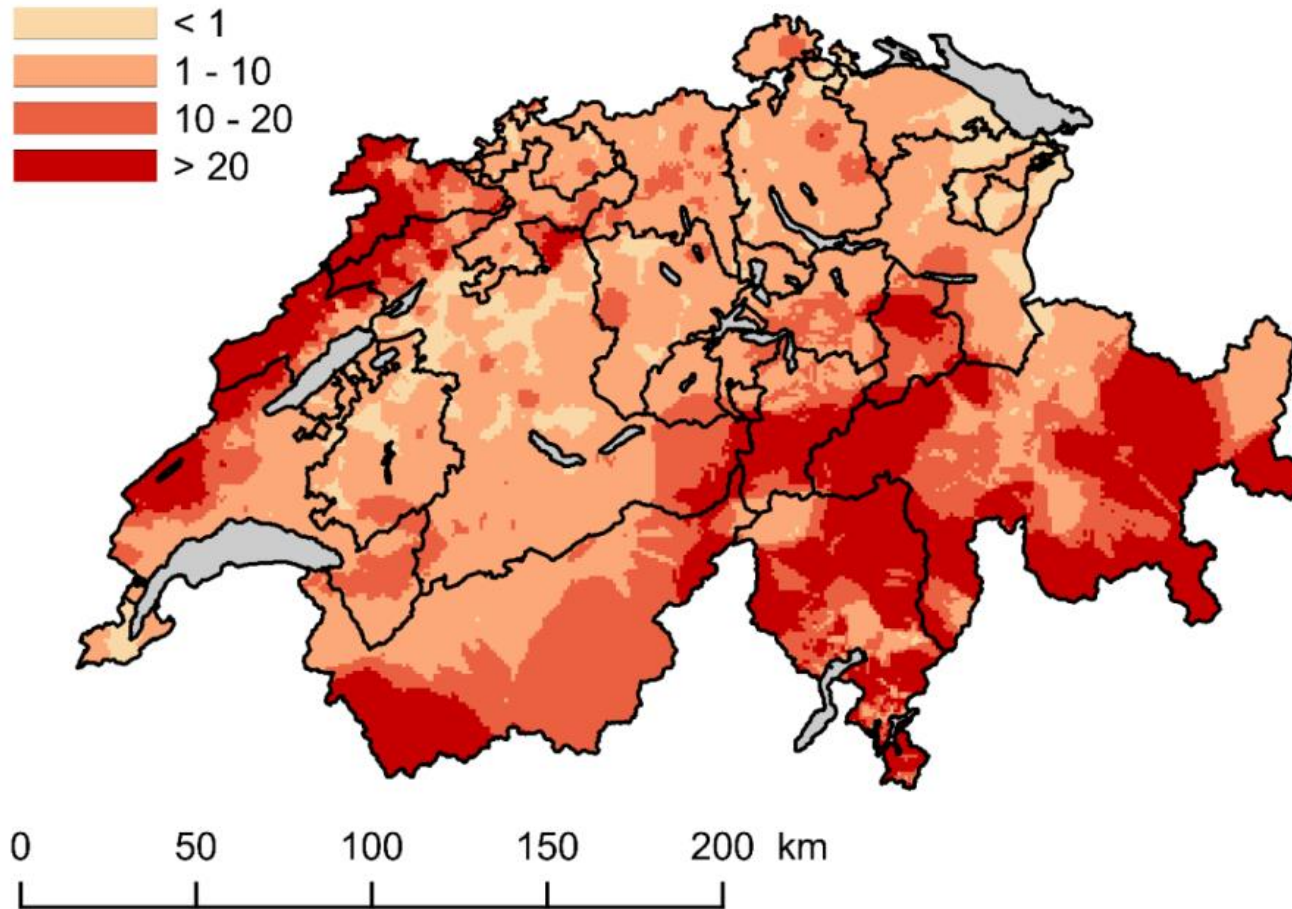
Auf der Baustelle



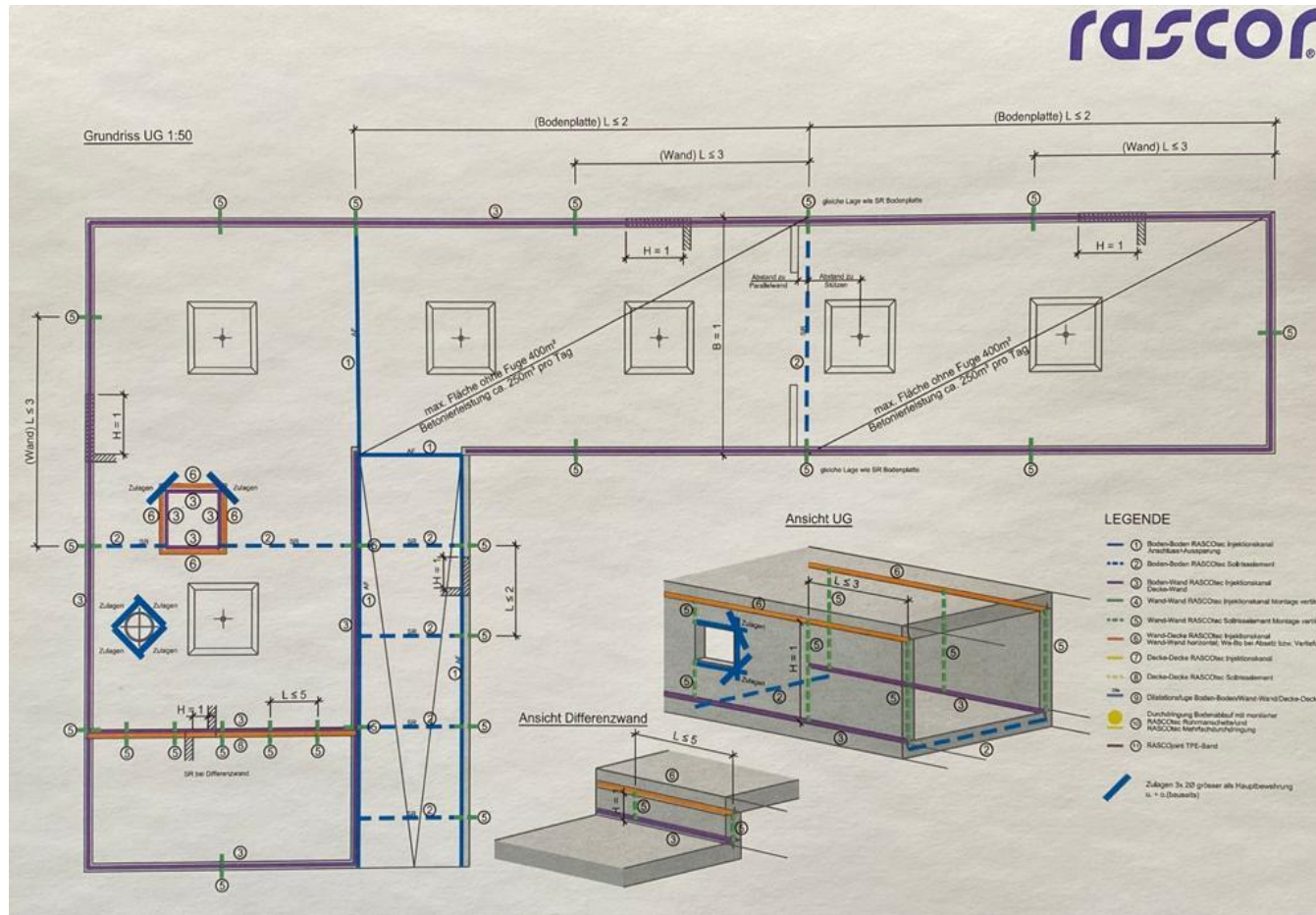
