

# Instandsetzung von WU-Konstruktionen

Dr.-Ing. Frank Langer, Ingenieurbüro BBI, Hamburg

## 1 Kurzfassung

So natürlich und planmäßig wie Stahlbeton seine tragenden Eigenschaften aus der Synthese von hoher Druckfestigkeit der Matrix und hoher Zugfestigkeit der Bewehrung generiert, so natürlich begleiten ihn nachteilige Eigenschaften, die einen planmäßigen Umgang mit dem Baustoff vom Entwurf über die Verhaltensprognose bis zum fachkundigen Einbau erzwingen. Grundsätzlich werden Instandsetzungen von WU-Bauwerken nur dann notwendig, wenn die betontypischen Eigenschaften, wie z.B. Schwinden oder sein Verhalten unter Zwang, planmäßig unterschätzt werden oder aber bereits bei der Konstruktion und bei der Verarbeitung Mängel implementiert werden, welche Wasserdichtigkeit verhindern. Die Instandsetzung befasst sich dann -und möglichst unter Kenntnis der Ursachen- mit der Abdichtung der Wassereintrittsstellen. Dabei sind neben den technischen Möglichkeiten auch immer die allgemein anerkannten Regeln der Technik und die stoffliche Eignung der Instandsetzungsprodukte zu berücksichtigen.

## 2 Einführung

Wasserundurchlässige Konstruktionen, die ohne zusätzliche Abdichtungen auskommen und eine Tragfunktion besitzen, sind grundsätzlich Betonkonstruktionen.

Die maßgeblichen und aktuellen technischen Grundlagen sind in der Richtlinie des DfStb von 2003 "Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton" [1] geregelt. Die Richtlinie und ihre zwischenzeitlich erfolgten Erläuterungen [2], [3] können als Allgemein Anerkannter Stand der Technik bezeichnet werden. Sie sind Grundlage und Bewertungsmaßstab für WU-Konstruktionen. Eine bauaufsichtliche Einführung der Richtlinie hat nicht stattgefunden, da die Dichtigkeit einer Konstruktion, egal ob sie auf wasserundurchlässigem Beton ("Weiße Wanne") oder den Möglichkeiten der Abdichtungstechnologie im Regelungsrahmen der DIN 18195 ("Schwarze Wanne") basiert, nach Auffassung des Deutschen Instituts für Bautechnik im Versagensfall keine unmittelbare Gefahr für menschliches Leben und dessen natürliche Grundlagen gegeben ist. Zudem ist ein Versagen der primären Eigenschaft "wasserundurchlässig" auch für den Laien erkennbar und ermöglicht somit die Chance zur Gefahrenabwehr. Außerdem wäre der bauaufsichtliche Prüf- und Überwachungsaufwand nicht leistbar.

Zur Durchsetzung der Bauordnung der Länder im Sinne des Verbraucherschutzes und der Verantwortung der Hersteller für die Funktionstüchtigkeit von Abdichtungsprodukten existieren konkrete Anforderungen an die Verwendbarkeit, die entweder normativ (DIN EN 1504 bzw. DIN V 18028) geregelt sind oder aber durch Allgemeine Bauaufsichtliche Prüfzeugnisse (abP) belegt werden müssen. Hier werden auch die technischen Voraussetzungen für die Applikation abgeprüft.

## 3 Schäden an WU-Bauwerken und Ursachen

Die Schäden an WU-Bauwerken sind so vielfältig wie ihre Ursachen. Hier sollen im Schwerpunkt betonimmanente Schadensursachen eine kurze Betrachtung erfahren, da nur aus deren Kenntnis eine dauerhafte Instandsetzung realisiert werden kann.

### 3.1 Risse

Die häufigste betonimmanente Ursache für Undichtigkeiten in WU-Bauwerken sind Trennrisse [4] infolge von Zwang. Sie werden unfreiwillig durch Temperatur-spannungen, aber auch durch behindertes Schwinden in der Konstruktion erzeugt. Sie müssen den ganzen Querschnitt bis zur wasserzugewandten Seite durchtrennen und wasserführend sein. Ihre Entstehung kann aber auch planmäßig als Entwurfsgrundsatz vereinbart sein, da hier ein deutlicher Kostenvorteil durch die Reduzierung der Bewehrung liegt. Nach Feststellung der Undichtigkeiten werden diese gezielt geschlossen. Neben den mittlerweile bewiesenen Modellvorstellungen von Beddoe und Springenschmid [5], die als Grundlage für WU-Bauwerke aus Beton gelten können, ist es vor allem die Untersuchung von Edvardsen [6], die zeigte, dass druckwasserbeaufschlagte Trennrisse auch dauerhaft heilen können.

