

Der Bau- sachverständige

Zeitschrift für Bauschäden, Grundstückswert und gutachterliche Tätigkeit

BUILDING TRUST



Sika-Seminar

»Bau und Praxis 2018 für
Bauwerksabdichtungen«

- Die neue WU-Richtlinie
- Bemessung von WU-Bauwerken
- Elementwände
- Haftungsrisiken erkennen und vermeiden
- WU-Konstruktionen mit Frischbetonverbundsystemen
- Fugenabdichtungssysteme für WU-Bauwerke
- Hochwertig genutzte Untergeschosse
- Empfehlungen für die Zusammenarbeit



**Bundesanzeiger
Verlag**

www.bundesanzeiger-verlag.de

Fraunhofer IRB Verlag

www.baufachinformation.de

Sonderdruck

Die Planung und Ausführung von WU-Konstruktionen, insbesondere bei einer hochwertigen Nutzung, ist für alle Beteiligten eine anspruchsvolle Aufgabe. Die Anforderungen an die spätere Gebrauchstauglichkeit haben sich in den letzten Jahren zum Teil deutlich erhöht. Viele Planungen entsprechen nicht mehr dem aktuellen Stand der Technik. Um die Nutzung vom ersten Tag an sicher zu gewährleisten, müssen neben der Dichtheit noch viele weitere Parameter wie Baufeuchte, Raumklimatisierung etc. beachtet werden. Planung und Ausführung erfordern daher ein Gesamtkonzept, das aufgrund seiner Komplexität die enge Zusammenarbeit und das Mitwirken aller Beteiligten erfordert. Nur so kann der gewünschte Erfolg – ein dichtes Bauwerk – zuverlässig erreicht werden.

Die Bau & Praxis Seminare der Sika Deutschland GmbH sind Teil einer Veranstaltungsreihe mit langer Tradition, die alle zwei Jahre deutschlandweit an mehreren Standorten stattfinden. Führende Experten aus Forschung und Praxis referieren über aktuelle Themen aus dem Bereich Bauwerksabdichtung. Die Seminare vermitteln den Teilnehmern sowohl Grundlagen als auch aktuelle und vertiefende Kenntnisse, die bei der anspruchsvollen Konzeption und Umsetzung von WU-Bauwerken notwendig sind. Im Rahmen eines Bau & Praxis Seminars werden wichtige Hilfen und Hinweise gegeben und häufig im Zusammenhang mit der Bauwerksabdichtung und dem Bauen von wasserundurchlässigen Bauwerken aus Beton auftretende Fragen erörtert. Darüber hinaus werden relevante neue Erkenntnisse und praktische Erfahrungen vorgestellt, in Summe wichtige Bausteine, mit deren Hilfe die Planung von wasserundurchlässigen Bauwerkern aus Beton technisch präzise und juristisch korrekt, unter Beachtung der Praxisbedingungen auf Baustellen, durchgeführt werden können.

Thomas Zitzelsberger
Market Development Manager

Marco Bloch
Produktioningenieur

BAUTECHNIK

Christoph Alfes, Claus Flohrer, Frank Fingerloos, Denis Kiltz
Die neue WU-Richtlinie – Neuerungen und Grundlagen von WU-Konstruktionen..... 5

Hans-Jürgen Krause, Michael Horstmann
WU-Konstruktionen mit hochwertiger Nutzung – Entwurfsgrundsätze und Bemessung 12

Rainer Hohmann
Elementwände im drückenden Grundwasser richtig ausgeführt
 Planung – Anforderungen – Bauausführung – Schwachstellen – Fehlervermeidung..... 20

Marco Bloch, Thomas Zitzelsberger
Planung und Ausführung von WU-Konstruktionen mit Frischbetonverbundsystemen..... 43

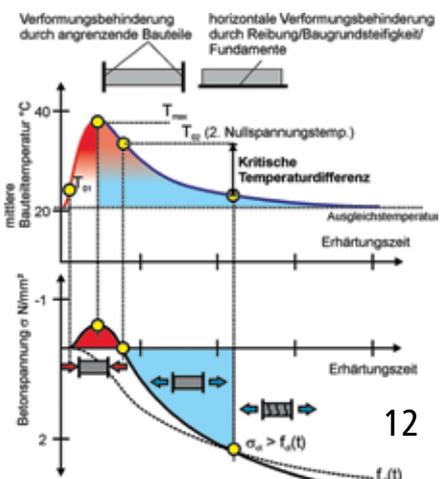
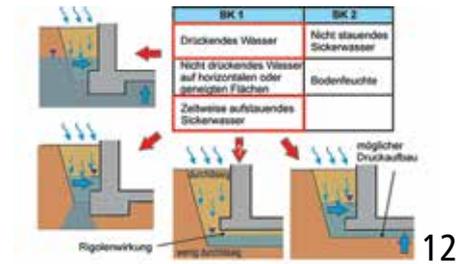
Rainer Hohmann
Fugenabdichtungssysteme für WU-Bauwerke
 Abdichtungssysteme – Wirkungsprinzip – Einsatzbereiche
 Anwendungsbedingungen – Verwendbarkeitsnachweise – Chancen und Risiken 53