Lage der Durchdringungen

Praxisbeispiele

Adrian Imhof, Rascor Abdichtungen AG



Quelle: BAG Bundesamt für Gesundheit, 2018



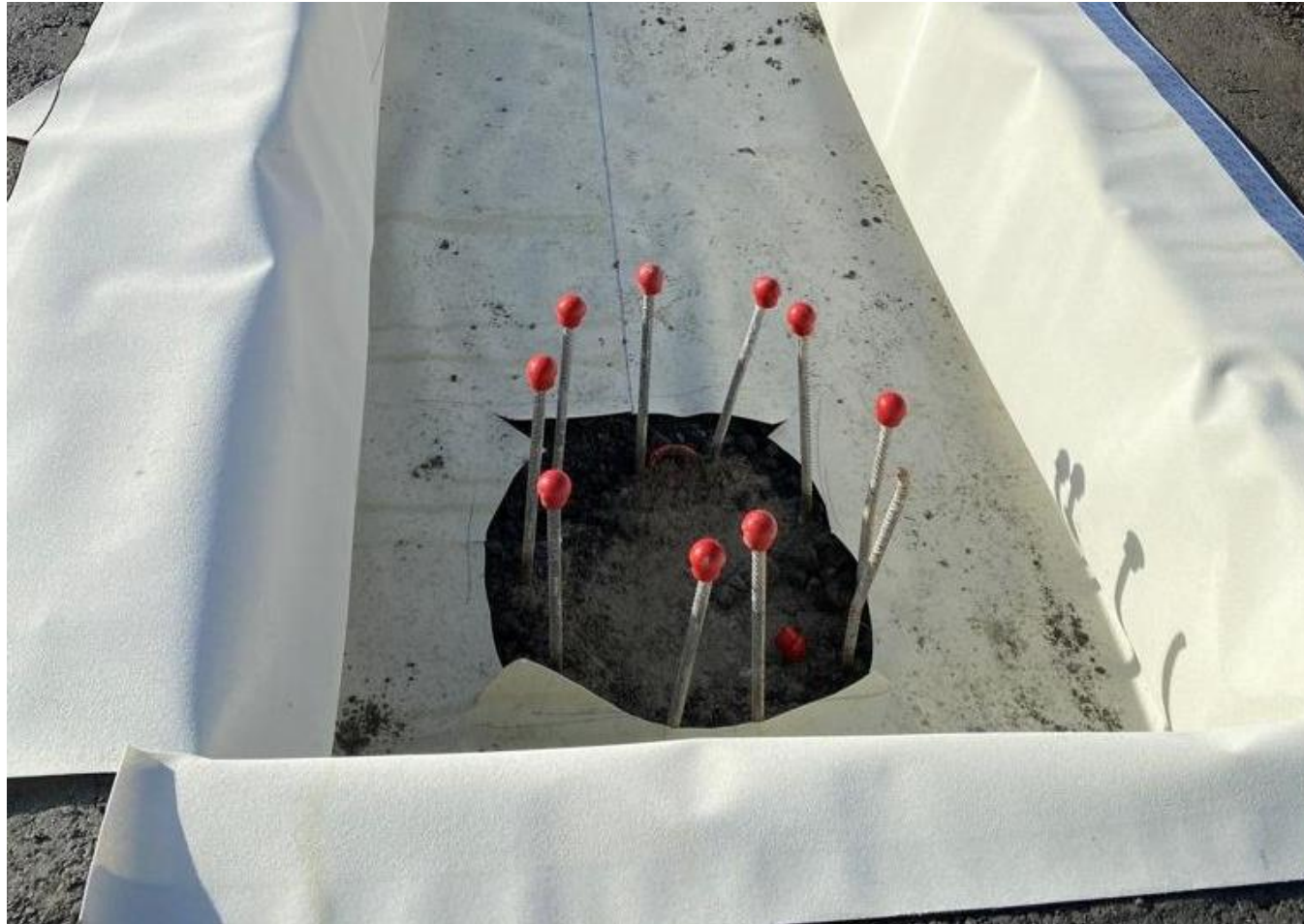
Abdichtungskonzepte sollen durch Spezialisten geplant werden