Die Rissentstehung ist per se kein Mangel. Allerdings sollten diese und die Verfahrensweise für die Instandsetzung vorab vertraglich geklärt sein, da vor allem die Sensibilität auf Bauherrnseite überaus groß sein kann.

### 3.2 Gefügestörungen

Während Risse manchmal noch als unerklärlich gelten können, müssen Gefügestörungen als grobe handwerkliche Mängel eingeschätzt werden. Sie entstehen beim Betoniervorgang und führen als sog. Nester zu gravierenden Undichtigkeiten. Der Erfolg jeder Betonieraufgabe ist auf die Abstimmung des Materials und die Ausführung angewiesen. Das Größtkorn muss zum Bewehrungsabstand passen und Betonieröffnungen in der Bewehrung sind planerisch vorzusehen. Die Betonverdichtung ist zwingend und erfordert immer eine Nachverdichtung, um Wasseransammlungen unter groben Gesteinskörnern und der Bewehrung auszutreiben. Nach subjektiver Einschätzung des Verfassers sind 90% aller Elementwände innen viel zu glatt und ein Vornässen der Innenseiten findet in nahezu 100% der Fälle gar nicht statt. In der Folge sind WU-Konstruktionen aus Elementwänden besonders anfällig für Umläufigkeiten und Kiesnester am Wandfuß, die auch durch Fugenbleche nicht mehr geschlossen werden können (vgl. Abb.1).



Abb. 1: Undichtigkeiten am Wandfuß

Aber auch die Zerstörung von Elementwänden bei ihrem Aufbau ist immer wieder ein zusätzliches Risiko, welches Umläufigkeiten verursachen kann. Abb.2 zeigt nur ein Segment einer vielfach gerissenen WU-Konstruktion,



Abb.2: zerstörte Elementwand

welche beim Aufstellen der Elementwände manuell “zerstört” wurde. Das besondere Problem der Instandsetzung von WU-Konstruktionen: Im Gegensatz zu monolithischen WU-Wänden gibt es keinen direkten Zugriff der Instandsetzung auf die Wege des eindringenden Wassers. Diese Schwierigkeit gleicht der Problematik schwarzer Wannen, bei denen Wassereintritt und Wasseraustritt unauffindbar weit auseinanderliegen können.

### 3.3 Dichtelemente

Ebenso wie Gefügestörungen, die letzten Endes Baufehler sind, so sind vielfach auch Dichtelemente nicht selbst Ursache für Undichtigkeiten, sondern ihr fehlerhafter Einbau, ihre nichtgeprüfte Verwendbarkeit oder ihr Nichtvorhandensein.

Besonders anfällig erscheinen in dieser Beziehung Durchdringungen, deren “technische” Lösung, anders als Fugenbleche und -bänder, die schon eher im Bewusstsein der Ausführungsbetriebe verankert sind, als einfache PVC/KG -Durchführungen oder Mauerkragen ohne abP (nach Prüfgrundsätzen) existieren und in der Instandsetzung unverhältnismäßig viel Aufwand bedeuten können.

## 4 Instandsetzung von WU-Bauwerken

Soweit nicht das Bemessungskonzept Risse und deren Füllung bereits einplant, ist es die Komplexität der Bauaufgabe, insbesondere die Schnittstellen von der Planung bis zur Ausführung und Überwachung, welche Fehlerquoten und ein Schadensrisiko implizieren. Hier sorgt die WU-Richtlinie vor und gibt in Kapitel 12.3 die Instandsetzungsrichtlinie [7] als Maßgabe für das Füllen von Rissen vor.

### 4.1 Injektionen

Injektionen mit Kunstharzen oder Zementleim/Zementsuspensionen können Risse und Gefügestörungen dauerhaft gegen durchtretendes Wasser verschließen.

