3 ABDICHTUNGSSYSTEME

3.1 Wasserdichte Betonkonstruktionen (WDB)

3.1.1 Beschrieb des Systems

Das Abdichtungssystem besteht aus einem wasserdichtem Betonbauwerk und den nachfolgend beschriebenen zugehörigen Massnahmen, z.B. Abdichtung von Fugen und Durchdringungen, Injektionen in Risse, Arbeitsfugen und Sollrisse.

Das System kann bei drückendem und bei nicht drückendem Wasser, auf horizontalen, vertikalen und Überkopfflächen eingesetzt werden.

Die geforderte Dichtigkeitsklasse eines Betonbauwerks wird erreicht, wenn ein bauphysikalisches Konzept, ein kleines Kapillarvolumen, eine geringe Dampfdiffusion, eine feine Verteilung von Feinrissen und die Einbaubedingungen für den Beton sichergestellt sind und zugehörige Massnahmen eingeplant werden.

3.1.2 Anforderungen an Baustoffe

3.1.2.1 Für wasserdichte Betonbauwerke kann sowohl Beton nach Eigenschaften als auch Beton nach Zusammensetzung verwendet werden.

Für Beton nach Eigenschaften müssen tiefe Druckfestigkeiten und hohe Wasser-Eindringwiderstände gewählt werden, z.B. die Expositionsklasse XC2 nach Norm SIA 262, aber mit einer Wasser-Eindringtiefe $e_W \leq 50$ mm nach SN EN 12 390-8.

Für Beton nach Zusammensetzung gelten folgende Richtwerte: $W/Z \leq 0{,}55$, allenfalls mit Zugabe von Betonverflüssiger, Zementgehalt entsprechend der Aggregatkörnung (Sieblinie) ≥ 280 kg/m^3, ergänzt mit mineralischen Feinststoffen, Zementarten mit möglichst geringer Wärmeentwicklung.

Wenn Chloride, Frost und/oder Frosttausalz einwirken, ist die Beton-Expositionsklasse nach Norm SIA 262 zu wählen bzw. die Betonzusammensetzung anzupassen.

3.1.2.2 Für bauphysikalische Berechnungen ist von einem Wasserdurchgang von einigen g / m^2 × h auszugehen. Der diffusionsbedingte Wasserdurchgang nimmt mit dem Alter des Betons ab und beträgt bis ca. 10 g / m^2 × h. Siehe Norm SIA 262/1, Tabelle 6, und k-Werte nach Darcy für Beton.

3.1.2.3 Die Anforderungen an weitere Baustoffe sind im Anhang C.1 beschrieben.

3.1.3 Konstruktive Anforderungen

3.1.3.1 Unter der Bodenplatte ist eine durchgehende Sauberkeitsschicht, z.B. Magerbeton, vorzusehen.

Für wasserdichte Betonkonstruktionen gelten die Anforderungen gemäss Typ oV (ohne Verbund), siehe Anhang B.1.

Für die Abdichtung von Fugen, Durchdringungen und dgl. gelten – abhängig von der Konstruktionsart – die Anforderungen gemäss Typ oV (ohne Verbund) oder gemäss Typ mV (mit Verbund), siehe Anhang B.1.

Die Vorbehandlung richtet sich nach den Anforderungen an den Untergrund, siehe Anhang B.

Werden die Anforderungen an die Rauigkeit oder Ebenheit nicht erfüllt, sind Ausgleichsschichten vorzusehen, siehe Anhang C.10.

3.1.3.2 Eine Trennlage ist vorzusehen, wenn ein Verbund zwischen Betonbauwerken und Untergrund sich nachteilig auf Schwind- und Zwängungsverformungen auswirkt. Zu beachten sind Bodenplatten und einhäuptig geschalte Bauteile.

Einfache statische Modelle und die Anordnung von Fugen können Zwängungseffekte vermindern.

Auf Wärmedämmungen unter der Bodenplatte ist in jedem Fall eine Trennlage vorzusehen.

3.1.3.3 Die Abmessung eines Bauteils soll möglichst gleich bleibend sein und muss mindestens 250 mm betragen.

Absätze und Vertiefungen, welche das Schwinden in horizontaler und vertikaler Richtung behindern und zu Rissen führen können, sind besonders zu beachten. Gebräuchliche Vorkehren sind eine geeignete Bewehrung (evtl. Vorspannung) oder eine Vereinfachung des statischen Modells und der Einbau von Fugen.

