



BEITRAG ZU WIRTSCHAFTLICHKEITSUNTERUCHUNGEN BEIM EINSATZ VON BETON

Yaarob Al Ghanem

*Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig,
132 Karl-Liebknecht-Str., D-40277 Leipzig, Deutschland
E-mail: alghanem@fbh.htwk-leipzig.de*

Empfangen 12 Dezember 2005; angenommen 15 September 2006

Zusammenfassung. Die wasserundurchlässige Ausführung von Betonbauten verhindert das Eindringen von Wasser in die Bauwerke sowie das Austreten von Flüssigkeiten aus Betonbehältern. Eindringendes Wasser kann zur Einschränkung oder zur Aufhebung der Funktion von baulichen Anlagen führen. Diese wasserundurchlässigen Bauwerke können in verschiedenen Bauweisen hergestellt werden, z. B. als Schwarze Wanne, Braune Wanne oder als Weiße Wanne. Jede dieser Varianten hat Vor- und Nachteile, wobei in diesem Artikel die Weiße Wanne favorisiert wird. Bei dieser Bauweise werden entsprechende Maßnahmen getroffen, die das Entstehen von wasserführenden Rissen verhindern sollen.

Schlüsselwörter: Bauwerk, Flüssigkeit, Einschränkung, Bauweise, Riß.

COST EFFECTIVENESS ANALYSIS OF THE APPLICATION OF CONCRETE

Yaarob Al Ghanem

*Leipzig University of Applied Sciences,
132 Karl-Liebknecht-Str., D-40277 Leipzig, Germany
E-mail: alghanem@fbh.htwk-leipzig.de*

Received 12 December 2005; accepted 15 September 2006

Abstract. The waterproof quality of concrete structures prevents the penetration of water into the structure as the outflow of water through concrete dam. Water penetration can lead to the limitation or abolishment of the function of structures. Waterproof structures can be made in different construction methods, e.g. as a Black Tray, Brown Tray or White Tray. Each of these variants has its advantages and disadvantages, but the White Tray is preferred in this paper. In this construction method adequate measures are taken in order to prevent the formation of water-bearing cracks.

Keywords: Building, liquid, restriction, structure, crack.

1. Einleitung

Bauwerke, die sich ganz oder teilweise im Grundwasser befinden, müssen gegen drückendes Wasser abgedichtet werden. Diese Abdichtungen werden in zwei Gruppen unterschieden:

– Haut- Abdichtungen z. B. Bitumen oder Bentonit,

– Starre Abdichtungen z. B. WU- Beton (wasserundurchlässiger Beton).

In diesem Beitrag wird auf den Einsatz des Baumaterials „Beton“ als Abdichtungsmittel gegen das Eindringen von Wasser in Bauwerke eingegangen.

Wie wir heute alle wissen, kann der Baustoff Beton nicht nur die statischen Aufgaben erfüllen, sondern es ist auch

möglich dem Beton eine abdichtende Funktion gegen das Eindringen von Wasser zu verleihen.

Bauwerke, die aus diesem WU-Beton hergestellt worden sind, bezeichnet man als Weiße Wannen, und wo es weiß gibt, gibt es auch andere Farben wie schwarz oder braun. Also es gibt auch Schwarze Wannen und Braune Wannen. Jede Variante hat ihre Vor- und Nachteile.

Hierzu wurde eine Untersuchung an einem fiktiven Kellergeschoss (siehe Bild 1) für alle 3 Varianten (Weiße Wanne, Braune Wanne und die Schwarze Wanne), mit dem Ziel durchgeführt, die Auswirkung der drei unterschiedlichen Abdichtungsverfahren auf das Bauwerk festzustellen und durch eine eingehende Analyse des Materialverbrauchs die Grundlagen für einen möglichst realen Kostenvergleich zu schaffen.

Folgende Annahmen wurden für die Abmessungen und das Material für den fiktiven Keller getroffen:

- Länge: 30 m,
- Breite: 25 m,
- Stahlbetonstützen in einem gleichmäßigen Raster von 5,0 m x 7,5 m mit einem Querschnitt von 0,40 m x 0,40 m,
- Dicke der Kellerwände: 0,30 m; Höhe 3,0 m,
- Zulässige Bodenpressung: 300 kN/m²,
- Betonstahlgüte:
BSt. 500 S (IV S) bzw. BSt 500 M (IV M).

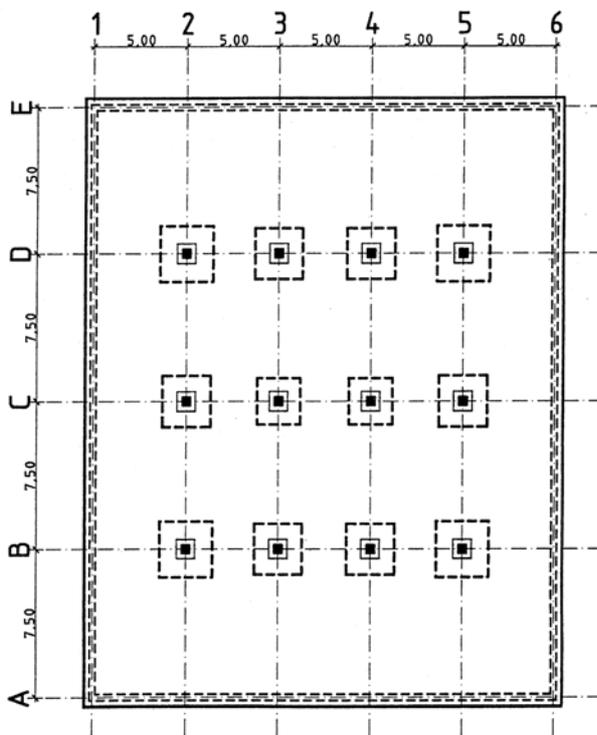


Bild 1. Keller mit Bodenplatte, Fundamenten, Stützen und Wänden

Fig 1. Basement with base plate, foundations, props and walls

2. Definitionen

2.1. Schwarze Wanne

Als Schwarze Wanne bezeichnet man Gebäudeflächen (meistens Kellerbereiche), die durch Bitumen- oder Kunststoffbahnen allseitig umschlossen sind. Diese Abdichtung wird in drei Lagen auf der Wasserseite in der Regel als Außenabdichtung ausgeführt (siehe Bild 2 und 3).

