

## **Positionspapier des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton zur DAfStb-Richtlinie "Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton" – Feuchtetransport durch WU-Konstruktionen –**

### **Anlass**

Die WU-Bauweise mit Beton hat sich in der Vergangenheit als robuste und dauerhafte Konstruktion auch bei hohen Nutzungsanforderungen bewährt. Strittig im Zusammenhang mit dem Einsatz von WU-Konstruktionen aus Beton bei erhöhten Anforderungen an die Raumnutzung ist häufig die Frage nach den abgegebenen Feuchtemengen und dem Feuchtetransport durch die Bauteile. Dies hat der DAfStb zum Anlass genommen, hierzu eine Stellungnahme zu verfassen, die den Stand der Technik widerspiegelt.

### **Kondensation von Wasser auf Oberflächen in Kellerräumen**

Grundsätzlich zu beachten ist, dass Kellerräume im Sommer häufig deutlich kühler sind als die Außenluft, was dazu führt, dass die Kellerräume bei sommerlicher Lüftung feucht werden können, wenn die relative Luftfeuchte außen hoch ist. Dieser Effekt („feuchtlüften“) tritt gleichermaßen bei allen verschiedenartig ausgeführten WU-Konstruktionen (schwarz abgedichtet oder weiße Wanne) auf. Das hat zur Konsequenz, dass bei hochwertiger Nutzung Klimatisierungsmaßnahmen mit Entfeuchtung erforderlich sein können.

### **Stellungnahme des DAfStb zum Feuchtetransport durch WU-Konstruktionen aus Beton**

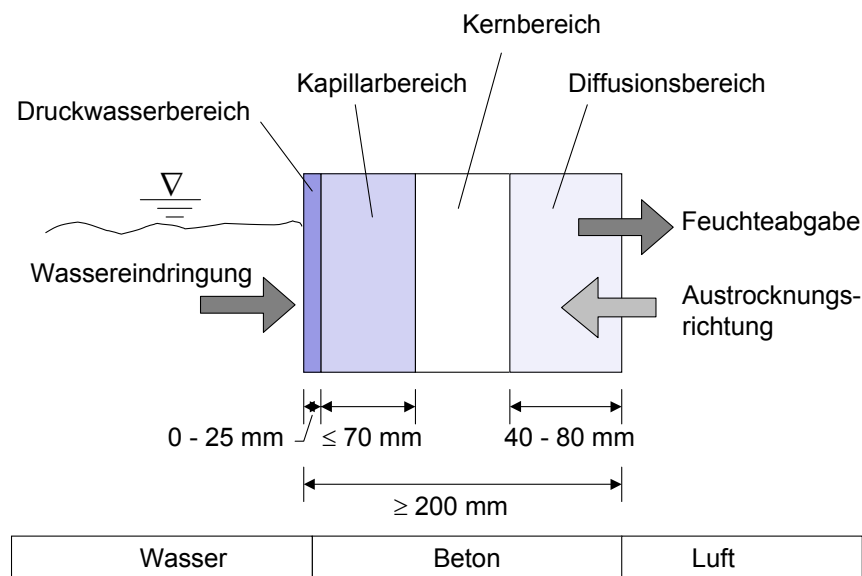
Die Leistungsfähigkeit der WU-Konstruktion im Hinblick auf den Feuchtetransport durch Betonbauteile ist im Anwendungsbereich der DAfStb-Richtlinie "Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton" /1/ beschrieben. In Abschnitt 1, Absatz 3 der Richtlinie, wird folgendes ausgeführt:

*"Bei wasserundurchlässigen Bauwerken aus Beton nach dieser Richtlinie wird davon ausgegangen, dass ein Kapillartransport durch die Bauteildicke hindurch unabhängig vom hydrostatischen Druck und vom Schichtenaufbau der Bauteile nicht erfolgt. Weitergehende Regelungen über den Feuchtetransport anderer Arten und Ursachen, die ebenfalls eine raumseitige Feuchteabgabe zur Folge haben können, enthält die Richtlinie nicht, wobei insbesondere das Austrocknen der Baufeuchte weitgehend unabhängig davon ist, auf welche Weise die abdichtende Funktion erzielt wird. Bei hohen Nutzungsanforderungen sind erforderlichenfalls die Auswirkungen dieser Feuchte-transportvorgänge durch raumklimatische und bauphysikalische Maßnahmen auf das erforderliche Maß zu begrenzen. Gleiches gilt auch für die Tauwasserbildung auf raumseitigen Oberflächen."*

Diese Ausführungen zum Wasser- und Feuchtetransport durch Betonbauteile werden in den Erläuterungen zur WU-Richtlinie /2/ weiter vertieft: Der Feuchtetransport durch ungerissenen Beton kann grundsätzlich durch vier unterschiedliche Vorgänge beschrieben werden:

- Permeation,
- kapillares Saugen,
- Diffusion,
- Osmose.