Fehlende oder ungenügende Sauberkeitsschicht



Intakte und den Vorgaben entsprechende Sauberkeitschicht



Frischbetonverbundfolien



Sauber durchgehende Frischbetonverbundfolie



Abstände zwischen Durchdringungen einhalten



Richtige Lage der Abdichtungssysteme



Rohrbündel müssen unbedingt vermieden



Rohre durch Fugen



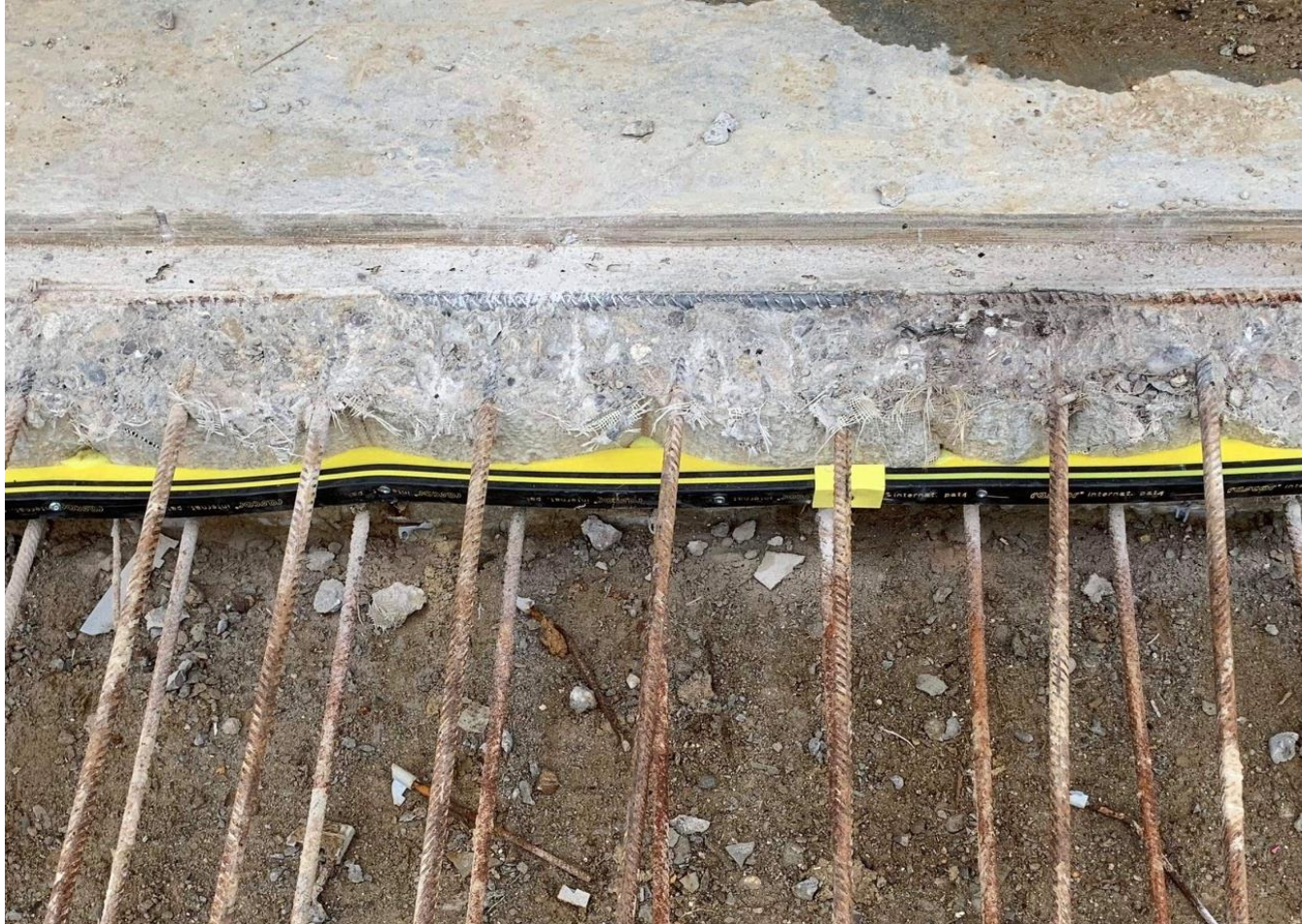
Nachträgliche Durchdringungen planen



Abschalungssysteme



Abschalungssysteme



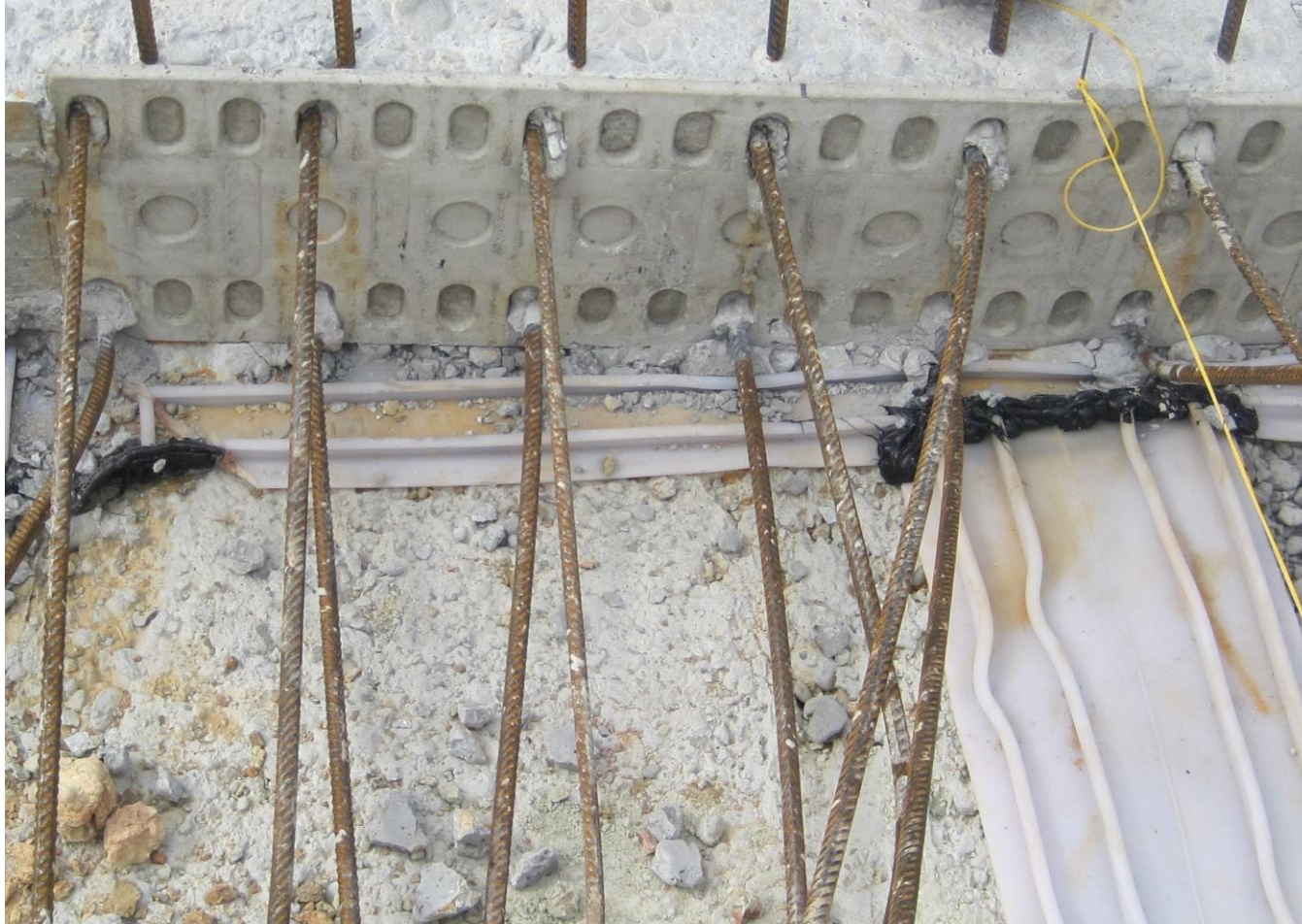
Abschalungssysteme



Abschalungssysteme