Die Betonieretappen ohne Fugen dürfen in horizontalen Flächen 600 m^2 nicht überschreiten und müssen ein möglichst quadratisches Mass aufweisen. Seitenverhältnisse von mehr als 1:3 sind zu vermeiden. Die Betonieretappen sind im Projekt zu definieren.

Kanalisationsrohre und dgl. müssen ausserhalb des Bauwerks geführt werden. Ist dies nicht möglich, muss die minimale Betonüberdeckung 250 mm betragen, der Betonquerschnitt darf um nicht mehr als 25% verkleinert werden, und die Verkleinerung des Betonquerschnitts ist bei der Bewehrung zu berücksichtigen. Rohrbündel, d.h. das Verlegen mehrerer Rohre nebeneinander oder übereinander, müssen vermieden werden.

Für eine wirksame Oberflächen-Entwässerung ist ein Gefälle von mindestens 1,5% vorzusehen. Masstoleranzen und Verformungen sind dabei zu berücksichtigen.

3.1.3.4 Risse in Betonbauwerken sind unvermeidbar. Sie sind die Folge von Einwirkungen wie Schwinden und Kriechen des Betons, Zwängungseffekten, Wärme- und Lasteinwirkungen, Baugrundverformungen, Verschleiss, chemischen Einwirkungen (z.B. Chloride), Alkali-Aggregat-Reaktionen, biologischen Einwirkungen. Die Einwirkungen können permanent oder temporär auftreten.

Risse können bereits ab einer Breite von 0,1 mm wasserführend werden. Schon im Projekt ist festzulegen, wie die Rissbildung mittels Bewehrungsgehalt und -führung und Sollrisselementen beeinflusst werden soll. Dennoch auftretende Risse werden mittels geklebter Bänder oder Kunstharzverpressungen abgedichtet.

Rissbreitenänderungen sind die Folgen der oben genannten Einwirkungen. Sie treten wiederkehrend statisch oder dynamisch auf. Sie sind im Projekt zu bestimmen. Die Wahl der geeigneten Baustoffe für die Abdichtung von Rissen (Injektionsstoffe, geklebte Bänder) ist abhängig von zu erwartenden Breitenänderungen.

Zur Minimierung der Rissbildung wird folgende Mindestbewehrung empfohlen:

$$A_{s\,min} = \frac{fctd * Act}{\sigma_{adm}}$$

Für Dichtigkeitsklasse 1 ist $\sigma_{adm} = 360\sqrt{\frac{10}{\varnothing}}$ N/mm²

Für Dichtigkeitsklasse 2 ist $\sigma_{adm} = 435\sqrt{\frac{10}{\varnothing}}$ N/mm²

Für Dichtigkeitsklasse 3 ist $\sigma_{adm} = 500\sqrt{\frac{10}{\varnothing}}$ N/mm²

$\varnothing$ = gewählter Stabdurchmesser in mm

Ab einer Bauteildicke von etwa h = 0,80 m kann eine wirksame Bauteildicke h' gemäss folgender Tabelle eingesetzt werden.

Tabelle 6 Wirksame Bauteildicken in m bei Zugbeanspruchung

Wahre Bauteildicke h	0,80	0,90	1,00	1,10	1,20	1,30	1,40	1,50	≥ 1,60
Wirksame Bauteildicke h'	0,80	0,87	0,94	1,00	1,04	1,08	1,12	1,16	1,20

Über 1,60 m bleibt die wirksame Bauteildicke 1,20 m, es wird davon ausgegangen, dass der Wirkungsbereich des Querschnittes maximal 0,60 m beträgt.

SIA 272, Copyright © 2009 by SIA Zurich

Die mit diesen Formeln berechneten Werte für die Spannungsbegrenzung liegen zwischen den Werten in den Kurven B und C der Figur 31 in der Norm SIA 262.

Die Abstände der Bewehrung dürfen bei den Dichtigkeitsklassen 1 bis 3 nicht mehr als 150 mm betragen. Die Norm SIA 262, Ziffer 5.2.3, betreffend Minimalabstände ist zu beachten.

