

Juni 2001

Dichte Bauwerke aus Beton

Prinzipielle Anmerkungen zur Herstellung bzw. zum nachträglichen Abdichten wasserbeaufschlagter Betonbauteile

Dr.-Ing. F.-H. Schlüter, Dr.-Ing. C. Ruckebrod

Die Ausbildung von erdberührten oder mit dem Grundwasser in Kontakt stehenden Außenwänden ist im Hinblick auf einen sicheren und dauerhaften Schutz vor eindringender Feuchtigkeit besondere Aufmerksamkeit zu schenken, weil Mängel bei der Planung und Herstellung nur schwer zu reparieren sind. Die Auswirkungen einer nicht fachgerechten Planung und Ausführung reichen von eindringender Feuchtigkeit über Wärmeverluste infolge von durchfeuchteten Dämmungen bzw. feuchte- bzw. nässebedingte Schäden an den verwendeten Materialien bis zur Beeinträchtigung des hygienischen und gesundheitlichen Umfeldes. Eine ggf. erforderliche Sanierung ist neben den Kosten, die nicht selten am Bauherrn hängen bleiben, i.d.R. mit weiteren unangenehmen Folgeerscheinungen wie z.B. Nutzungseinschränkungen verbunden. Im folgenden sollen als Orientierung für den interessierten Bauherrn und sonstigen am Bau Beteiligten einige prinzipielle Anmerkungen zur Ausbildung dichter Wände, aber auch zu möglichen Sanierungen nach Schadensfällen gemacht werden.

Die von außen einwirkende Feuchtebelastung einer Kelleraußenwand läßt sich in folgende Kategorien einteilen:

Kategorie 1 - Belastung durch Bodenfeuchtigkeit (kapillar gebundenes Wasser, aus Niederschlägen stammendes, nicht stauendes Sickerwasser)

Kategorie 2 - Belastung gegen nicht drückendes Wasser (Niederschlags- oder Sickerwasser, das keinen wesentlichen hydrostatischen Druck ausübt)

Kategorie 3 - Belastung von außen drückendes Wasser (zeitweise oder dauerhaft anstehendes (Grund-)wasser, das einen hydrostatischen Druck erzeugt)

Prinzipiell stehen folgende Möglichkeiten zur Herstellung wasserdichter Keller zur Verfügung:

- Ausbildung der Kelleraußenwände als sogenannte **Schwarze Wanne**,
- Ausbildung als **Braune Wanne**,
- Ausbildung als **Weißer Wanne**,
- Sonderformen der Abdichtung, z.B. über besondere verschweißte und verwahrte Kunststoffolien.

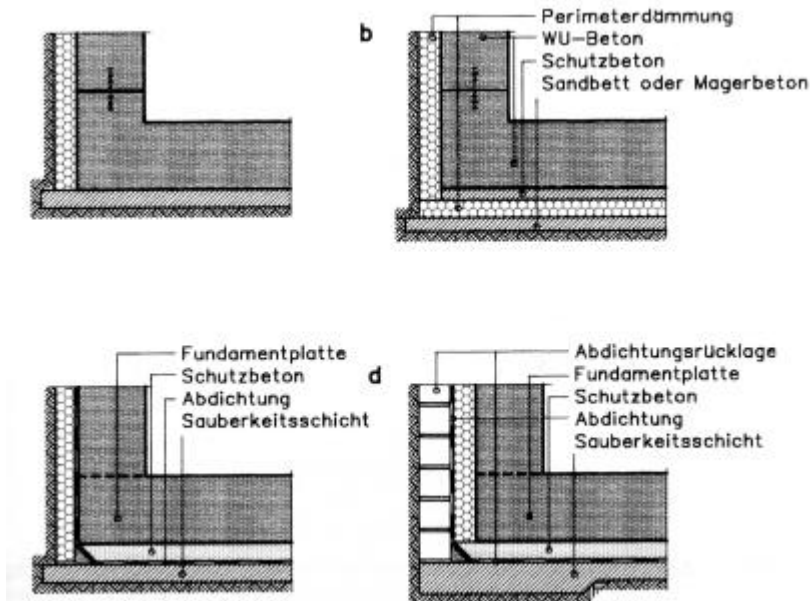


Abb. 1: Gegenüberstellung des Abdichtungsprinzips einer **Weißer Wanne** (oben) gegenüber einer **Schwarzen Wanne** (unten) (aus [2])

