

# WU-Beton, Dichtbeton und Weiße Wanne

Die Anforderung hinsichtlich „Wasserundurchlässigkeit“ bzw. „Wasserdichtheit“ an ein Betonbauwerk oder Betonbauteil basiert auf festgelegten technischen Kriterien, welche sich aus den verschiedenen Forderungen an die Gebrauchstauglichkeit ergeben.

Die Eigenschaftswörter „wasserundurchlässig“ bzw. „wasserdicht“ sind *a priori* sehr weit gedehnte Begriffe, gleich zu verstehen wie etwa die Adjektive „hoch“, „weit“, „tief“, „dünn“ etc.

Demzufolge müssen diese Begriffe vorab vom Planer genau spezifiziert werden, um am Bauwerk selbst die gewünschten Gebrauchseigenschaften zu erzielen. Die Erfahrungen aus der Vergangenheit haben gezeigt, dass diese Begriffe beim Auftraggeber, Planer und Auftragnehmer teilweise unterschiedlich aufgefasst und folglich auch unterschiedlich ausgelegt wurden. Wasserundurchlässig ist eben nicht gleich wasserdicht!

Der folgende Aufsatz soll einen tieferen Einblick in die Materie gewähren, um vorhandene Auffassungsunterschiede der am Bau beteiligten Parteien hintanzuhalten. Zu den einzelnen Begriffsbestimmungen werden relevante Normen, Richtlinien und Literaturstellen zitiert.

## 1. Wasserundurchlässiger Beton – WU-Beton

Der Begriff „wasserundurchlässiger Beton“ (WU-Beton) ist definiert in ÖNORM B 4710-1<sup>1</sup> und bezeichnet eine Betonsorte, welche in Österreich einer Mindestanforderung hinsichtlich ihrer Betonzusammensetzung genügen muss.

WU-Betone werden in Österreich primär durch die Expositionsclassen XC3 und XC4 beschrieben.

Die Expositionsklasse XC3 gilt für Wasserbauten und dichte Betonbauwerke, die mäßigem Wasserdruck (Wasserdruckhöhe  $\leq 10$  m) ausgesetzt sind.

Die Expositionsklasse XC4 gilt für Wasserbauten und dichte Betonbauwerke, die hohem Wasserdruck (Wasserdruckhöhe  $> 10$  m) ausgesetzt sind.

Wird ein Nachweis der Wasserundurchlässigkeit am Festbeton gefordert, so darf die mittlere Wassereindringtiefe für XC3 nicht größer als 50 mm und für XC4 nicht größer als 25 mm sein. Bei dieser Prüfung handelt es sich um eine Laborprüfung nach ONR 23303.<sup>2</sup>

Neben der Klassifizierung der Wasserdruckhöhe bzw. mittleren Wassereindringtiefe müssen WU-Betonsorten bei Bedarf zusätzlich auch weitere Umweltklassen erfüllen,

wie chemischer Angriff XA, Chloridangriff XD, Frostangriff XF und Verschleiß XM.

Exemplarisch sind folgende Betonsorten geeignet:<sup>3</sup>

- Wasserdruckhöhe bis 10 m (unter der Frostgrenze bei chemisch nicht angreifendem Grundwasser): C20/25/XC3 (A) (Kurzbezeichnung C20/25/B1);
- Wasserdruckhöhe über 10 m (chemisch schwach angreifende Umgebung, Frostangriff mit mäßiger Wassersättigung ohne Taumittel, Korrosion durch Chloride in nasser und selten trockener Umgebung): C25/30/XC4/XD2/XF1/XA1L/SB (A) (Kurzbezeichnung: C25/30/B4);
- Wasserdruckhöhe über 10 m (chemisch schwach angreifende Umgebung, Frostangriff mit hoher Wassersättigung mit Taumittel, Korrosion durch Chloride in wechselnd nass/trockener Umgebung): C25/30/XC4/XD3/XF4/XA1L/SB (A) (Kurzbezeichnung: C25/30/B7);
- Schlitzwände (gemäß ÖNORM EN 1538) bei Wasserdrücken über 10 m (chemisch schwach angreifendes Grundwasser über der Frostgrenze): C25/30/XC4/XD2/XF1/XA1L/UB1 (A) (Kurzbezeichnung: C25/30/B12).