Eine Ausnahme bildet die Abdichtung von Wasserbehältern oder Schwimmbecken. Hier werden die Abdichtungsbahnen an der Wandinnenseite als Innenabdichtung ausgeführt [1, 10].

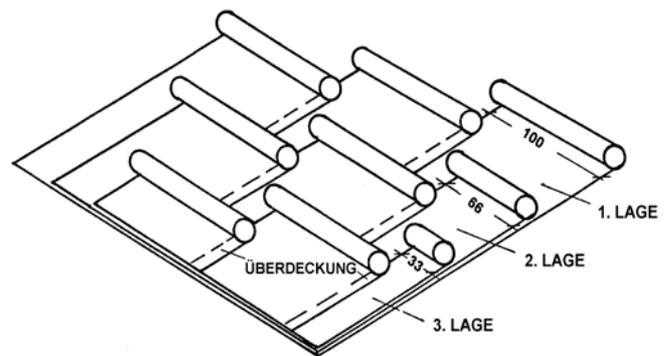


Bild 2. Dreilagige Bitumenbahnabdichtung [1]

Fig 2. Roof cover of three bituminous layer [1]

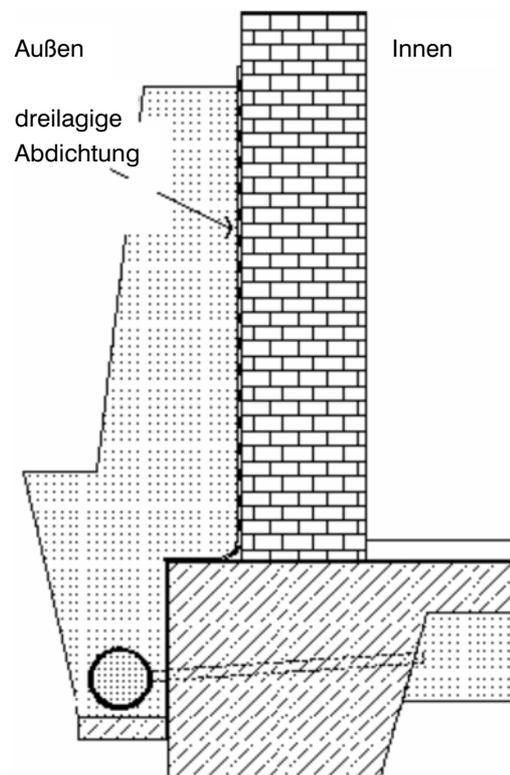


Bild 3. Lage der Abdichtungsbahnen bei der Schwarzen Wanne [10]

Fig 3. Position of sealing made by method Black Tray [10]

2.2. Braune Wanne

Die Braune Wanne ist eine Konstruktion aus wasserundurchlässigem Beton und Bentonitdichtschicht, die die abdichtende Aufgabe in den Arbeitsfugen übernehmen. Die Bentonitdichtmatten werden wasserseitig (außen) an der Betonkonstruktion z. B. im Übergangsbereich zwischen Bodenplatte und aufgehenden Wänden angeordnet (siehe dazu Bild 4).

Die Arbeitsfugen bei der Braunen Wanne werden gemäß der bauaufsichtlichen Zulassung Nr. z 27.2-101 vom 19.01.1984 und den dazugehörigen Verarbeitungsrichtlinien zusätzlich durch einen Injektionsschlauch oder Abdichtungsband gesichert.

Bentonit ist ein tonhaltiges Gestein, das durch die Verwitterung vulkanischer Asche entstanden ist. Seinen Namen erhielt Bentonit nach der ersten Fundstätte bei Fort Benton, Wyoming (USA).

Funktionsweise

Der Bentonit ist in der Lage, das Fünf- bis Siebenfache seines Gewichtes an Wasser zu binden und damit sein Volumen theoretisch bis auf das Zwölfache zu vergrößern. Wird die Quellung in ihrer Ausdehnung durch die Auflast der Fundamentplatte oder der Anpressdruck der Hinterfüllung behindert, entsteht infolge des Quelldrucks eine hochabdichtende Wirkung. Der trockene Bentonit wandelt sich in eine gelförmige Bentonithaut, die das Bauwerk sicher umschließt und jede Umläufigkeit des Wassers verhindert. Hier werden Rissbreiten bis zu 2 mm durch die Bentonitschicht überbrückt.

Durch diese Eigenschaft entsteht eine abdichtende Bentonithaut an der wasserbelasteten Außenseite des Bauwerkes z. B. des Kellers.

2.3. Weiße Wanne

Als Weiße Wanne wird ein Bauwerk im Grundwasserbereich bezeichnet, dessen Bodenplatte und Außenwände aus wasserundurchlässigem Beton hergestellt werden. Die Betonteile sind gleichzeitig tragend und dicht gegen das Eindringen von Wasser.

Damit die Weiße Wanne ihre abdichtende Funktion gerecht wird, muss nicht nur der Beton, sondern auch die gesamte Konstruktion (Fugen, Durchführungen) die Anforderungen an die Wasserundurchlässigkeit erfüllen (siehe Bild 5 und 6a).

Zusätzliche Abdichtungsschichten wie bei der Schwarzen Wanne benötigt, sind bei der Weißen Wanne nicht erforderlich (siehe Bild 6b). Natürlich können Weiße Wannen keine absolute Wasserdichtigkeit gewährleisten. Ein geringer Feuchtetransport infolge Diffusion, Druckgefälle oder kapillarer Saugfähigkeit ist vorhanden.

Folgende Punkte sollen bei der Herstellung der Weißen Wanne beachtet werden:

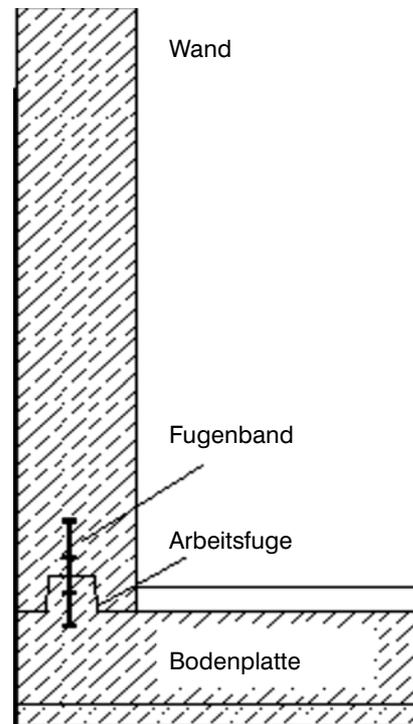


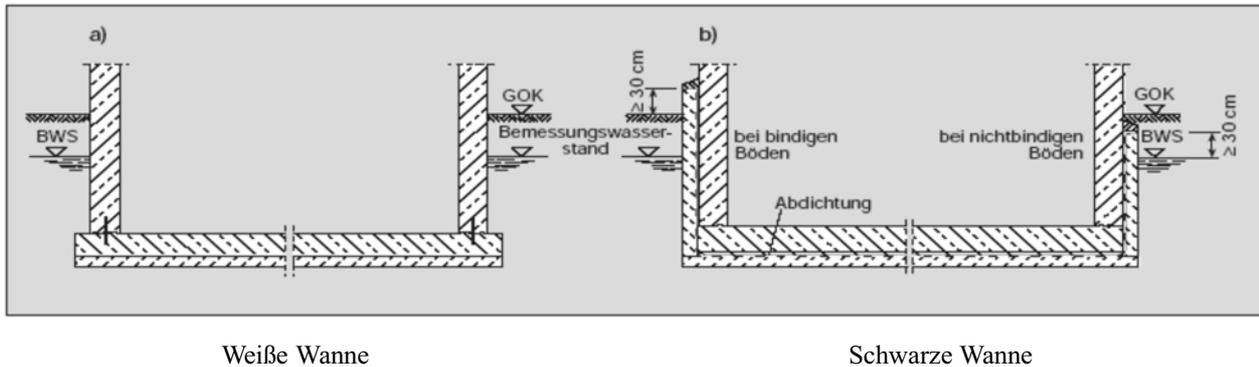
Bild 5. Schnitt Bodenplatte/Wand in einer Weißen Wanne [10]

Fig 5. Cross-section of base plate wall made by method White Tray [10]



Bild. 4. Lage der Bentonitdichtmatten

Fig 4. Position of the coat of „Bentonit“



Weiße Wanne

Schwarze Wanne

Bild 6. Weiße Wanne im Vergleich zur Schwarzen Wanne [15]**Fig 6.** The comparison between White Tray and Black Tray methods [15]

1. Arbeits- und Dehnfugen müssen wasserdicht ausgeführt werden. Dafür werden Fugenbänder, Fugenbleche, Quellbänder oder Verpressschläuche eingesetzt, s. Bild 5.

2. Die Begrenzung der Rissbreite des Stahlbetons wird auf höchstens 0,2 mm festgelegt.

3. Einbau, Verdichten und Nachbehandeln des Betons müssen sorgfältig ausgeführt werden.

Wie die richtige Ausführung der Schwarzen Wanne zu erfolgen hat, ist in der DIN18195 sowie in der VOB/C beschrieben. Ausführungsdetails sind in der Fachliteratur vorhanden, wonach sich die Fachfirmen richten müssen.

Bei der Weißen Wanne ist dagegen bis heute kein übergeordnetes Regelwerk für deren Ausführung vorhanden.

Für die Ausführung von Weißen Wannen gibt es in Deutschland z. Zeit keine festen Regeln. Die DIN 1045, Erläuterungen im DAfStb-Heft 400, Merkblätter des Deutschen Beton- und Bautechnik-Vereins und die neu erschienene DAfStb-Richtlinie (11/2003) [11] beinhalten zwar Regelungen für die Herstellung von wasserundurchlässigem Beton (Betontechnologie), aber sie haben keine ausreichenden Informationen über die Bauweise bzw. Konstruktion der Weißen Wanne.

Die Weiße Wanne ist nicht allein durch das Verwenden von Beton mit hohem Wassereindringwiderstand zu erzielen. Die Konstruktion dieser Bauwerke (z. B. Fugen, Risse, Setzungen) und die Qualität der Ausführung spielen eine große Rolle bei dem Gelingen der Aufgaben der Weißen Wanne [3, 13].

3. Kostenvergleich

Kostenvergleiche sind in jedem Fall kritisch zu betrachten. Selbst genau beschriebene Einzelleistungen werden von Bieter unterschiedlich bewertet und angeboten. Da jedoch neben den technischen Vor- und Nachteilen die wirtschaftlichen Aspekte bei der Auswahl der Abdichtungsart eine entscheidende Rolle spielen, sind in der

Tabelle 1 die Kosten der drei Ausführungsmöglichkeiten gegenüber dargestellt.

In der Tabelle 1 ist erkennbar, dass die Kosten für die Weiße Wanne am günstigsten sind. Setzt man diese Kosten mit 100 Prozent an, ergeben sich für Braune Wannen Mehrkosten von ca. 5 bis 10 Prozent, für Schwarze Wannen von etwa 55 Prozent.

Entscheidend für den Kostenvergleich ist die Höhe der Kosten für den Einbau des Betons und der Bewehrung, das Nachverdichten und Nachbehandeln sowie für die Fugenausbildung bei der Weißen Wanne. Diese Kosten wurden bewusst hoch angesetzt, damit eine sorgfältige Ausführung dieser Arbeiten in jedem Fall gewährleistet ist. Auch die Dicke der einzelnen Bauteile hat wesentliche Auswirkungen auf die Verhältniszahlen. Hieraus erkennt man, dass Kostenvergleiche nicht nur problematisch sind, sondern in jedem Fall differenziert betrachtet werden sollten [5, 9, 11].

Erfahrungsgemäß stellt der billige Preis nicht immer die preiswerteste oder wirtschaftlichste Lösung dar.

4. Bauweise der Weißen Wanne

Bei der Herstellung der Weißen Wanne kann zwischen drei Bauweisen unterschieden werden:

1. Bauweise mit verminderter Rissbildung (verminderter Zwangbeanspruchung).

2. Bauweise mit beschränkter Rissbreite (Hydratationswärme).

3. Bauweise mit Rissbildung (kostengünstig).

Das Ziel der ersten Bauweise ist, das Entstehen von Rissen möglichst zu verhindern. Risse entstehen im Beton, wenn die Zugbeanspruchung größer als die Zugfestigkeit des Betons wird. Aus diesem Grund müssen Zugbeanspruchungen, die durch Belastung und Zwangbeanspruchungen der Bauteile entstehen, gering gehalten werden. Dies wird durch konstruktive, betontechnologische und ausführungstechnische Maßnahmen erzielt [2, 3].