Abschalung



Aussenliegende Fugenbänder



Weiterführende Abdichtungen planen



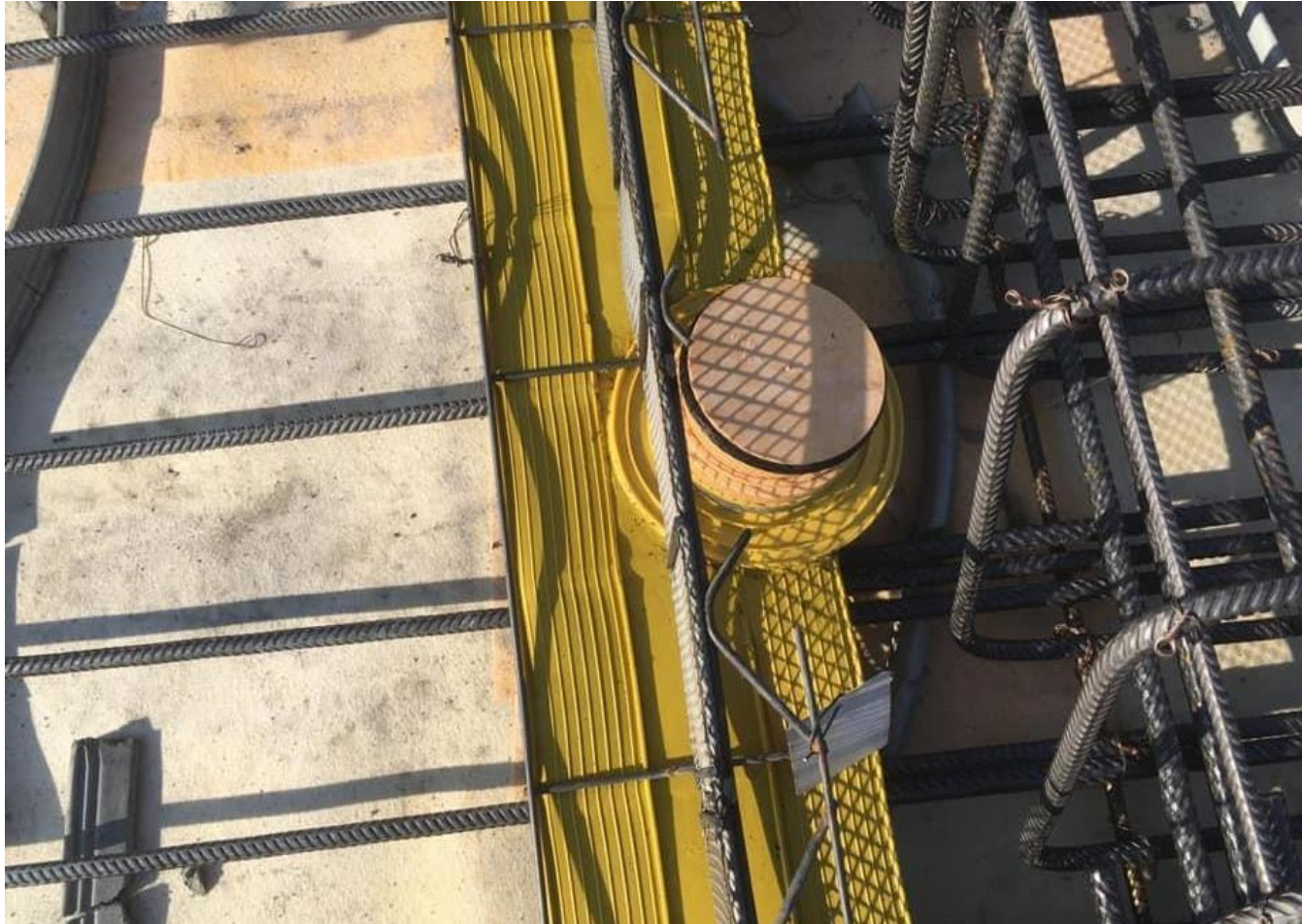
Korrektter Einbau des Abdichtungsproduktes



Systemübergänge planen



Systemübergänge planen



Rohrdurchdringungen



Die Wahl der Qual...