WU-Betonsorten definieren somit lediglich eine Materialanforderung und erheben keineswegs Anspruch auf eine Bauteileigenschaft! Hier werden ausnahmslos Materialkennwerte nachgewiesen, welche üblicherweise nach genormten Prüfverfahren durchgeführt werden.

Die Materialanforderung (Betonsorte) stellt aber einen wichtigen Baustein dar, um Bauteilanforderungen zu erfüllen und in weiterer Folge zu gewährleisten.

Sämtliche Anforderungen an die Betonsorte, das beinhaltet zum einen die Druckfestigkeitsklasse und zum anderen alle möglichen Expositionsclassen, müssen vom Planer definiert und festgelegt werden. Es sei an dieser Stelle auch darauf hingewiesen, dass der Ausführende seiner Prüf- und Warnpflicht nach ÖNORM B 2211<sup>4</sup> nachzukommen hat.

## 2. Dichtbeton

Der Terminus „Dichtbeton“ ist ein Begriff, der sich großer Beliebtheit unter „Experten im Bauwesen“ erfreut, tatsächlich aber in keiner Norm oder Richtlinie definiert ist. Die Gebrauchstauglichkeitsanforderung „dicht“ ist im Bauvertrag zu definieren. Erfolgt keine genaue Festlegung, resultiert aus der Divergenz der subjektiven Auslegung unter den Beteiligten der Streit.

Die Technik ist eine Naturwissenschaft und basiert auf quantitativen Parametern. Wie schon eingangs erwähnt, müssen Anforderungen an Grenzwerte geknüpft sein. Nur dann ist ein Gedanke (Planung) technisch realisierbar und letztlich auch bewertbar.

Das Wort „dicht“ kommt häufig in Verbindung mit Betonkeller, also als Dichtbetonkeller vor. Hier muss genau geprüft werden, wofür dieses Bauteil hinsichtlich Gebrauchstauglichkeit ausgelegt worden ist. Der Laie versteht darin sehr oft einen vollständig trockenen Innenraum, der Fachmann staunt. Umfassende Informationen zu diesem Thema können nachgelesen werden.<sup>5</sup>

### 3. Risse

Die Anforderung nach einem angemessenen dauerhaften Tragwerk ist erfüllt, wenn dieses während der vorgesehenen Nutzungsdauer seine Funktion hinsichtlich der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit ohne wesentlichen Verlust der Nutzungseigenschaften bei einem angemessenen Instandhaltungsaufwand erfüllt.<sup>6</sup>

Fehlen genauere Anforderungen zB für den Begriff der Wasserdichtigkeit an Betonbauteile, darf davon ausgegangen werden, dass hinsichtlich des Erscheinungsbildes und der Dauerhaftigkeit die Begrenzung der zulässigen rechnerischen Rissbreiten  $w_k$  mit dem Wert von  $w_{max} = 0,3$  mm für XC3 und XC4 unter der quasi-ständigen Einwirkungskombination für bewehrte Betonbauteile im Allgemeinen ausreicht.<sup>7</sup>

Da in ÖNORM B 2211 keine Mindestanforderung für wasserundurchlässige Bauteile bzw Bauteile aus Dichtbeton angeführt sind, gelten die Regelungen aus ÖNORM B 4706<sup>8</sup> wie folgt:

- Im Regelfall brauchen Risse im Stahl- und Spannbeton mit Breiten kleiner als 0,4 mm im Hinblick auf den ausreichenden Korrosionsschutz nicht verfüllt werden. Bei sehr aggressiven Einwirkungen und wenn bei Rissen Korrosionserscheinungen auftreten, ist im Einzelfall zu prüfen, ob ein Verfüllen erforderlich ist.
- Risse mit einer Breite von 0,4 mm oder mehr sind hinsichtlich ihrer Ursache und der Ursache ihrer Breite von einem Fachmann zu untersuchen, der die erforderlichen Maßnahmen anzugeben hat.<sup>9</sup>

Folglich sind gemessene Rissbreiten bis 0,4 mm für Bauteile ohne zusätzlichen Spezifikationen (zB im Bauvertrag) zulässig. Inwieweit diese Rissbreiten den geforderten Gebrauchseigenschaften entsprechen, ist bereits bei der Planung zu berücksichtigen.