In früheren Fachveröffentlichungen (z. B. /9/) wurde davon ausgegangen, dass durch ein wasserbeaufschlagtes ungerissenes Betonbauteil immer Feuchte in geringem Umfang durchtritt. Neuere Untersuchungen von Beddoe und Springenschmid /4, 5/ an Beton zeigen differenziertere Ergebnisse. Diese sind in Bild 1 verdeutlicht. Die Maßangaben gelten für eine Betonfestigkeit von B35 (C30/37), zu der etwa ein w/z-Wert von 0,55 korreliert.



**Bild 1 - Arbeitsmodell (in Anlehnung an [4, 5]) für Feuchtebedingungen in einem Betonbauteil-Querschnitt unter einseitiger Beaufschlagung mit drückendem Wasser (Beton C30/37 (B35 WU),  $w/z \leq 0,55$ )**

Wird ein ungerissenes Betonbauteil einseitig mit drückendem Wasser beaufschlagt, so können vier Bereiche unterschieden werden (siehe Bild 1). Ausgehend von der wasserbeaufschlagten Seite stellt sich zunächst eine Zone ein, in die das Wasser durch den hydraulischen Druck, also durch Permeation, eindringt. Der Druckwasserbereich liegt unter Einhaltung der Betonanforderungen dieser Richtlinie üblicherweise in der Größenordnung einiger Millimeter. Abhängig ist dies von der Wasserdruckhöhe, von der Betonqualität (im Wesentlichen w/z-Wert, Alter und Nachbehandlung) und dem Feuchtigkeitsgehalt im Beton. Die Dicke des Druckwasserbereichs beträgt zwischen 0 - 25 mm. Unter baupraktischen Verhältnissen treten deutlich geringere Wasserdruckhöhen und damit geringere Eindringtiefen auf. Die Eindringtiefe durch Permeation ist begrenzt, da der Beton sich selbst abdichtet und weniger durchlässig wird /4/.

An den Druckwasserbereich im Beton schließt sich ein Bereich an, in den Wasser kapillar eindringt (Kapillarbereich). Die kapillare Eindringtiefe erreicht nach etwa einem Monat den Höchstwert und beträgt zwischen 5 bis 70 mm /4/. Der  $\sqrt{t}$ -Zusammenhang zwischen Eindringtiefe und Zeit gilt für längere Wasserbeaufschlagung nicht, da Selbst-

abdichtungseffekte eintreten, die auf Wechselwirkungen zwischen Zementgel und eindringendem Wasser zurückzuführen sind /10/. Dieser Kapillarbereich ist in seiner Ausdehnung abhängig von Betonqualität, Beaufschlagungsdauer und Feuchtegehalt im Beton. Für Betone mindestens der Festigkeitsklasse C30/37 kann eine Ausdehnung  $\leq 70$  mm angenommen werden.

Untersuchungen zeigen, dass die kapillare Eindringtiefe nicht von der Schwerkraft beeinflusst wird; dementsprechend gelten die Ausführungen für horizontale Bauteile (z. B. Bodenplatten) und vertikale Bauteile (z. B. Wände, aufsteigende Feuchte im Bereich waagerechter, wasserseitiger Anschlussfugen).

An den Kapillarbereich schließt sich ein Kernbereich an, der sich im Feuchtetransport-Gleichgewicht befindet, wenn die Bauteildicke ausreichend groß ist. Das bedeutet, dass durch den Kernbereich kein Wasser transportiert wird.

Zur Luftseite hin schließt sich an den Kernbereich der Diffusionsbereich an. Hier findet eine Feuchteabgabe aus dem Beton an die Luft durch Wasserdampfdiffusion statt. Der Diffusionsbereich beträgt für Betone mindestens der Festigkeitsklasse C30/37 zwischen 40 bis 80 mm.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass ab einer bestimmten Bauteildicke kein Wasserdurchtritt durch das wasserbeaufschlagte, ungerissene Betonbauteil (z. B. Wand oder Bodenplatte, Beanspruchungsklasse 1) stattfindet /7/. Bei einem Beton für Beanspruchungsklasse 1 mit einem  $w/z \leq 0,55$  beträgt diese Bauteildicke  $\geq 200$  mm. Bei Betonen mit höherer Betonqualität (d. h. mit geringeren  $w/z_{eq}$ -Werten) sind auch geringere Bauteildicken zur Verhinderung eines Wasserdurchtritts vorstellbar. Der luftseitige Bereich eines WU-Betonbauteils trocknet im Laufe der Zeit aus. Maßgebend für die luftseitige Wasserdampf-abgabe ist in den ersten Jahren das im Beton vorhandene freie Wasser ("Baufeuchte") und gegebenenfalls die Ausbildung der luftseitigen Bauteiloberfläche (s. /4/). Durch entsprechendes Lüften ist diese Feuchtigkeit leicht abführbar; die nutzungsbedingte Luftfeuchte ist deutlich höher /6/. Nach sehr langen Zeiträumen – wenn das Gleichgewicht erreicht ist – findet ein Feuchteaustausch im Bauteil auf sehr geringem Niveau statt. Die dabei eventuell aus dem Bauteil luftseitig ausdiffundierende Feuchte ist in aller Regel um ein Vielfaches geringer als die nutzungsbedingt anfallende Feuchte, die sich z. B. durch Kondenswasserbildung auf kühlen Bauteiloberflächen niederschlägt und damit zu Unrecht der WU-Konstruktion angelastet wird.