Die Regeln der Durchführung sind in der Instandsetzungsrichtlinie [7], aber auch in der ZTV-ING [8] beschrieben. Die Stoffe benötigen die Verwendbarkeitsnachweise nach DIN EN 1504- 5 bzw. DN V 18028. Zahlreiche Produkte sind noch mit einem abP ausgestattet, welches nach Instandsetzungsrichtlinie erteilt wurde.

Die drei hauptsächlichen Stoffgruppen unterscheiden sich in ihrer Anwendbarkeit und eröffnen ein breites Spektrum von Möglichkeiten, die hier nur kurz und pauschal referiert werden sollen und keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben, da die Entwicklung schnell fortschreitet und schon qualifizierte Ausnahmeprodukte auf dem Markt sind:

**Epoxidharze:** EP → Duromerharze, nicht wassertolerant, begrenzt kraftschlüssige Rissfüllung, aber keine Dehnfähigkeit, kein Nachverpressen möglich

**Polyurethanharze:** PU → Elastomerharze, wassertolerant, keine kraftschlüssige Rissfüllung, aber begrenzt dehnfähig, Nachverpressen möglich

**Polyurethanharzschäume:** SPUR → geschäumte Elastomere als schnelle temporäre Sofortabdichtung bei Wassereintrüben

**Zementsuspension:** ZS → Feinstzement und **Zementleim:** ZL → Zement, kraftschlüssig, nicht dehnfähig, mit dem Vorteil der Alkalität bzgl. Korrosionsschutz der Bewehrung und der potenziellen Selbstheilung verpresster Risse, die sich nochmals geöffnet haben.

Die Aufgabe der Injektionstechnologie, die sich hauptsächlich auf die Positionierung von Injektionskanälen, d.h. Bohrloch und Injektionspacker, bezieht, ist die zielgenaue Penetration der gerissenen Betonstruktur mit dem gewählten Injektionsmaterial. Dabei gilt immer, dass sich das eingetragene Material kugelsymmetrisch ausbreiten würde, ihm aber nur die nahezu zweidimensionale Rissstruktur zur Verfügung steht.

Aus dieser Vorstellung ergibt sich die Geometrie der Injektionskanäle in Abhängigkeit von der Bauteildicke bzw. der erforderlichen Eindringtiefe.

#### 4.1.1 Druckinjektion

Mit dem abP ist häufig auch die Verfahrensweise der Applikation festgelegt. Die Hersteller liefern neben den Produkten auch die Anwendungstechnik mit.



Abb. 3: typische Anordnung der Packer

Die Injektion des Dichtungsmaterials wird über Injektionskanäle und Einfüllstutzen, sog. Packer, unter Drücken bis zu 300 bar vorgenommen. Der zerstörungsfreie maximale Druck kann aus der Betondruckfestigkeit abgeschätzt werden. In Abb. 3 sind Bohrpacker gezeigt, die in die Bohrlöcher im Beton im 45°-Winkel alternierend eingeschraubt und verspannt werden. Die Verspannung erfolgt zumeist über den Querdruck beim Quetschen einer Gummimanschette gegen die Bohrlochwandung.



Die Füllung der Risse erfolgt entgegen der Schwerkraft; bei Austreten des Materials aus dem benachbarten Packer wird auch dort ein Nippel mit Rückschlagventil eingedreht und die Schiebekupplung der Druckpumpe auf diesen Packer umgesetzt. So wird schrittweise die Rissfüllung vorgenommen und gleichzeitig die vollständige Füllung überwacht. Um ein Austreten des Harzes aus dem Riss zu verhindern, wird dieser, nachdem die Packer gesetzt sind, "verdämmt", d.h. mit einer Spachtelmasse oberflächlich verschlossen, die nach erfolgreicher Rissfüllung wieder vom Beton entfernt wird. Gleiches gilt für die Packer. Neben Schraubpackern gibt es auch Schlagpacker, die in die Bohrlöcher eingeschlagen werden, Ausführungen in Metall und Kunststoff. Die Bauaufgabe diktiert die Methode, die Materialien von Packer und Füllgut sowie die Befestigung der Einfüllstutzen. Als Nachteil der Hochdruckinjektion muss die erhebliche Verbundspannung der Einfüllstutzen im Beton und das Risiko von Blockaden im verzweigten Netz der feinen Rissverästelungen angesehen werden, die durch die Kompression der Luft entstehen. Mit nachlassendem Druck entspannt sich die Luft und kann einen Teil des Harzes zurückdrücken.