Ohne zusätzliche Massnahmen sind in Abhängigkeit von der Bewehrung rechnerisch etwa folgende Rissbreiten zu erwarten:
- Dichtigkeitsklasse 1 0,1 bis 0,2 mm
- Dichtigkeitsklasse 2 0,2 bis 0,4 mm
- Dichtigkeitsklasse 3 0,4 bis 0,7 mm

Die Rissbreiten können verkleinert werden, wenn unbehindertes Schwinden und Gleiten der Bodenplatte auf dem Untergrund (keine Reibungskräfte) nachgewiesen wird und wenn Sollrisselemente, einfache Statikmodelle inkl. Fugeneinteilung und geeignete Fugendichtungssysteme vorgesehen werden.

Für Bauwerke der Dichtigkeitsklasse 4 gelten keine speziellen Empfehlungen.

3.1.3.5 Wenn Risse Wasser führen, darf ein zu erwartender Sinter nicht zum Nachweis der Dichtigkeitsklasse und der Gebrauchstauglichkeit herangezogen werden.

3.1.3.6 Fugen werden mittels Fugenbändern oder Injektionen abgedichtet, siehe auch Ziffer 2.4.6. Die Wahl der geeigneten Baustoffe ist abhängig von den zu erwartenden Bewegungen. Die konstruktive Ausbildung wie z.B. Stützkonstruktion bei Wasserdruck richtet sich nach den Einwirkungen.

Geklebte Fugenbänder sind auf der Wasserseite des Bauwerks einzubauen. Falls die Wasserseite nicht zugänglich ist, können sie auf der dem Wasser abgewandten Seite angeordnet werden.

In Bewegungsfugen mit geklebtem Fugenband in Kombination mit Randfugenband muss das Randfugenband bis über den Projektwasserstand geführt werden.

3.1.3.7 Anschlüsse an Durchdringungen müssen abgedichtet werden, siehe auch Ziffer 2.4.8. Der Anschluss an das Betonbauwerk erfolgt z.B. mittels Dichtungsmanschetten, geklebter Bänder oder Flüssigkunststoff.

Durchdringungen müssen im rechten Winkel durch das Betonbauwerk geführt werden. Zu benachbarten Fugen und Durchdringungen muss ein Mindestabstand von 250 mm eingehalten werden.

3.1.3.8 Übergänge, siehe Ziffer 2.2.7.5.

3.1.3.9 Injektionen, siehe Kapitel 4.

3.1.3.10 Wasserdichte Betonkonstruktionen erfordern keine vollflächigen Schutzschichten.

Fugendichtungen und Abdichtungen von Durchdringungen sind z.B. mittels Schutzbahnen, Schutzmatten (siehe Anhang C.10) oder mittels Blechen hinreichend zu schützen. Schutzschichten müssen fixiert werden.

3.1.3.11 Das Bauwerk muss in Schichtenfolge mit geeigneten Baustoffen und Geräten hinterfüllt/überdeckt werden, so dass Fugendichtungen, Schutz- und Drainageschichten und Wärmedämmschichten beim Einbau und während der Nutzungsdauer nicht beschädigt werden.

3.1.3.12 Als Rückfallebene dienen Leckwasserableitungen. Ihr Unterhalt kann optimiert werden, wenn Stutzen, Schächte und dgl. zur Reinigung in hinreichender Zahl eingerichtet werden.

3.1.3.13 Prüfungen sind gemäss Ziffer 2.4.5 vorzusehen, und Anhang C.1 ist zu beachten.

3.1.4 Anforderungen bei der Ausführung

3.1.4.1 Beim Einbau des Betons dürfen keine starken Niederschläge fallen, und die Lufttemperatur muss > –5 °C liegen. Die Nachbehandlung ist in Tabelle 7 beschrieben.

Für den Einbau von zugehörigen Massnahmen, z.B. geklebten Bändern mit Kunststoff-Dichtungsbahnen (KDB), gelten die Angaben unter Ziffer 3.5, für Injektionen gilt Kapitel 4.

3.1.4.2 Die Anforderungen an den Untergrund sind im Projekt vorzugeben. Siehe Anhang B.

Untergrund, Bewehrung und Schalung müssen wasser-, schnee- und eisfrei sein.

Die Magerbetonschicht muss sauber abgezogen werden.

Arbeitsfugen sind zu reinigen (Niederdruck-Wasserstrahlen).

3.1.4.3 Die Stösse von flexiblen Trennlagen sind etwa 300 mm zu überlappen.

Vertikale Trennlagen sind so einzubauen, dass sie hinreichend Widerstand gegen Beschädigung beim Einbringen des Betons bieten.