Die häufigste und wohl bekannteste Methode ist die Ausbildung der Abdichtung in Form einer sogenannten **Schwarzen Wanne**. Die Abdichtung der Kellerwände aus Beton oder Mauerwerk wird bei diesem Prinzip durch an der Wandaußenseite aufgebraute Aufstrichmittel und Abdichtungen in Form von Spachtelmasse bzw. Dichtungsschlämme oder Sperrputze für Kategorie 1, durch Aufbringen von ein bis zwei Lagen Bitumen-Abdichtungsbahnen oder Kunststoffdichtungsbahn für die Kategorie 2 bzw. durch eine 3-lagige Bahnenabdichtung mit oder ohne Bitumenvor- und -dekanstrich für Kategorie 3 erreicht. Zum Schutz gegen Beschädigung müssen zusätzliche Maßnahmen ergriffen werden. Hier kommen vielfach feuchtigkeitsunempfindliche Dämmplatten zur Anwendung, die auf die Abdichtung geklebt werden und gleichzeitig eine Wärmedämmung bewirken.

Bei der Ausbildung als **Braune Wanne** wird auf die Wandaußenfläche anstatt einer Bitumenabdichtung eine dünne Schicht z.B. in Form von Matten oder Pappen aus Bentonit befestigt. Das Bentonit hat die Eigenschaft bei Wasserkontakt aufzuquellen, wodurch die abdichtende Wirkung hervorgerufen wird. Diese Art der Ausbildung ist jedoch in der Praxis weniger häufig vorzufinden.

Bei Ausbildung der Kellerwände aus Beton werden die Schwarzen Wannen heute mehr und mehr durch die **Weißer Wannen** ersetzt. Bei diesen übernimmt der Konstruktionsbeton von mindestens ca. 25 bis 30 cm Dicke neben der Trag- auch die Dichtfunktion. Die Dichtigkeit bei den Weißer Wannen wird durch das Einhalten bestimmter konstruktiver und betontechnologischer Maßnahmen erreicht, die planerisch vorgegeben und umgesetzt werden müssen.

Durch die Betonzusammensetzung, z.B. Zementart, w/z-Wert, Mindestzementgehalt, wird der Beton als sog. wasserundurchlässiger Beton (WU-Beton) hergestellt. Dieser zeichnet sich aus durch eine geringe Eindringtiefe von Wasser in das Porengefüge. Gleichzeitig soll beim Abbinden des Beton nur eine geringe Wärmeentwicklung (Hydratationswärme) stattfinden, um Temperaturzwängungen zu minimieren.

Da Beton naturgemäß nur geringfügige Zugkräfte aufnehmen kann, wird er in aller Regel als Verbundwerkstoff mit Stahl bewehrt. Der Bewehrungsstahl hat dabei die Aufgabe, die in einem Stahlbetonbauteil infolge äußerer Belastung und Zwängungen auftretenden Zugkräfte aufzunehmen, wenn der Beton aufgrund seiner geringen Zugtragfähigkeit aufreißt. Risse in einem Stahlbetonbauteil sind daher konstruktionsbedingt völlig normal und nicht als Mangel anzusehen, jedoch dürfen die Rißbreiten je nach Erfordernis bestimmte Maße nicht überschreiten. Über die Durchmesser der Bewehrungsstäbe, deren geometrischen Anordnung (Abstand zueinander und zum Rand) und über die eingelegte Stahlmenge läßt sich die auftretende Rißbreite in Verbindung mit der Betonrezeptur mehr oder weniger regulieren.