Bei der 2. Variante nimmt die eng liegende Bewehrung

Tabelle 1. Kostenvergleich zwischen drei Abdichtungsarten: Schwarze Wanne, Weiße Wanne und Braune Wanne**Table 1.** Cost comparison between three kinds of sealing made by Black Tray, White Tray and Braun Tray methods

Kostenvergleich			
	Schwarze Wanne	Weiße Wanne	Braune Wanne
Nutzung	keine Auswirkungen	Auswirkungen	geringe Auswirkungen
Chemischer Angriff	Tragkonstruktion geschützt	Tragkonstruktion Angriffen ausgesetzt	Tragkonstruktion geschützt
Bauzeit	Auswirkungen auf Bauzeit möglicherweise intensiv	Bewehrungsproblematik, sonst keine Auswirkungen	praktisch ohne Auswirkungen
Witterung	Herstellung sehr witterungs- abhängig	Herstellung bedingt witterungsabhängig	Herstellung praktisch witterungs-unabhängig
Konstruktion	geringe Anforderungen an die Baukonstruktion	große Anforderungen an die Baukonstruktion	geringe Anforderungen an die Baukonstruktion
Technologie und Regelwerk	durch Normen geregelt	kein festes Regelwerk, jedoch Stand der Technik	kein festes Regelwerk
Schadensregulierung	sehr aufwendig	Schadensauftreten wahrscheinlich, Regulierung relativ einfach	Regulierung größtenteils durch Selbstheilung
Kosten	relativ hoch	relativ gering	relativ gering
Kosten: Bsp. Keller 25 x 30 m Mehrkosten %	62,5 € / m ³ 140 625,00 € 55 %	40,62 € / m ³ DM 91 395,00 € -	44,53 € / m ³ 100 192,50 € 10 %

die Zugspannungen auf. Die Zugspannungen werden durch Last und Zwang verursacht. Diese Bewehrung hat die Aufgabe, die eventuell entstehenden Risse in ihre Breite zu beschränken, so dass sie wasserundurchlässig bleiben und die Dauerhaftigkeit des Bauwerkes nicht beeinträchtigen.

Die Anordnung von Fugen entfällt, wenn der Bewehrung die volle Zwangbeanspruchung zugewiesen wird. Die Menge der Bewehrung ist größer als bei der 1. Bauweise. Bei der 3. Bauweise wird auf eine umfangreiche rissverteilende Bewehrung sowie auf enge Fugenabstände verzichtet. Das Entstehen von Rissen wird toleriert. Wasserführende Risse werden fach- und plangemäß geschlossen. Diese Variante setzt zwei Bedingungen voraus. Erstens die Möglichkeit der Verpressung der Risse muss gegeben sein und zweitens der Auftraggeber muss dieser Bauweise zustimmen.

5. Risse in der Betonkonstruktion

5.1. Ursachen der Risse

Es gibt keinen Betonbau ohne Risse. Risse sind harmlos, wenn sie mit dem menschlichen Auge nicht zu sehen sind. Ist dies nicht der Fall, dann beginnen diese Risse, abhängig von ihrer Lage, Breite, Breitenänderungen und dem Entstehungsgrund, eine negative Rolle bei der Dauerhaftigkeit des Betonwerkes zu spielen. Entsprechende Maßnahmen für das dauerhafte Schließen der Risse müssen dann eingeleitet werden. Im wasserundurchlässigen Beton

werden die Risse dauerhaft mit geeignetem Füllmaterial abgedichtet. Risse können im noch nicht erhärteten sowie im bereits erhärteten Beton entstehen (siehe Tab. 2).

5.2. Rissarten

Es gibt verschiedene Rissarten im Stahlbetonbau. Im Allgemeinen wird zwischen Schalenrissen und Trennrissen unterschieden.

Schalenrisse: Sie sind oberflächennahe Risse, die durch zu große Temperatur- und Feuchtigkeitsdifferenzen zwischen dem Kern des Betons und der Oberfläche des Betons entstehen. Sie sind einige Zentimeter tief und schließen sich nach einigen Wochen wieder.

Trennrisse: Sie durchlaufen den gesamten Betonquerschnitt senkrecht zur Kontaktfläche. Diese Risse entstehen meist zwischen bereits hergestellten Fundamenten und neu betonierten Wänden. Tabelle 3 beinhaltet einige der Rissarten und der Grund ihre Entstehung [4, 5, 8, 9, 12, 14].

5.3. Rissbildung infolge Zwangbeanspruchungen

Der Beton erfährt während des Erhärtens entsprechend den Untersuchungen von Springenschmid und Nischer fünf verschiedene Stadien, die in der Bild 7a, 7b dargestellt sind.

Stadium I: Endet nach etwa zwei Stunden mit dem Erstarrungsbeginn des Zements. Es findet noch keine Temperaturerhöhung infolge Hydratation statt.

Stadium II: Endet nach ca. fünf Stunden. Es ist gekennzeichnet durch einen Temperaturanstieg infolge

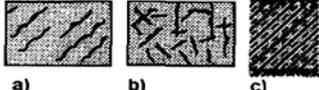
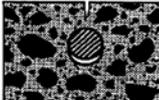
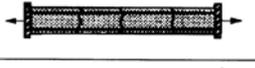
Tabelle 2. Ursachen der Entstehung von Rissen [12]

Table 2. Causes of the of cracks origin [12]

Medium des Risses	noch nicht erhärteter Beton	bereits erhärteter Beton
Ursachen des Risses	<ul style="list-style-type: none"> – Setzen des Frischbetons – Frührschwinden – Verformung der Schalung – Temperaturveränderungen 	<ul style="list-style-type: none"> – Eigenspannungen – Zwangsbeanspruchung – äußere Einwirkungen z.B. statische oder dynamische Lasten
Gegenmaßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> – entsprechende Betonrezepturen – Nachverdichten des Betons – entsprechenden Nachbehandlungsmaßnahmen 	<ul style="list-style-type: none"> – Wahl geeigneter Bauteilabmessungen – Planen von Dehnungsfugen – richtige Bemessung und Ausführung der Bewehrung

Tabelle 3. Übersicht über typische Rissarten und ihre Erscheinungsformen [14]

Table 3. Overview of typical kind of cracks and their appearance [14]