### 4. Weiße Wanne

Als wasserundurchlässige Betonbauwerke – „Weiße Wannen“ im Sinne der entsprechenden OVBB-Richtlinie<sup>10</sup> – werden solche Bauwerke bezeichnet, bei denen die teilweise oder vollständig ins Erdreich eingebettete Stahl-

betonkonstruktion neben der tragenden Funktion auch die Abdichtungsfunktion übernimmt. Es wird eine ganzheitliche Betrachtung des Bauwerks definiert, welches nur durch das Zusammenwirken zwischen Bauherrn, Planer und Bauausführenden gemeinsam bewerkstelligt werden kann.

Die Wasserundurchlässigkeit wird erreicht, wenn die Anforderungen an die Begrenzung/Verhinderung des Wasserdurchtritts durch den Beton, durch Fugen, Arbeitsfugen, durch Einbauteile (Durchdringungen) und Risse erfüllt werden.

Die Bemessungsphilosophie bei Weißen Wannen basiert zusammengefasst auf folgende vier Faktoren:

1. Dichtigkeit des Betongefüges.
2. Rissvermeidung: Es wird versucht, Rissbildung nach Möglichkeit zu vermeiden.
3. Rissverteilung: Es ist eine geeignete Bewehrung zur Verteilung von Rissen anzuordnen, sodass die Einzelrissbreiten klein bleiben und damit die Wasserdurchtritte möglichst unter den Anforderungen an die Wasserundurchlässigkeit bleibt.
4. Rissanerung: In allen jenen Fällen, in denen trotzdem wasserführende Risse auftreten, werden diese durch Sanierungsmaßnahmen (Injizieren) nachträglich wieder geschlossen.

Um nun eine funktionsfähige Weiße Wanne zu planen und zu bauen, sind fünf Elemente und Maßnahmen zu berücksichtigenden:

1. Baustoff: wasserundurchlässiger Beton (reduziertes Schwinden RRS und reduzierte Eigenspannungen aus Temperatur);
2. Zwangspannungen im Bauwerk: Begrenzung der Rissbreite bzw Rissvermeidung; Bewehrungsführung;
3. Bauausführung: Betonierbarkeit, Verdichtung, Nachbehandlung;
4. Bauphysik: Wärmedämmung, Nutzungsanforderungen, Baufeuchte;
5. Fugenplanung: Auswahl und Anordnung von Fugenabdichtungen.

Wie oben bereits hingewiesen, ist die Interaktion zwischen Planer, Bauherrn und Ausführenden ausschlaggebend für das Gelingen.

Insbesondere die Anforderungen aus der Nutzung sind mit dem Auftraggeber zu klären und vertraglich festzulegen. Die OVBB-Richtlinie Weiße Wanne gibt fünf Anforderungsklassen in Abhängigkeit von der vorgesehenen Nutzung vor, die vom Bauherrn mit dem Planer festzulegen sind (siehe Tabelle 1). Hierin wird selbstverständlich auch definiert, was zB unter der Kurzbezeichnung „weitgehend trocken“ zu verstehen ist.

Anford. Klasse	Kurzbezeichnung	Anwendungsbeispiele
A <sub>s</sub> Sonderklasse	vollständig trocken	Lager für besonders feuchtigkeitsempfindliche Güter
A <sub>1</sub>	weitgehend trocken	Verkehrsbauwerke mit hohen Anforderungen, Aufenthaltsräume, Lager, Hauskeller (Einlagerungsräume), Haustechnikräume mit besonderen Anforderungen
A <sub>2</sub>	leicht feucht	Garagen, Haustechnikräume (zB Heizräume, Kollektoren), Verkehrsbauwerke
A <sub>3</sub>	feucht	Garagen (mit Zusatzmaßnahmen, zB Entwässerungsrinnen) etc
A <sub>4</sub>	nass	Außenschale der zweischaligen Bauweise

**Tabelle 1:** Anforderungsklassen (Auszug) nach der OVBB-Richtlinie Weiße Wanne

Ein weiterer wichtiger Bestandteil der Planung ist die Festlegung des Bemessungswasserstands  $W$ . Hierbei handelt es sich um den größtmöglichen Wasserdruck auf das Betonbauteil bzw. Betonbauwerk. In der Richtlinie Weiße Wanne sind fünf Wasserdruckklassen  $W_0$  bis  $W_4$  definiert.