Das klassische Abdichtungskonzept der Weißen Wanne geht nun davon aus, die Rißbreiten der unvermeidlich auftretenden Risse so klein zu halten, daß durch die feinen Risse kein Wasser durch die Außenwand dringen kann bzw. die eindringenden Mengen so gering sind, daß sie auf der Innenseite wieder verdunsten können. Das Druckniveau des auf die Außenwand anstehenden Wassers und die Bauteildicke sind hierfür weitere wesentliche Bemessungskriterien. Je nach Anforderung müssen bei einer Weißen Wanne mittlere rechnerische Rißbreiten von 0,1 bis 0,2 mm eingehalten werden. Es sei angemerkt, daß bei üblichen Bauwerken für eine Weiße Wanne zur Rißbreitenbegrenzung eine deutlich höhere Bewehrungsmenge erforderlich ist als für den normalen Lastabtrag benötigt wird. Dieser Aspekt ist bei der Konzeption eines dichten Bauwerks zu beachten.

Neben dem Beton und Stahl sind die Fugen wichtige Konstruktionselemente zur Gewährleistung der Dichtigkeit einer Weißen Wanne. Man unterscheidet dabei zwischen Arbeits- und Dehnfugen. Da ein Betonbauwerk nicht „aus einem Guß“ hergestellt werden kann, ergeben sich zwangsläufig sog. Arbeitsfugen immer dort, wo ein Arbeitsabschnitt zu Ende ist, an den später ein weiterer Abschnitt angesetzt wird. Bei den Arbeitsfugen läuft die Bewehrung in der Regel zur Kraftübertragung mit vollem Querschnitt durch. Einige typische Varianten der dichten Ausbildung von Arbeitsfugen sind der

- Einbau von innenliegenden (im Querschnitt) oder außenliegenden (an der Außenseite des Querschnittes) Fugenbändern aus Kunststoff (Abb. 2b, 2d, 2e),
- Einbau von innenliegenden Fugenblechen (Abb. 2c, 2f),
- Einbau von Verpreßschläuchen (Abb. 4),
- Einbau von Quellbändern.

Die Anordnung von Fugen kann auch aus statisch-konstruktiven Überlegungen erfolgen, um Zwängungen und somit ein unkontrolliertes Aufreißen von Bodenplatte oder Außenwänden zu vermeiden. Ausgangspunkte für ein Aufreißen sind insbesondere Querschnittsprünge, Querschnittsschwächungen oder Bodenplattenversprünge, die zu besonderen Zwängungen führen. Deshalb sollte bereits in der Entwurfsphase darauf geachtet werden, Bodenplatten möglichst eben und gleichförmig auszubilden. Die Arbeitsabschnitte sollten so gewählt werden, daß möglichst wenig Zwängungen entstehen. Trotz entsprechender Vorbereitung der Fugen (Herstellen von Sauberkeit und Rauigkeit, Vornässen etc.) stellen die Fugen erfahrungsgemäß bezüglich der Dichtigkeit immer wieder besondere Schwachstellen dar.