Zeile	Risse nach ihrer Ursache	Erscheinungsform	Beschreibung
1	Risse infolge der rheologischen Eigenschaften	Oberflächige Netzrisse 	Treten vor allem an der Oberfläche von flächigen Bauteilen auf. Sie können der Bewehrung folgen, aber auch „wild“ verlaufen. Die Risttiefe ist meist gering.
2		Schwindrisse 	Durch die Volumenminderung infolge Schwindens treten diese Risse dort auf, wo die Bewehrung nicht ausreichend ausgebildet ist. Die Risse gehen meist durch die ganze Bauteildicke und verlaufen „wild“.
3		Risse längs der Bewehrung 	Verlaufen häufig oberhalb von oberliegenden Bewehrungsstäben an nicht geschalteten Bauteilflächen. Je nach Ursache entstehen Fehlstellen unter der Bewehrung.
4	Risse infolge von äußeren Kräften bzw. Zwang	Biegerisse 	Verlaufen etwa senkrecht zur Biegezugbewehrung; beginnen am Zugrand und enden im Bereich der Nulllinie.
5		Schubrisse 	Biulden sich aus Biegerissen; verlaufen meist schräg zur Stabachse; treten im Bereich großer Querkräfte auf.
6		Trennrisse 	Verlaufen durch den gesamten Querschnitt; treten bei zentrischem Zug oder bei Zugbeanspruchung mit kleiner Ausmitte auf.
7		Verbundrisse 	Verlaufen parallel zu den Bewehrungsstäben. Diese Risse treten vor allem im Verankerungsbereich der Bewehrung auf.

Hydratationswärmeentwicklung. Die zugehörige Volumenvergrößerung wird behindert, was zur Entstehung von Stauchungen führt.

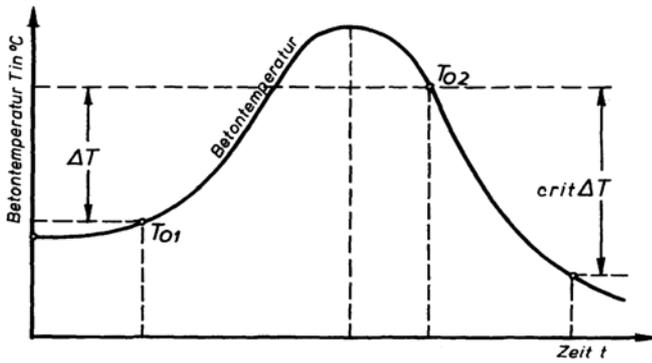
Die Temperatur am Ende dieses Stadiums wird als „erste Nullspannungs-Temperatur“ T_{01} bezeichnet. Sie liegt über der Frischbetontemperatur.

Stadium III: Ist gekennzeichnet durch die weitere Erwärmung des Betons infolge Hydratation. Durch eine thermisch bedingte Volumenvergrößerung und die behinderten Verformungen des nicht mehr plastisch verformbaren Betons entstehen messbare Druckspannungen im Beton. Mit Erreichen der Maximaltemperatur und der maximalen Druckfestigkeit infolge der Hydratationswärme endet dieses Stadium nach etwa 6 bis 9 Stunden.

Stadium IV: Ist durch die Abkühlung des Betons gekennzeichnet, da mehr Wärme abgeleitet und abgestrahlt wird, als infolge Hydratation entsteht. Gleichzeitig erfolgt eine Volumenverringern, die sich nicht frei einstellen kann, sondern die Verformung wird behindert. Infolgedessen verringern sich die Druckspannungen. Die Betontemperatur, bei der die Druckspannung zu Null wird, nennt man „zweite Nullspannungs-Temperatur T_{02} “. Die Temperaturdifferenz zwischen der zweiten und der ersten Nullspannungstemperatur wird ΔT genannt. Dieses Stadium dauert etwa 9 bis 11 Stunden.

Stadium V: In diesem Stadium kühlt der Beton weiter ab und verringert dadurch weiter sein Volumen. Diese Volumenverringern wird weiterhin behindert, so dass

a)



b)

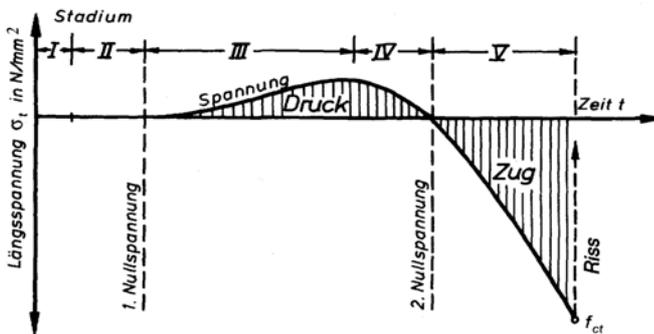


Bild 7. Verhalten des Betons [13]:

- a) Betontemperaturverlauf bei Erwärmung und Abkühlung des Betons infolge Hydratation,
- b) Resultierende Spannungen im Beton bei behinderter Verformung und Rissgefahr bei Erreichen der Betonfestigkeit

Fig 7. Behaviour of the concrete [13]:

- a) Concrete temperature in the course of time: warming and cooling of concrete as a result of hydration
- b) Resultant tensions in the concrete due to its deformation and crack danger by achieving strength of the concrete

Zwängungen entstehen. Es stellen sich Zug-spannungen ein, die schließlich so groß werden, dass die Zugfestigkeit des Betons überschritten wird und sich ein Riss bildet. Die Betontemperatur bei der sich ein Riss bildet, wird als Risstemperatur bezeichnet. Die Differenz zwischen der zweiten Nullspannung-Temperatur und der Risstemperatur wird als kritische Temperaturdifferenz mit $\Delta T_{krit.}$ bezeichnet. Sie ist spezifisch für die unterschiedlichen Zemente. Dieses Stadium dauert etwa 11 bis 15 Stunden [7, 8, 11, 13].

Der klassische Fall für eine hydrationsbedingte Rissbildung (Zwangbeanspruchung) ist bei einem nachträglichen Herstellen von Wänden auf schon erhärteter Bodenplatte, wie auf Baustellen üblich, zu finden. Hier entsteht eine Zwangbeanspruchung durch den Verbund der Wand mit der Fundamentplatte am Wandfuß Bild 8a. Im oberen Teil der Wand kann sich die Wand frei verformen. Wenn die Wand von der Bodenplatte durch kleine Räder völlig getrennt ist,

wie in der Bild 8b dargestellt, kann sich die Wand ungehindert verkürzen, ohne dass Risse entstehen. Da diese theoretische Annahme in der Baustellenpraxis keine Anwendung findet, wird empfohlen, die Bodenplatte und die aufgehenden Wände in einem Arbeitsgang zu betonieren (Bild 8c). Diese Art der Ausführung verhindert weitgehend die Entstehung von Rissen in der Wand, ist aber mit großem Aufwand auf der Baustelle verbunden.