Aus der Abbildung 1 resultieren schließlich die drei Konstruktionsklassen, welche zufolge der Tabelle 2 die Mindestanforderungen der Bauteileigenschaften festlegen. Gleichzeitig wird die Fugenbandklasse in Korrelation zur Wasserdruckklasse bestimmt.

Konstruktionsklasse	min. Bauteildicke (m)	Bemessung auf Last	Betonstandard
Kon <sub>s</sub> Sonderklasse	≥ 0,45 ≥ 0,60 für $W_2$	Rissbreitenbeschränkung auf ≤ 0,15 mm	BS 1
Kon <sub>1</sub>	≥ 0,25 bis 3 m Wasserdruck	Rissbreitenbeschränkung auf ≤ 0,20 mm	BS H, BS 1
	≥ 0,35 bis 20 m Wasserdruck ≥ 0,60 über 20 m Wasserdruck		BS 1
Kon <sub>2</sub>	≥ 0,25 bis 3 m Wasserdruck	Rissbreitenbeschränkung auf < 0,25 mm	BS H, BS 2
	≥ 0,30 über 3 m Wasserdruck		BS 2

**Tabelle 2:** Bauteilanforderungen

**Beispiel:** Damit die Richtlinie weiße Wanne zur Anwendung gelangt, muss sie vorher bauvertraglich festgelegt werden! Exemplarisch sei ein Raum zur Aufbewahrung sensibler Kunstgegenstände zu planen bei einem Bemessungswasserstand von 8 m. Zu wählen wäre die Anforderungsklasse  $A_s$ , daraus ergibt sich aus Abbildung 1 die Konstruktionsklasse  $Kon_s$ . Ergo ergibt sich eine rechnerische Rissbreitenbeschränkung von  $w_k \leq 0,15$  mm, eine Mindestbauteildicke von 60 cm und ein Beton der Anforderungsklasse BS1 (Bemerkung: Bei der Rissbreite  $w_k$  handelt es sich um eine rechnerische Annahme zum Nachweis der Gebrauchstauglichkeit; gemessene Rissbreiten an Bauteilen müssen nicht notwendigerweise diesem Grenzwert entsprechen).

Zusätzlich bedarf es aufgrund möglicher Kondensation an der Betonoberfläche infolge einer Taupunktunterschreitung einer bauphysikalischen Untersuchung und Konditionierung, wobei eine Klimatisierung des Raumes unbedingt erforderlich ist.

Die Maximalabstände der Dehnfugen sind mit 15 m zu reglementieren, ebenso sind Höhensprünge zB in der Fundamentplatte zu vermeiden und Gleitebenen zur Umgebung einzubauen.

Beim Betonieren ist speziell auf Mindestbewehrungsabstand, Größtkorndurchmesser, Betoneinbauzeiten (VA), Rüttelgassen, Umgebungstemperatur, Ausschalzeiten und Nachbehandlungsdauer zu achten.

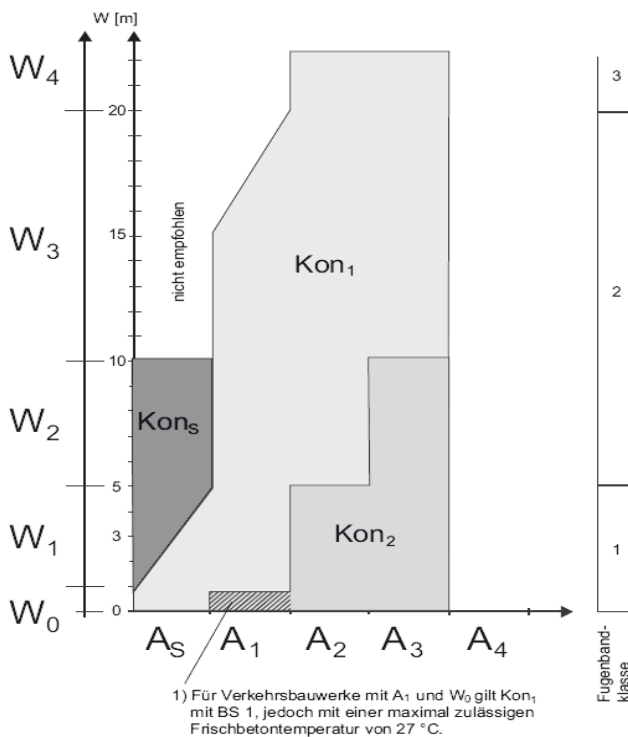


Abbildung 1: Bestimmung der Konstruktionsklassen<sup>11</sup>

Abstandhalter und Schalungsanker dürfen die Wasserundurchlässigkeit des Bauwerks nicht beeinträchtigen.