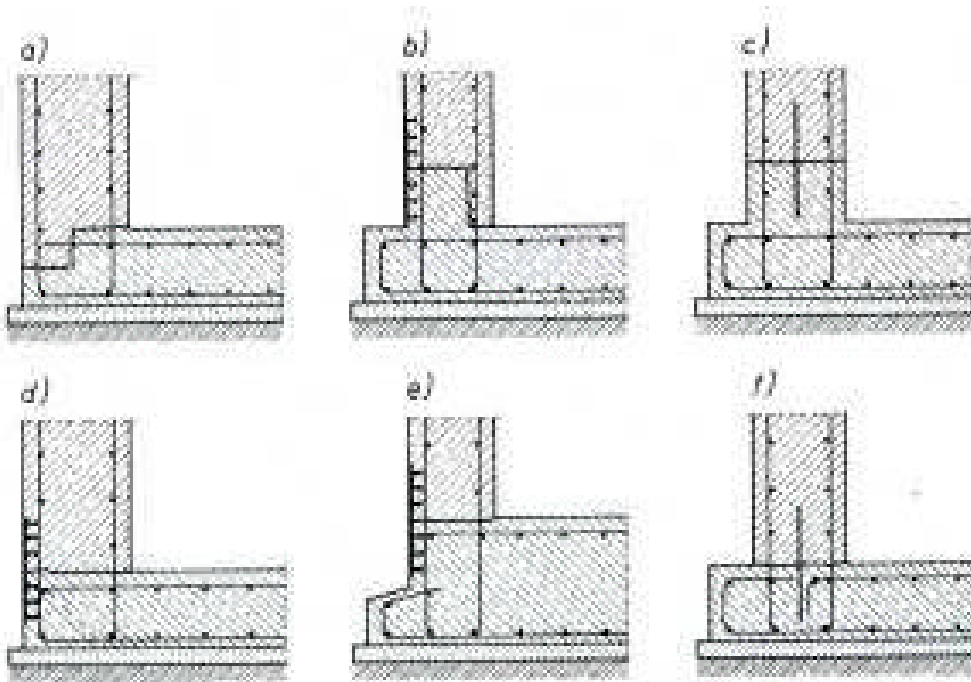


Abb. 2: *Mögliche Ausbildungen von Arbeitsfugen zwischen Sohle und Wand (aus [1])*

Im Gegensatz zu Arbeitsfugen sollen Dehnfugen zwängungsfreie Relativbewegungen von angrenzenden Bauteilen ermöglichen, wie z.B. bei unterschiedlichen Temperaturdehnungen oder Setzungen. Bei diesen Fugen geht die Bewehrung nicht zur Kraftübertragung über die Fuge hinweg (siehe Abb. 3). Die hier zum Einsatz kommenden innen- oder außenliegenden Dehnfugenbänder bestehen aus einem Dehn- und einem Abdichtungselement.

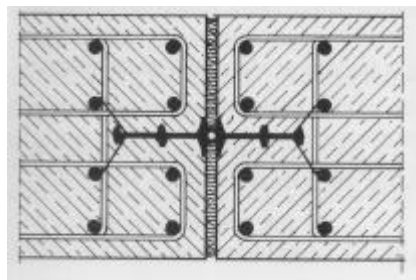


Abb. 3: *Ausbildung einer Dehnfuge mit innenliegendem Fugenband am Beispiel einer Fuge zwischen zwei Bodenplattenabschnitten (aus [1])*



Abb. 4: *Beispiele für Arbeitsfugen mit Verpreßschläuchen*
Links: vertikale Arbeitsfuge in einer Bodenplatte.
Rechts: horizontale Arbeitsfuge zwischen Bodenplatte und Außenwand.

In der Regel ist ein neu zu erstellendes Bauwerk – im Gegensatz zu gängigen Industrieprodukten wie z.B. Autos oder elektrischen Geräten – jedes für sich ein Prototyp, ein Unikat, obwohl immer wieder gängige Konstruktionsprinzipien und Herstellungsverfahren eingesetzt werden. Zusätzlich ist der Bauablauf meist bestimmt durch einen immer stärker werdenden Kosten- und Termindruck. Obwohl dies nicht so sein sollte, beeinflussen nicht selten auch die Wetterverhältnisse die Qualität der Ausführung – schließlich müssen die meisten Arbeiten von Menschen getätigt werden. Wegen des zur Zeit herrschenden Marktes sind die Ausführenden oft stark unterbezahlt, mit der Folge, daß immer mehr unqualifiziertes Personal zum Einsatz kommt. Vor diesem Hintergrund ist der Kontrolle von Planung und Ausführung ein hoher Stellenwert beizumessen.