Je kleiner das Verhältnis der Länge der Wand zu ihrer Höhe ist, umso geringer wird die Zwangsbeanspruchung. Bei hohen Wänden entstehen Risse im unteren Bereich, die kurz und fein verteilt sind. Diese Risse sind für das menschliche Auge unsichtbar. Im oberen Wandbereich können sich die Wände unbehindert verformen, ohne dass Risse entstehen Bild 8 a.

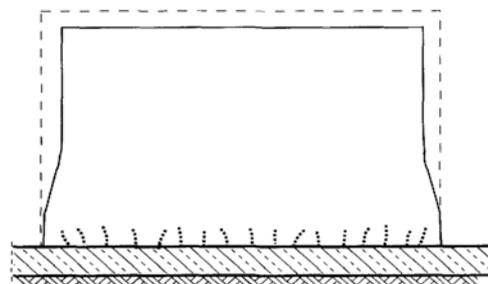


Bild 8a. Bodenplatte mit nachträglich betonierter Wand

Fig 8a. Base plate with afterwards concreted wall

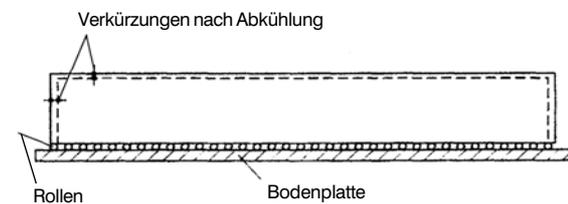


Bild 8b. Wand auf Rädern

Fig 8b. Wall on rollers

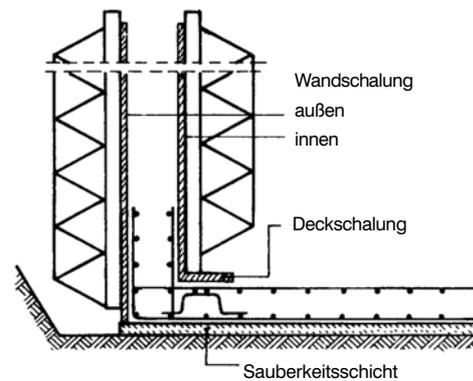


Bild 8c. Vorschlag für die Aufstellung der Wandschalung beim betonieren von Sohle und Wand in einem Arbeitsgang [13]

Fig 8c. Suggestion for the installation of the wall form and concrete pouring of sole and wall in an operation [13]

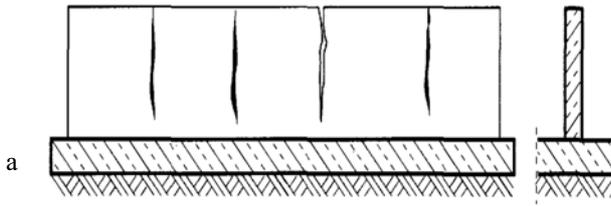


Bild 9a. Bei Wänden mit geringeren Höhen entstehen die Risse kurz über der Bodenplatte und verlaufen meistens bis zur Wandkrone [13]

Fig 9a. In walls with lower heights the cracks briefly originate above the base plate and mostly run up to wall crown [13]

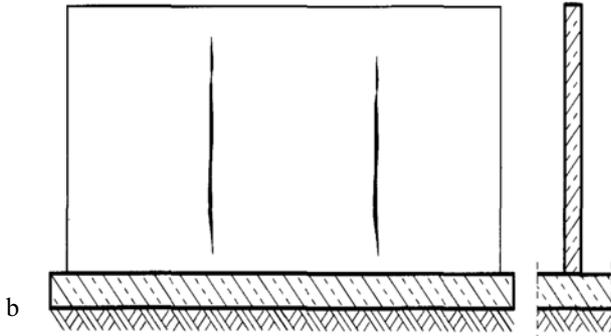
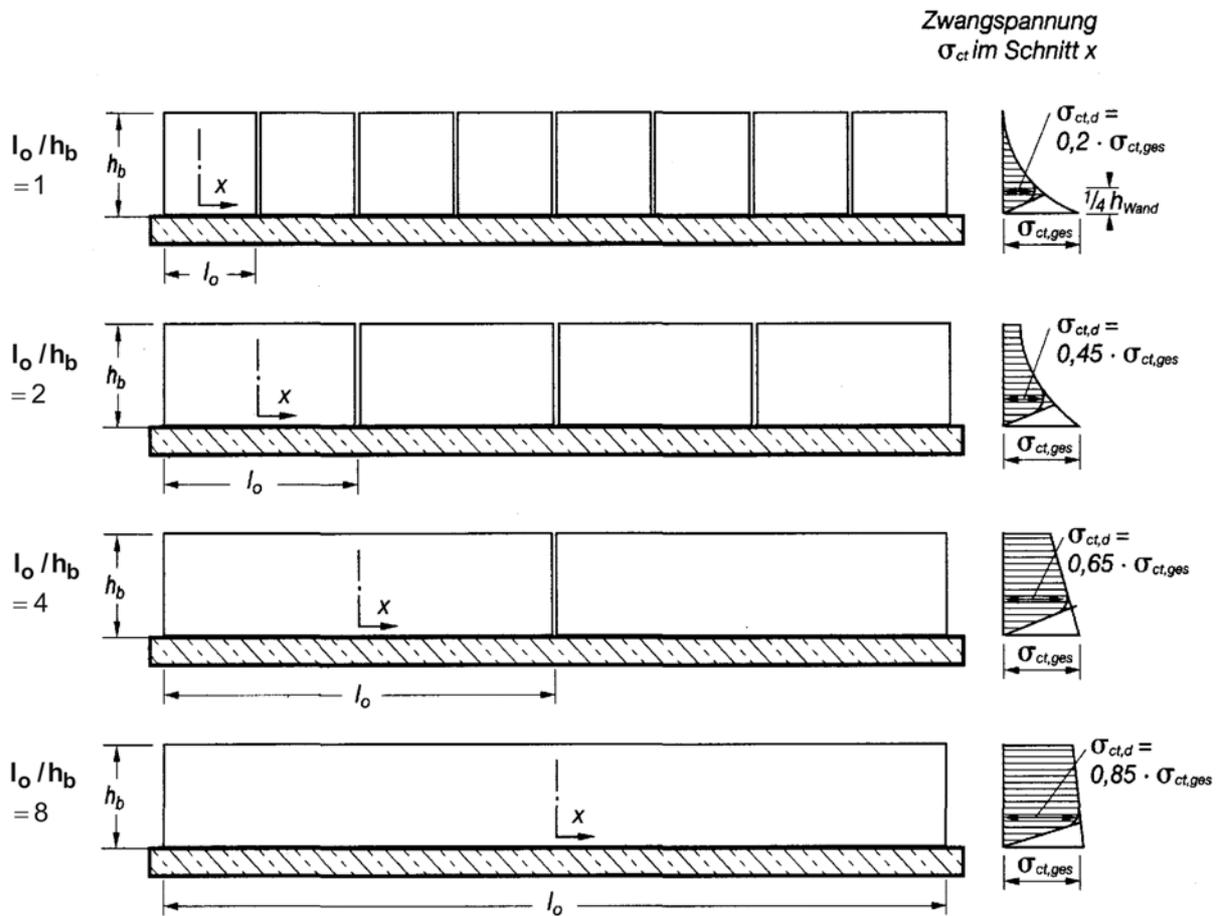