Damit ein Nachweis der bestellten Betonqualität gegeben ist, hat sich der Auftraggeber durch eine sogenannte Identitätsprüfung am gelieferten Beton zu überzeugen.<sup>12</sup>

Für die Herstellung von Bodenplatten als Weiße-Wanne-Bauteil bei gleichzeitiger Nutzung als Verkehrsfläche (zB Fundamentplatte in einer Tiefgarage) ist zusätzlich die Richtlinie Befahrbar Verkehrsflächen in Garagen und Parkdecks<sup>13</sup> zu berücksichtigen. Für Verkehrsflächen ist eine erhöhte Ebenheitsanforderung zu gewährleisten, welche gewöhnlich nur durch Flügelglätten der Betonoberfläche oder durch Berücksichtigung einer Ausgleichschicht (Kratzspachtelung, Ausgleichsmörtel) hergestellt werden kann. Betonsorten gemäß der OVBB-Richtlinie Weiße Wanne werden mit Feinluft hergestellt und dürfen nach ÖNORM B 4710-1 nicht flügelgeglättet werden. Daher wurde in der Richtlinie Befahrbar Verkehrsflächen in Garagen und Parkdecks eine eigene Betonsorte dafür entwickelt (Inspektionspflicht Auftraggeber!), um das Glätten der Betonoberfläche zu ermöglichen.

## 5. Andere relevante Regelwerke

In Analogie zur Richtlinie Weiße Wanne sei hier für Anwendungen aus dem Spezialtiefbau auf die Richtlinie Dichte Schlitzwände<sup>14</sup> verwiesen.

Bei Anwendung von Beton mit „erhöhtem“ bzw. starkem chemischem Angriff und Wasserundurchlässigkeit sind das Merkblatt Beton für Kläranlagen<sup>15</sup> oder die ÖNORM B 2503<sup>16</sup> zu berücksichtigen.

Eine weitere Möglichkeit, wasserundurchlässige Bauwerke herzustellen, wäre jene nach der Richtlinie Braune Wanne.<sup>17</sup>

Für den Bau von Schwimmbecken aus Stahlbeton kann ebenfalls die Richtlinie Weiße Wanne verwendet werden. Eine Alternative bzw. als Ergänzung oder Planungshilfe bietet sich die Richtlinie DGfDB R 25.04<sup>18</sup> an.

Diese Regelwerke besitzen keine Gültigkeit, solange diese nicht im Bauvertrag festgesetzt werden.

## 6. Selbstheilung von Beton

Die Selbstheilung von Rissen (Trennrissen) im Beton ist primär ein chemischer Vorgang, bei dem das den Riss durchströmende Wasser mit den beteiligten Medien reagiert. Gekoppelt ist der Vorgang mit einem geringen Beitrag von Quellen des Zementsteins, der allerdings reversibel ist. Der mechanische Beitrag ergibt sich bei Vorhandensein loser Betonpartikel in Rissen und aus Feinstoffen im Wasser. Im Extremfall führt dies zu einer völligen Abdichtung des Risses. Dieses Phänomen ist ein wichtiger Bestandteil bei der Planung von Weißen Wannen.

Als Voraussetzung für den Ablauf des chemischen Prozesses ist das Vorhandensein von Wasser und CO<sub>2</sub> zwingend notwendig. Die Reaktion lässt sich in drei Schritte einteilen.

Schritt 1: Das CO<sub>2</sub> der Luft diffundiert in das Wasser und setzt sich dort mit dem Wasser in geringer Menge zu Kohlensäure (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) um.

Schritt 2: Die Kohlensäure dissoziiert zu Bicarbonat (HCO<sub>3</sub>) und Carbonationen (CO<sub>3</sub>).