#### 4.1.2 Niederdruckinjektion

Die Niederdruckinjektion löst dieses Problem und ist für geringere Baustoff-festigkeiten geeignet. Die ausreichende Rissfüllung wird mit weniger handwerklichem Aufwand ermöglicht. Eine häufig anzutreffende Applikation erfolgt über die in Abb.4 gezeigten sog. Klebepacker. Entgegen der alternierenden Positionierung der tiefgreifenden Packer (vgl. Abb.3), wird hier direkt in den Rissverlauf injiziert. Die Arretierungsstifte verhindern einen Verschluss des Risses durch das Klebematerial der Packerbefestigung und werden nach dem Aufkleben der Packer entfernt und die Ventilnippel eingeschraubt. Der Füllvorgang verläuft ist analog zu 4.1.1 .



Abb. 4: Arretierungsstifte im Rissverlauf und aufgesetzte Klebepacker

Im Falle der Anwendung von "Mini-Bohrpackern" im Niederdruckbereich sind lediglich 10mm tiefe Bohrungen  $\varnothing 6\text{mm}$  und Injektionsstutzen in Form von Klemmstiften notwendig, um vollständige Rissfüllungen mit minimalem Aufwand zu erzielen. Die Vorgehensweise bei Verdämmung und Verpressung ist identisch.

#### 4.1.3 Qualitätskontrolle

Eine Kontrollprüfung bei begründetem Zweifel ist bei allen Injektionsmaßnahmen angeraten, bei denen es nicht nur um abdichtende Rissfüllungen, sondern um kraftschlüssiges Verbinden und damit um den direkten Bezug zur Standsicherheit geht.

Der Nachweis erfolgt nach Instandsetzungsrichtlinie, aber auch nach ZTV-ING [8], indem an der Mantelfläche kleiner Bohrkerne eine mindestens 80%-ige Rissfüllung bei Rissweiten von 0,1mm (0,2mm bei ZL) nachgewiesen wird. Abb. 5 zeigt ein Beispiel unter UV-Licht, in dem das verwendete PU-Harz hell hervortritt.

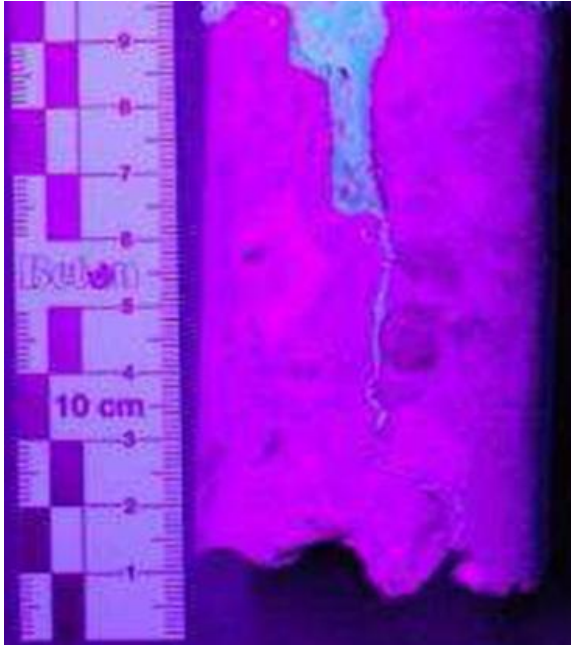


Abb.5: Kontrollprüfung im UV-Licht

## 4.2 Instandsetzungen anderer Art

Der Problembereich undichter WU-Konstruktionen ist groß und erfordert häufig mehr als Textsicherheit in Richtlinien. Paracelsus soll den Satz geprägt haben: „Wer heilt, hat recht.“. Für den Bauunternehmer gilt: er schuldet den Erfolg. Das sollte sich im vertragsrechtlichen Rahmen bewegen und ist vielfach durch VOB und BGB auf die allgemein anerkannten Regeln der Technik reduziert. Nun steht aber außer Zweifel, dass auch alternative Bauweisen Erfolg zeitigen und häufig als einzige sinnvolle Möglichkeit zur Verfügung stehen. Diese Verfahren brauchen planerischen Vorlauf, da es tunlich ist, sie durch eine Zustimmung im Einzelfall zu legitimieren. Ohne Bezug zur Standsicherheit braucht es zumindest die Aufklärung des Bauherrn und seiner Erfüllungsgehilfen, um eine alternative Methode vertragskonform zu platzieren.