Bild 9b. Bei Wänden mit großen Höhen beginnen die Risse kurz über der Bodenplatte und enden häufig unterhalb der Wandkrone. Der Abstand zwischen den Rissen ist kleiner als bei den niedrigen Wänden [13]

Fig 9b. In walls with great heights the cracks briefly begin above the base plate and end often below the wall crown. The distance between the cracks is smaller than in the low height walls [13]



Sie wächst bei sehr langen Wänden nach oben (Richtung Wandkrone) auf den vollen Wert an.
Bei $l_0/h_b \geq 10$ beträgt die Zwangspannung über die ganze Wandhöhe $\sigma_{ct,d} = 1,0 \sigma_{ct,ges}$
(nach Lohmeyer)

Bild 10. Die Größe der Zwangbeanspruchung nimmt mit zunehmender Wandlänge zur Wandhöhe zu [13]

Fig 10. Intensity of preload increases by increasing length to height proportion of a wall [13]

5.4. Abdichten von Rissen in wasserundurchlässigem Beton

Wasserführende Risse im wasserundurchlässigen Beton sollen so spät wie möglich abgedichtet werden, wenn die Rahmenbedingungen des Bauwerkes diese Möglichkeit ermöglichen. Einige dieser Risse werden durch den Selbstheilungsprozess nach einiger Zeit dicht. Der Selbstheilungsprozess tritt ein, wenn die vom Druckgefälle abhängige Rissbreite nicht überschritten wird (Bild 9 und 10).

Für die Abdichtung von Rissen und Hohlräumen können verschiedene Füllstoffe entsprechend der DAfStb-Richtlinie „Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen“ eingesetzt werden, einige sind in der Tab. 4 erwähnt.

Polyurethan- oder Epoxidharze werden vorwiegend bei der Injektion von Rissen verwendet. Diese Harze gelangen in die Risse durch den Einsatz von Pakern, die eine feste Verbindung zum injektierenden Bauteil haben. Diese Verbindung muss dem Injektionsdruck während der Injektionsarbeiten standhalten.

6. Fugen in wasserundurchlässigem Beton

6.1. Fugenarten

Fugen bilden eine Schwachstelle in der Konstruktion der wasserundurchlässigen Bauwerke. Deswegen soll ihre Zahl soweit wie möglich verringert werden. Ihre Lage im Baukörper soll eine fachgerechte Ausführung der Schalungs-, Bewehrungs- und Betonarbeiten nicht behindern. Aus diesem Grund sollen Fugen nur dort angeordnet werden, wo sie technisch erforderlich sind z. B. zur Vermeidung von ungewollten Rissen oder zum Hervorrufen von Rissen an geplanten Stellen.

Folgende Arten der Fugen (siehe Bild 11) werden unterschieden:

- Bewegungsfugen,
- Arbeitsfugen,
- Scheinfugen.

Bewegungsfugen werden zwischen, sich vertikal oder horizontal unterschiedlich bewegendem Bauteilen oder aus technischen Gründen (z. B. in Tunnelbau) angeordnet. Die Bewehrungsführung zwischen den Bauteilen wird unterbrochen.

Arbeitsfugen werden entsprechend des geplanten Arbeitsablaufes oder als konstruktive Maßnahme angeordnet z. B. innerhalb von großen Bodenplatten, zwischen

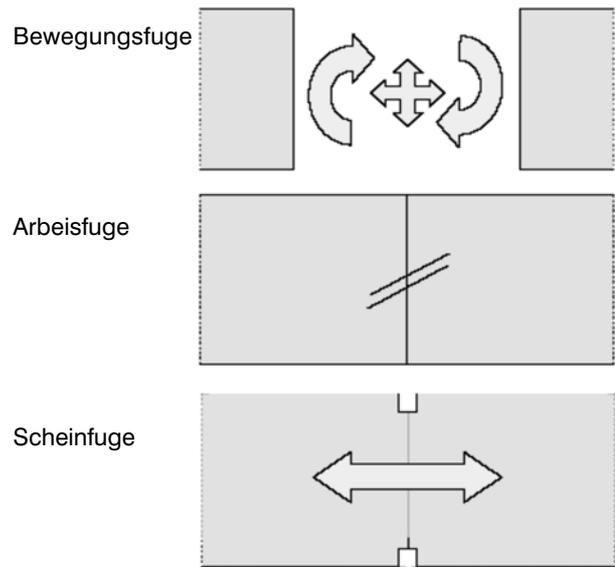


Bild 11. Fugenarten im Betonbauwerken [6]

Fig 11. Kind of joints in the concrete building [6]

Bodenplatte und Wänden, zwischen Wänden und Decken oder zwischen den einzelnen Betonierabschnitten. Die Ausbildung der Arbeitsfugen soll aus statischen Gründen eine kraftschlüssige Verbindung zwischen den Betonierabschnitten ermöglichen. Die Bewehrung wird nicht unterbrochen. Sie sollen in statisch gering beanspruchten Bereichen liegen.

Arbeitsfugen ohne Fugenabdichtung gelten als Trennrisse.

Scheinfugen (Sollrissquerschnitt) werden angeordnet wo der Beton reißen soll, um die Zwangbeanspruchungen beim Abfließen der Hydratationswärme im jungen Beton gering zu halten. Der Betonquerschnitt wird geschwächt durch das Einlegen von Profilen oder durch frühzeitiges Einschneiden des Betons. Die Bewehrung wird zum Teil unterbrochen.