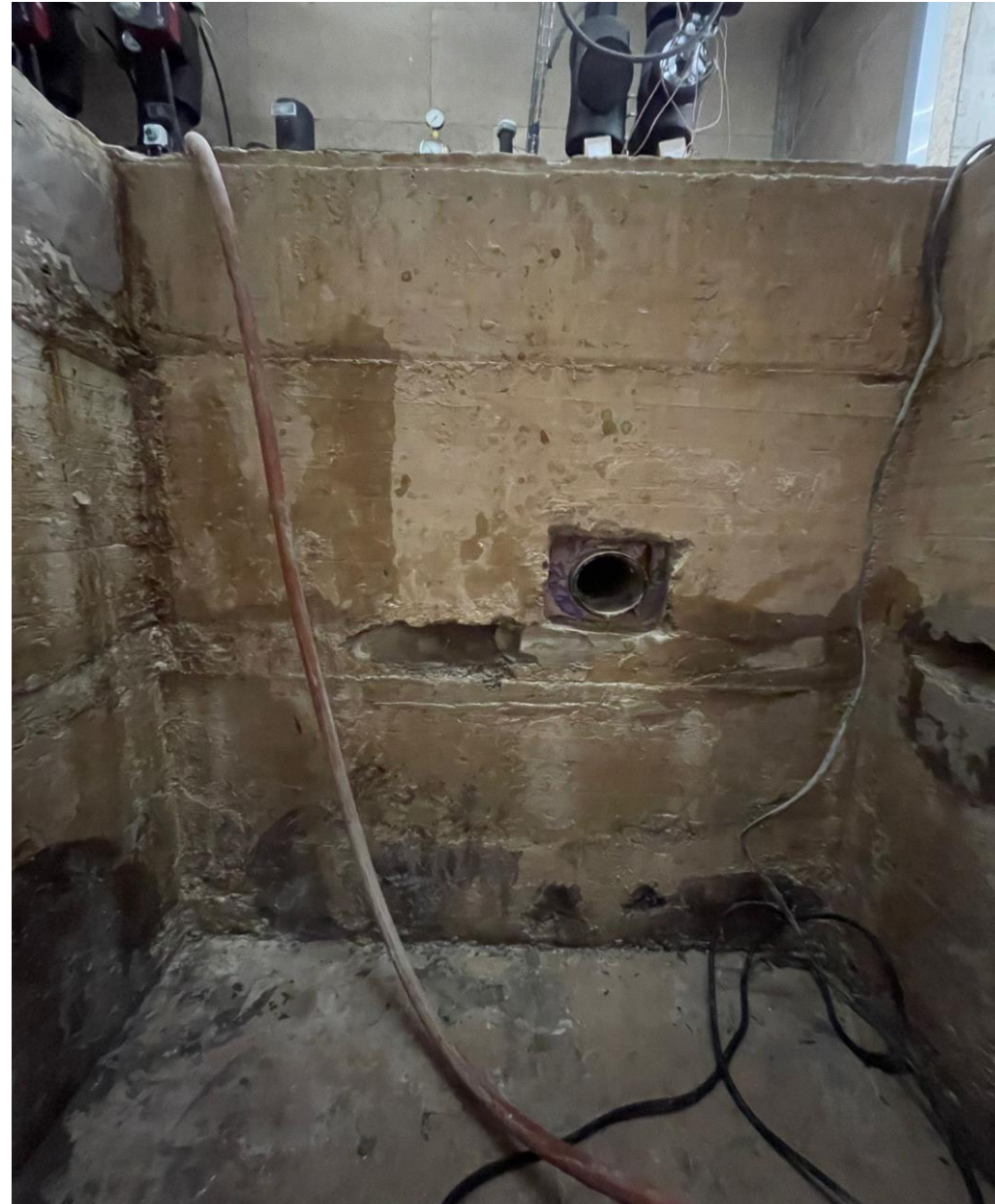


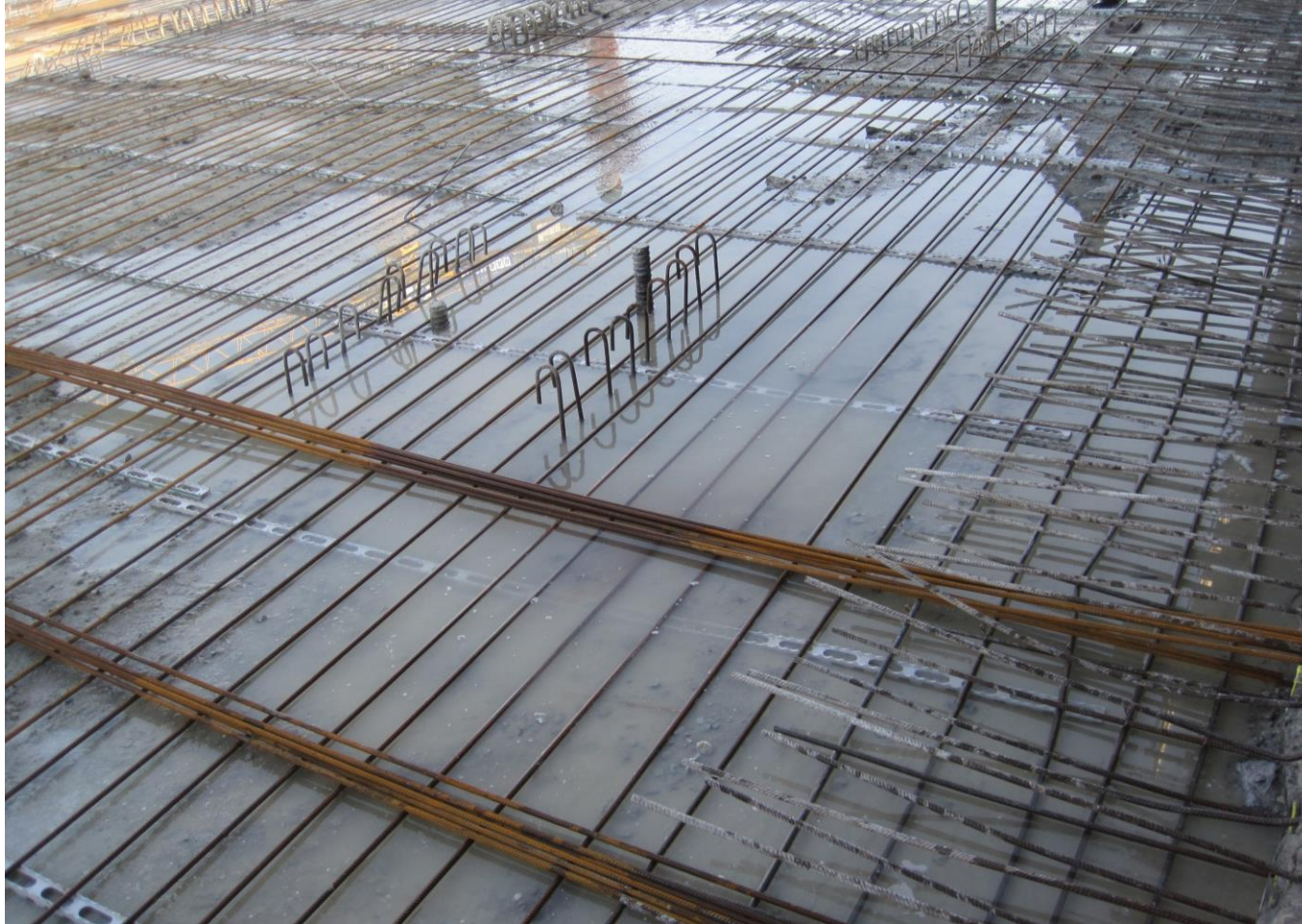
Beton und deren Verarbeitung



Gefügestörungen

Gefügestörungen im Beton





Wasserhaltung?



Betonieren ins Wasser



Durchgehende Kapilarpore



Dichtes Bauwerk im und am Wasser



Fazit

wasserdicht \cong radondicht

Eine wasserdichte Konstruktion ist radondicht, wenn alle normativen Anforderungen an WDB-Konstruktionen erfüllt werden und zusätzlich geeignete Zusatzmassnahmen getroffen werden. Bei den Zusatzmassnahmen betrifft dies speziell die Verwendung geeigneter Produkte/Baustoffe.

Es bedarf jedoch immer einer detaillierten Planung, umfangreich kontrollierten Ausführungen und Nachbearbeiten. Ein Prüf- und Kontrollplan ist hierzu eine Voraussetzung.

Termine

18.08.2022 «Start» der Ausbildung Radonfachperson FHNW

09.11.2022 Radontag FHNW

04.11.2022 Weiterbildungs-Halbtageskurs Radonbrunnen/-drainage

11.11.2022 Weiterbildungs-Halbtageskurs Radonbrunnen/-drainage

www.fhnw.ch/de/die-fhnw/hochschulen/architektur-bau-geomatik/institute/ineb/ineb-fachstellen/radon