So ist es nicht selten festzustellen, daß ein als wasserundurchlässig geplantes Bauteil – Bodenplatte, Außenwände – nennenswerte Durchfeuchtungen aufweist infolge von schlechtem Betongefüge, mangelhaft ausgebildeten Fugen oder großen entstandenen Rissen. Ursachen sind oft schlechte bis keine Verdichtung, falsche Verarbeitungskonsistenz, falsche Betonrezeptur, mangelhafte Vorbereitung von Fugen, falscher Einbau von Fugenbändern und Verpreßschläuchen, mangelnde Nachbehandlung des Betons, falsche konstruktive Ausbildung hinsichtlich oft nicht beachteter Zwängungsbeanspruchungen (siehe z.B. Abb. 5 bis Abb. 7).

Fugenbänder werden häufig nicht sachgerecht eingebaut, in ihrer Lage nicht ordentlich gesichert oder beim Verdichten des Betons in diesem Bereich nicht die entsprechende Sorgfalt walten gelassen. Abb. 8 zeigt als Beispiel ein unsachgemäß eingebautes außenliegendes Fugenband mit Betonfehlstellen im Bereich des Fugenbandes. Das Fugenband hat über weite Bereiche keinen Verbund mit dem Beton.



Abb. 5: *Durchfeuchtungen in der Bodenplatte einer Weißen Wanne infolge unzureichender Verdichtung des Betons während der Betonage*



Abb. 6: *Durchnässende Risse in einer Weißen Wanne
Links: in der Bodenplatte
Rechts: in der Arbeitsfuge zwischen Bodenplatte und aufgehender Außenwand*



Abb. 7: *Beispiele für undichte Fugen: links eine Arbeitsfuge, rechts eine Dehnfuge*



Abb. 8: *Ausführungsmangel an einem außenliegenden Fugenband; es hat über weite Bereiche keinen Verbund mit dem Beton der Außenwand der weißen Wanne; weiterhin sind Betonfehlstellen im Bereich des Fugenbandes zu erkennen.*

Bei der planerischen Durchbildung einer Weißen Wanne kann man jedoch auch das klassische Bemessungskonzept – Reduzierung der Rißbreite durch Einlegen entsprechender Bewehrung – verlassen. Da trotz sorgfältigster Planung und Ausführung nicht hundertprozentig auszuschließen ist, daß der Beton Risse bekommt und die dann vorhandenen Risse trotz kleiner Rißbreiten eventuell doch Feuchtigkeit eindringen lassen und daher abgedichtet werden müssen, kommt zunehmend ein alternatives Konzept zur Anwendung. Hiernach wird nur die für die Tragfähigkeit der Außenwände und Bodenplatte der Weißen Wanne erforderliche Bewehrung eingebaut. Auf zusätzliche Bewehrung zur Beschränkung der Rißbreite wird verzichtet. Man nimmt bewußt in Kauf, daß die Bauteile infolge Zwangsbeanspruchungen aufreißen. Durch die geringere Bewehrungsmenge sind die Rißbreiten bei i.d.R. geringerer Anzahl der auftretenden Risse in der Regel größer und somit die Wahrscheinlichkeit der Durchfeuchtung sehr hoch. Die Risse müssen demzufolge mit entsprechenden Verfahren nachträglich verpreßt werden. In vielen Fällen übersteigt der Einsparungseffekt bei der zu verlegenden Bewehrung die erforderlichen Aufwendungen für die Risseserpressung. Dieses Konzept wird häufig von Generalunternehmern verfolgt, weil diese unmittelbar von einem solchen Einsparungseffekt profitieren.