### 4.2.1 Abklebungen

Abklebungen zur Instandsetzung von WU-Bauwerken aus Beton sind ein Widerspruch in sich, aber manchmal nicht zu vermeiden. Hier bewegt man sich im Regelwerk der DIN18195 und aller dort verankerten konstruktiven Details. Die Norm regelt im Prinzip eine Bauweise, auch wenn diese nur in Hessen bauaufsichtlich eingeführt wurde. Die Produkte müssen ihre Verwendbarkeit mit abP nachweisen. Diese werden nach Prüfgrundsätzen des DIBT erteilt. Dichtungsschlämme sind keine Abklebungen und sollten nicht bedenkenlos zur Instandsetzung herangezogen werden, da sie bei von außen drückendem Wasser nur begrenzt zulässig sind.

## 4.2.2 Flächeninjektion

Bei dieser Methode wird die undichte Konstruktion von innen perforiert und durch die Injektionskanäle, vorzugsweise Hydrogele auf Acrylatbasis, in mehreren Arbeitsgängen nach außen gepresst. Es entsteht ein dichter Kunststoffschleier, der wie eine Hülle das Bauwerk vom Wasser trennt. Voraussetzung ist immer die Eignung des umgebenden Bodens und die Grundwasserverträglichkeit des Acrylats.

## 4.2.3 Dynamische Kristallisationsvorgänge

In den vergangenen Jahren haben kristalline Abdichtungen Furore gemacht. Zweifellos sind hoffnungsvolle Produkte im Markt, die ihre Eignung ganz praktisch bewiesen haben. So sind z.B. ein Teil der Kellerwände im Alsterhaus in Hamburg, die der Binnenalster zugewandt sind, mit dieser Methode erfolgreich abgedichtet worden. Zwischenzeitlich hat das IKT in Gelsenkirchen für ein solches Material die Eignung zur Sanierung von Abwasserschächten unter Beweis gestellt.

## 5 Zusammenfassung

Die Schäden an WU-Bauwerken sind so vielfältig wie ihre Ursachen. Diese sollten für eine zielsichere nachträgliche Abdichtung im Sinne einer Instandsetzung dem sachkundigen Planer bekannt sein. Die Regelwerke [2], [7], [8] als allgemein anerkannte Regeln der Technik sind Grundlage für die Bauausführung. Die notwendigen Verwendbarkeitsnachweise der Abdichtungsmaterialien sind grundsätzlich für die Regelkonformität unverzichtbar.

Aber auch alternative Verfahren und Materialien erobern sukzessive den Markt und ergänzen die konventionellen Methoden wirkungsvoll.

## Literaturverzeichnis

- [1] DAfStb-Richtlinie "Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton (WU-Richtlinie)", 2003 incl. Berichtigung 2005
- [2] "Erläuterungen zur DAfStb-Richtlinie Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton", Heft 555, Berlin 2006
- [3] "Wasserundurchlässige Betonbauwerke" Zementmerkblatt H10, 1.2010
- [4] "Risse in Beton" Zementmerkblatt B18, 2.2003
- [5] Beddoe, Springenschmid: Feuchtetransport durch Bauteile aus Beton, In: Beton- und Stahlbetonbau 94(1999) Heft4, S. 158-166 „
- [6] C.K. Edvardsen: Wasserundurchlässigkeit und Selbstheilung von Trennrissen in Beton, In: Heft 455, DAfStb, Berlin 1996
- [7] DAfStb-Richtlinie "Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen (Instandsetzungsrichtlinie)"; 2001
- [8] ZTV-ING, Teil 3 Massivbau, Abschnitt 5 "Füllen von Rissen und Hohlräumen in Betonbauteilen", 04/10
- [9] DBV-Merkblatt "Hochwertige Nutzung von Untergeschossen-Bauphysik und Raumklima", Berlin , Januar 2009