Schritt 3: An der Kontaktfläche Wasser – Beton gehen Ca<sup>2+</sup>-Ionen aus dem Ca(OH)<sub>2</sub> des Betons in Lösung (siehe Abbildung 2):



CaCO<sub>3</sub>... Kalziumkarbonat bzw. Kalkstein

Untersuchungen haben ergeben, dass eine vollkommene Abdichtung (Selbstheilung) von Rissen bei Rissweiten < 0,20 mm und mindestens fünf Wochen Wasserbeaufschlagung möglich ist. Dabei ist das Calcitbildungsausmaß unabhängig von den Parametern Zementart, Zuschlagart, Wasserart und Mehlkornart.<sup>19</sup>



**Abbildung 2:** Selbstheilung eines Risses – Bildung von Kalziumkarbonat

### 7. Zusammenfassung

Die Planung und die Ausführung von wasserundurchlässigen Betonbauwerken bzw. Betonbauteilen vollzieht sich in der Praxis teilweise mit unterschiedlichster Qualität. Das Wissen über die anerkannten Regeln der Technik für WU-Betonbauwerke in der Planungsphase und die fachliche Qualifikation bei der Ausführung sind selbst bei Fachleuten unterschiedlich. Die Folge sind juristische Auseinandersetzungen, die bei Berücksichtigung und Einhaltung der vorhandenen Regelwerke größtenteils vermeidbar wären.

Als Erkenntnis der letzten Dekade kann gesagt werden, dass bei Einhaltung der Richtlinie Weiße Wanne die Qualität der Bauwerke ein hohes Niveau erlangt.

### Anmerkungen:

- <sup>1</sup> ÖNORM B 4710-1 (1. 10. 2007): Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis.
- <sup>2</sup> ONR 23303 (1. 9. 2010): Prüfverfahren Beton (PVB); nationale Anwendung der Prüfnormen für Beton und seiner Ausgangsstoffe.
- <sup>3</sup> ÖNORM B 4710-1 (1. 10. 2007): Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis.
- <sup>4</sup> ÖNORM B 2211 (1. 6. 2009): Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonarbeiten; Werkvertragsnorm.
- <sup>5</sup> VOEB: Kellerbauen<sup>+</sup> sorgfältig geplant – richtig ausgeführt; Beton-Marketing Österreich (Dezember 2010).
- <sup>6</sup> ÖNORM EN 1992-1-1 (1. 12. 2011): Eurocode 2 – Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken.
- <sup>7</sup> ÖNORM B 1992-1-1 (1. 12. 2011): Eurocode 2 – Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken. Nationale Festlegungen zu ÖNORM EN 1992-1-1, nationale Erläuterungen und nationale Ergänzungen.
- <sup>8</sup> ÖNORM B 4706 (15. 6. 2009): Instandsetzung, Umbau und Verstärkung von Betonbauten: Allgemeine Regeln und nationale Umsetzung der ÖNORM EN 1504.
- <sup>9</sup> ÖNORM B 4706 (15. 6. 2009): Instandsetzung, Umbau und Verstärkung von Betonbauten: Allgemeine Regeln und nationale Umsetzung der ÖNORM EN 1504.
- <sup>10</sup> OVBB-Richtlinie: Wasserundurchlässige Betonbauwerke – Weiße Wanne (März 2009).
- <sup>11</sup> OVBB-Richtlinie: Wasserundurchlässige Betonbauwerke – Weiße Wanne (März 2009).
- <sup>12</sup> ÖNORM B 4710-1 (1. 10. 2007): Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis.
- <sup>13</sup> OVBB-Richtlinie: Befahrbar Verkehrsflächen in Garagen und Parkdecks (Oktober 2010).
- <sup>14</sup> OVBB-Richtlinie: Dichte Schlitzwände (Dezember 2009).
- <sup>15</sup> OVBB-Merkblatt: Beton für Kläranlagen (März 2009).
- <sup>16</sup> ÖNORM B 2503 (15. 3. 2009): Kanalanlagen – ergänzende Bestimmungen für die Planung, Ausführung und Prüfung.
- <sup>17</sup> OVBB-Merkblatt: Bentonitgeschützte Betonbauwerke – Braune Wanne (September 2010).
- <sup>18</sup> Deutsche Gesellschaft für das Badewesen e.V. R 25.04: Schwimm- und Badebecken aus Stahlbeton (Jänner 2011).
- <sup>19</sup> Stark/Wicht, Dauerhaftigkeit von Beton (2001).

### Korrespondenz:

Dipl.-Ing. Dr. Johannes Horvath  
E-Mail: johannes.horvath@bvp.at