Wenn eine Schwarze Wanne einmal undicht geworden ist, ist es vergleichsweise schwierig, die Lage der Fehlstelle in der Abdichtung zu lokalisieren, weil sich das über eine Fehlstelle der Abdichtungsebene eingedrungene Wasser hinter der Abdichtungsebene verteilen kann. Die Lagen der feuchte Stellen an den Wandinnenflächen sind mit den Lagen der Leckagestellen in der Regel nicht identisch. Häufig wird man um ein Aufgraben der Außenwände nicht

herumkommen. Über eine Flächenvergelung an den Außenflächen oder zwischen der Abdichtungsebene und Außenwand der Schwarzen Wanne lassen sich nicht mehr zugängliche Außenflächen abdichten (Abb. 9).

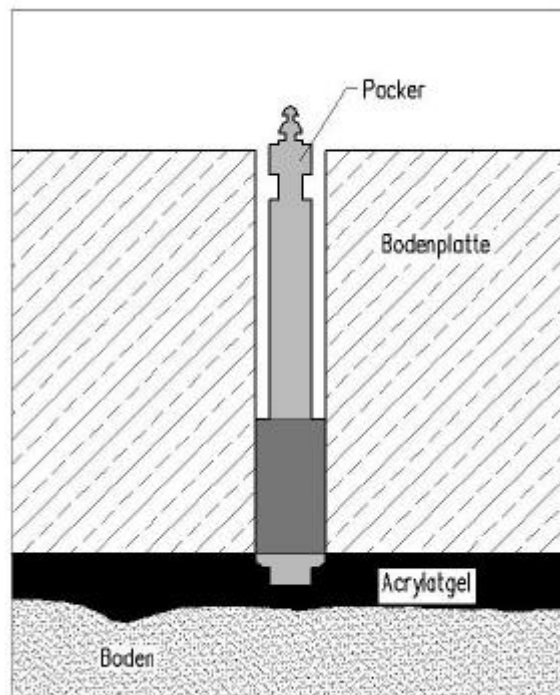


Abb. 9: *Prinzip einer Flächenvergelung: Über in einem definierten Raster durch die Außenwände/Bodenplatte des Gebäudes gesetzte Bohrungen wird ein Dichtungsschleier injiziert.*

Bei einer weißen Wanne lassen sich im Gegensatz zur Schwarzen Wanne die Leckagestellen ohne großen Aufwand i.d.R. genau lokalisieren. Über ein gezieltes Schließen der Risse mittels Verpressung können die Leckagestellen abgedichtet werden. Erforderlichenfalls ist auch ein kraftschlüssiges Verpressen möglich. Für die Durchführung solch einer Sanierungsmaßnahme wird auf das Merkblatt unseres Büros zum Thema „Rißverpressung“ sowie auf die Literatur [3] bis [5] verwiesen.

Bei feinen Rissen, aus denen nur wenig Feuchtigkeit austritt, ist nicht in jedem Fall eine Verpressung erforderlich. Aufgrund der langsamen Durchströmgeschwindigkeiten des Wassers in den feinen Rissen findet hier eine weitere Hydratation statt, die allmählich zu einem Schließen dieser Risse führen kann. Man spricht in diesem Zusammenhang von Selbstheilung. In solchen Fällen wird empfohlen, die Situation mehrere Wochen zu beobachten und erst dann über weitere Maßnahmen zu entscheiden.

Literatur

- [1] G. Lohmeyer: Weiße Wannen einfach und sicher. Beton Verlag. Düsseldorf 1991.
- [2] A. Pauser: Beton im Hochbau. Verlag Bau und Technik. Düsseldorf 1998.
- [3] ZTV-Riß 93. Zusätzliche technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für das Füllen von Rissen in Betonteilen. Verkehrsblatt Dokument B 5237. Verkehrsblatt Verlag Dortmund 1993.
- [4] Deutscher Ausschuß für Stahlbeton. DAfStb-Richtlinie. Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen (Instandsetzungsrichtlinie) 1990
- [5] Deutscher Ausschuß für Stahlbeton. DAfStb-Richtlinie. Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen (Instandsetzungsrichtlinie) Entwurf Oktober 2000.