Scheinfugen ohne Fugenabdichtung gelten als Trennrisse.

6.2. Abdichten von Fugen

Die Fugen sollen unabhängig von ihrer Art und ihren Aufgaben entsprechend der jeweiligen Nutzklasse dauerhaft wasserundurchlässig bleiben. Sie sollen geradlinig, übersichtlich und möglichst ohne Versprünge verlaufen.

Die Abdichtung der Fugen in der Weißen Wanne kann durch den Einsatz von Fugenblechen, Fugenbänder, Quellbänder oder Injektionsschläuchen erfolgen [6, 15].

Tabelle 4. Verschiedene Stoffe für das Füllen von Rissen

Table 4. Different materials for crack filling

Injektionsstoff	Bezeichnung
Polyurethanhart	PUR-I
Epoxidharz	EP-I
Zementleim	ZL-I
Zementsuspension	ZS-I

7. Schlussfolgerungen

Eine generelle Aussage, welche Abdichtungsart für ein Bauwerk am besten geeignet oder zweckmäßiger als eine andere ist, lässt sich also nicht allgemein gültig treffen.

Abdichtungen sind auf den jeweiligen Anwendungszweck hin abzustimmen und müssen gegen das umgebende Medium beständig sein. Eine Vielzahl von Überlegungen in technischer und wirtschaftlicher Hinsicht ist anzustellen, um die verschiedenen Arten miteinander zu vergleichen und für den Anwendungszweck richtig auszuwählen.

Neben den wirtschaftlichen Faktoren sollte der Planer die technischen Vor- und Nachteile jeder Abdichtungsart gegenüberstellen. Die dann favorisierte Abdichtungsart sollte weiter danach geprüft werden, ob sich diese ohne zusätzlich teure Bauleistungen, wie weiterer Erdaushub oder Zeitverlängerung der Wasservorhaltung ausführen lässt.

Technische und wirtschaftliche Aspekte müssen genau durchdacht sein, um überhaupt die verschiedenen Arten der Abdichtung miteinander vergleichen zu können. Daher wird es keine allgemein gültige Empfehlung geben.

Am Ende ist egal, welche Abdichtungsart gewählt wird. Zwei Punkte sollen ernsthaft beachtet werden eine gesunde Planung und eine sorgfältige fachmännische Ausführung. Nur diese Kombination führt letztendlich zu einem dichten Bauwerk.

Literatur

1. Building protection against water (Bauwerkabdichtung). German building industry, Certificate, Vol 2, 1995 (in German).
2. Construction of concrete planning and execution (Betonbau Planung und Ausführung). Röhling/Agitating/Kaden: Verlag Bauwesen, 1-st edition, 2000 (in German).
3. Concrete kinds, production and qualities (Beton Arten, Herstellung und Eigenschaften). Ernst & Sohn, 2-nd edition, 2001 (in German).
4. Concrete production and use according to new norm of German concrete technology and civil engineering - association INC (Betonherstellung und Verwendung nach neuer Norm Deutscher Beton - und Bautechnik - Verein E. V.), Ernst & Sohn, 2003 (in German).
5. Concrete calendar part II (Betonkalender Teil II), Verlag Ernst und Sohn, 2003 (in German).
6. Hohmann, R. Joint grouting to waterproof buildings of concrete (Fugenabdichtung bei wasserundurchlässigen Bauwerken aus Beton), Frauenhofer IRB Verlag; 2005 (in German).
7. Limitation of the crack research in the ferro-concrete and prestressed concrete construction (Begrenzung der Rissbildung im Stahlbeton- und Spannbetonbau), German concrete association inc., Wiesbaden, Sep. 1996 (in German).
8. Springenschmid, R.; Nischer, P. Investigations of the cause of across cracks in the young concrete (Untersuchungen über die Ursache von Querrissen im jungen Beton), Beton- und Stahlbetonbau Heft 9, 1973 (in German).
9. Lohmeyer, G. Ferro-concrete construction: calculation, design, execution (Stahlbetonbau: Bemessung, Konstruktion, Ausführung), Teubner Verlag, 6-th edition, 2004 (in German).
10. Haack, K. Joints in construction: joints and joint designs in the concrete and ferro-concrete construction (Tiefbaufugen: Fugen und Fugenkonstruktionen im Beton und Stahlbetonbau), Ernst & Sohn, 1990 (in German).
11. Waterproof buildings of concrete DafStb (Bauwerke aus Beton DafStb). Guideline of German committee for ferro-concrete, November, 2003 (in German).
12. Weigler, H.; Karl, S. Young concrete, demand firmness distortion (Junger Beton, Beanspruchung - Festigkeit - Verformung), Betonwerk+Fertigteile-Technik Heft 6 + 7, 1974 (in German).
13. White Tray: simply and certainly (Weiße Wanne einfach und sicher), Verlag Bau und Technik, 6-th edition, 2004 (in German).
14. Cracks in the concrete (Risse im Beton), Zement- Merkblatt Bautechnik, B 18, Feb. 2003 (in German).
15. Cellar in the ground water (Keller im Grundwasser), Zement-Merkblatt Hochbau (in German).

BETONO NAUDOJIMO EFEKTYVUMO TYRIMAI

Y. Al Ghanem

Santrauka

Betoninių konstrukcijų vandens nepralaidumas neleidžia skysčiui pro jas prasiskverbti, pavyzdžiui, pro betoninę užtvanką. Vandens sunkimasis gali pabloginti konstrukcijos eksploatacines savybes arba ją padaryti visiškai netinkama. Vandeniui atsparios konstrukcijos statomos įvairiais būdais, kaip antai, „Black Tray“, „Brown Tray“ arba „White Tray“. Kiekvienas šių būdų turi savų privalumų ir trūkumų, tačiau pirmenybė teikiama „White Tray“. Šis metodas užtikrina konstrukcijų statybą be plyšių.

Reikšminiai žodžiai: pastatas, skystis, apribojimas, konstrukcija, plyšys.

Yaarob AL GHANEM. Dr.-Ing., teaches technology of construction processes in the Department of Civil Engineering in the Leipzig University of Applied Sciences. He is a professional of structural engineering, ground water and water posture. Defended his PhD Thesis in 1992 in the Dresden University of Technology. Since 2001 he is the expert of damages in the construction. He has written numerous reports about causes of the origin of cracks in the normal or water-impervious concrete and formulated suggestions for renovation. In national and international conferences he held reports in his field of work.