3.1.4.4 Erschütterungen während des Betonabbindprozesses, z.B. durch Ziehen von Spundwänden, sind ein Risiko. Folgende Bedingungen sind einzuhalten:
- Der Beton muss etwa 7 Tage alt sein, und die Druckfestigkeit soll mindestens 50% des charakteristischen Wertes der 28-Tage-Druckfestigkeit erreichen.
- Ziehgeschwindigkeiten sind in Funktion der Frequenzen festzulegen. Siehe Norm SN 640 312.

3.1.4.5 Aus der Schalung für wasserdichte Betonbauwerke darf keine Zementmilch austreten. Zu beachten sind Boden/Wand- und Wand/Decken-Anschlüsse und Wand/Wand-Übergänge. Die Bindstellen sind abzudichten.

3.1.4.6 Die Festigkeitsentwicklung des Betons ist in der Norm SN EN 206-1 beschrieben. Langsame Festigkeitsentwicklung erhöht die Qualität.

Das Grösstkorn eines Vorlagebetons, z.B. in Boden/Wand-Anschlüssen, soll bis maximal zwei Stufen niedriger sein als jenes des Konstruktionsbetons, jedoch nur bis zu einer minimalen Korngrösse von ∅ 8 mm.

Vorlagemörtel sind nicht zugelassen.

3.1.4.7 Sicherung der Bewehrungslage und der Einbauten

Für die Dichtigkeitsklassen 1 und 2 gelten folgende Anforderungen:
- Für die wasserseitige Bewehrungslage sind Distanzhalter wie z.B. Betonklötzchen zu verwenden, welche sich mit dem Beton verbinden.
- Distanzkörbe sind auf der Bewehrungslage der Gegenseite abzustellen.
- Einbauten, z.B. Durchdringungen, müssen an der Bewehrung befestigt werden.

3.1.4.8 Die Betonverarbeitung ist in der Norm SIA 262, Ziffer 6.4, beschrieben.

Die Nachbehandlung ist nach den Kriterien der Tabelle 7 durchzuführen:

Tabelle 7 Nachbehandlung des Betons

Massnahmen	Lufttemperaturen in °C			
	unter −3°	−3° bis +5°	+5° bis +25°	über +25°
Abdecken oder Feuchthalten durch kontinuierliches Benässen; Holzschalungen nässen; Stahlschalungen vor Sonneneinstrahlung schützen			X	X
Abdecken			X	
Abdecken und Wärmedämmung, Verwendung von wärmedämmender Schalung		X		
Abdecken und Wärmedämmung, Betontemperatur mindestens 3 Tage lang auf +10 °C halten (Bauteil umschliessen und beheizen). Diese Massnahmen sind auch beim Einbau einer Wärmedämmung unter der Bodenplatte erforderlich	X			

SIA 272, Copyright © 2009 by SIA Zurich

3.1.4.9 Fugendichtungen sind so einzubauen, dass ihre Bewegungen nicht behindert werden. Sie sind zu schützen, damit sie nicht beschädigt, verschoben oder verschmutzt werden.

3.1.4.10 Bei Randanschlüssen, An-/Abschlüssen und Anschlüssen an Durchdringungen müssen wasserleitende Kapillaren verhindert werden.

3.1.4.11 Übergänge, siehe Ziffer 2.2.7.5.

3.1.4.12 An Übergängen und Randanschlüssen ist zu prüfen, ob vorhandene Fugen oder Risse im Ab-/Anschlussbereich zu umläufigen Effekten im Abdichtungssystem führen können. Jeder Einzelfall ist zu beachten. Umläufige Effekte müssen mittels Flüssigkunststoff, geklebter Bänder oder Rissverfüllung verhindert werden. Die Risiken sind in Ziffer 2.4.3 beschrieben.

3.1.4.13 Das Bauwerk muss mit geeigneten Baustoffen und Geräten in Schichtenfolge hinterfüllt/überdeckt werden, siehe Ziffer 3.1.3.11.

3.1.4.14 Vorkehren, welche als Rückfallebene dienen, z.B. Leckwasserableitungen, sind bei der Werkabnahme zu prüfen.

3.1.4.15 Prüfungen sind gemäss Ziffer 2.4.5 auszuführen, und Anhang C.1.2 ist zu beachten.