Die oben genannten Betrachtungen zur Wasserundurchlässigkeit von WU-Konstruktionen gelten nur für Beton ohne über den Gesamtquerschnitt durchgehenden Rissen. Deshalb beinhaltet die WU-Richtlinie /1/ die Grundsatzforderung, dass Risse bei hoher Nutzungsanforderung vermieden werden oder nachträglich verpresst werden müssen.

### **Fazit**

Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton werden seit langem erfolgreich bei hohen Nutzungsanforderungen an den Innenraum errichtet. Die Anforderungen der WU-Richtlinie wurden so festgelegt, dass während der Nutzung lediglich die im Beton enthaltene Baufeuchte an den Innenraum abgegeben wird. Die bei anstehendem drückenden Wasser nachtransportierten und an die Innenraumluft abgegebenen Feuchtemengen durch den WU-Beton sind im Vergleich zu den Feuchtemengen, die sich durch Kondensation auf kühlen Bauteiloberflächen, z. B. infolge falschen Lüftungsverhaltens

im Sommer, niederschlagen, vernachlässigbar gering. Die Feuchte Kondensation auf den Bauteiloberflächen muss durch ein angemessenes Lüftungsverhalten bzw. durch zusätzliche bauphysikalische Maßnahmen ausgeschlossen werden und darf nicht – wie in der Vergangenheit häufig geschehen – der WU-Konstruktion zugeschrieben werden. Eine zusätzliche rückwärtige Abdichtung des Betons ist nicht erforderlich, da diese zur Vermeidung des Nachtransportes von Feuchte wirkungslos ist.

Der Vorteil der „Weißen Wanne“ ist, dass der Ort einer eventuellen Undichtheit eindeutig lokalisierbar und damit zielgerichtet und einfach instand setzbar ist (z. B. Verpressen von Rissen).

### Literatur

- /1/ Deutscher Ausschuss für Stahlbeton; DAfStb: Richtlinie Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton (WU-Richtlinie), Ausgabe November 2003
- /2/ Erläuterungen zur DAfStb-Richtlinie Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton. Berlin: Beuth. – In: Schriftenreihe des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton, Nr. 555
- /3/ Cziesielski, R.; Fechner, O.: Wassertransport durch WU-Bauteile. Bauphysikalischer Kalender 2002, Verlag Ernst & Sohn, Berlin 2002, S.865-886
- /4/ Beddoe, R.; Springenschmid, R.: Feuchtetransport durch Bauteile aus Beton. Beton- und Stahlbetonbau 94 (1999), Heft 4, S. 158-166
- /5/ Eifert, E.; Beddoe, R.; Springenschmid, R.: Feuchtetransport in WU-Bauteilen unter baupraktischen Bedingungen. Beton 2/2002, S. 80-81
- /6/ Klopfer, H.: Wassertransport und Beschichtungen bei WU-Beton-Wannen. Aachener Bausachverständigentage 1999, Vortragsband S. 90-99
- /7/ Beddoe, R.E.; Schießl, P.: Wassertransport in WU-Beton – kein Problem! Untersuchungsergebnisse. 30. Aachener Bausachverständigentage, April 2004
- /8/ Holm, A.; Krus, M.; Künzel, H. M.: Grenzen der Feuchtetransportberechnung bei Betonaußenbauteilen. 5<sup>th</sup> International Kolloquium "Werkstoffwissenschaften und Bauinstandsetzung", Aedificatio Publishers, Freiburg 1999, S. 405-414
- /9/ Gertis, K.; Kießl, K.; Werner, H.; Wolfseher, V.: Hygrische Transportphänomene in Baustoffen. Berlin, Verlag Ernst & Sohn. In: Schriftenreihe des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton, Nr. 258, 1976
- /10/ Rucker, P.; Beddoe, R.; Schießl, P.: Wasser- und Salzhaushalt im Gefüge zementgebundener Baustoffe – Modellierung der auftretenden Mechanismen, Beton- und Stahlbetonbau 101 (2006), H. 6

Berlin, 10.07.2006

gez.

Univ. Prof. Dr.-Ing. Manfred Curbach,  
Sprecher des DAfStb-Vorstandes