Denis Kiltz
Planung und Ausführung von hochwertig genutzten Untergeschossen 65

Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton
 Empfehlungen für die Zusammenarbeit von Bauherr, Planer, Fachplaner und Ausführenden 73

BAURECHT

Norbert König
WU-Konstruktionen – Haftungsrisiken erkennen und vermeiden 33



Die neue WU-Richtlinie – Neuerungen und Grundlagen von WU-Konstruktionen

1. Einleitung

Die im Jahr 2003 erstmals veröffentlichte Richtlinie »Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton (WU-Richtlinie)« [2] des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAfStb) wurde inhaltlich und redaktionell überarbeitet und ist in der Fassung Dezember 2017 neu erschienen [1].

Zur WU-Richtlinie von 2003 gehört das 2006 herausgegebene DAfStb-Heft 555 [3] »Erläuterungen zur WU-Richtlinie«. Die Herausgabe eines für die Neuausgabe der WU-Richtlinie [1] überarbeiteten DAfStb-Heftes 555 folgt zu einem späteren Zeitpunkt. Erste ausführlichere Erläuterungen zur Neuausgabe der WU-Richtlinie können jedoch [4] entnommen werden.

Ein wesentlicher Anlass für die Neuausgabe der WU-Richtlinie war, dass bei der heutzutage üblichen hochwertigen Nutzung von wasserdruckbeanspruchten WU-Betonkonstruktionen die bisher in der Praxis oft angewendeten Bemessungskonzepte (Entwurfsgrundsatz \square »Begrenzung der Rissbreite«, Begrenzung des Wasserdurchtritts durch Selbstheilung) ungeeignet sind, vgl. dazu auch Abschnitt 6.

In diesem Beitrag werden die wesentlichen Änderungen der Neuausgabe 2017 und damit die wichtigsten Grundlagen von WU-Betonkonstruktionen erläutert. Weitergehende Informationen können der neuen WU-Richtlinie selbst [1] oder auch [4] entnommen werden.



Abb. 1: WU-Wanne (Beispiel einer direkt befahrenen Parkfläche in einer Tiefgarage)

2. Anwendungsbereich der WU-Richtlinie

Die neue WU-Richtlinie [1] gilt wie bisher auch für »teilweise oder vollständig ins Erdreich eingebettete« WU-Betonbauwerke (»WU-Wannen«) des allgemeinen Hoch- und Industriebaus (Abb. 1) und neu auch für Decken und Dächer aus Beton (»WU-Dächer«), vgl. dazu auch [9]. Die in [1] enthaltenen Regelungen sind sinngemäß auch für andere Betonbauwerke mit der Funktion der Wasserundurchlässigkeit, z. B. Becken, anwendbar. Behälter sowie Bauwerke im Regelungsbereich der ZTV-ING [5] und ZTV-W [6] sind jedoch im Anwendungsbereich der neuen WU-Richtlinie explizit ausgenommen.

3. Wasserundurchlässigkeit als Gebrauchstauglichkeitseigenschaft

Für die Feuchtebedingungen in einem WU-Betonbauteil gilt weiterhin das bereits in [3] im Jahre 2006 beschriebene Arbeitsmodell mit seinen vier Bereichen, Abb. 2.

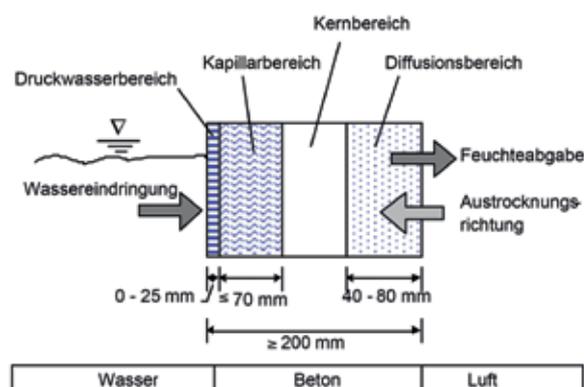


Abb. 2: Arbeitsmodell für Feuchtebedingungen in einem Betonbauteil-Querschnitt unter einseitiger Beaufschlagung mit drückendem Wasser, Beton C30/37, $w/z \leq ,55$ [3]

Es wird davon ausgegangen, dass ein Kapillartransport von Wasser durch ein WU-Betonbauteil hindurch dann nicht erfolgt, wenn der Kernbereich zwischen Kapillar- und Diffusionsbereich (Abb. 2) eine ausreichend große Dicke aufweist. Aus dieser Forderung werden die Empfehlungen für die Mindestbauteildicken (vgl. Abschnitt 6.4) bzw. an den Baustoff WU-Beton (u.a. Mindestdruckfestigkeitsklasse, maximaler Wasserzementwert, Mindestzementgehalt) abgeleitet.

Zudem wird in [1] davon ausgegangen, dass »die Wasserdampfdiffusion auf ein vernachlässigbares Maß begrenzt« ist.

Im Gegensatz zu dichten Bauwerken kann durch wasserundurchlässige Bauteile Feuchte transportiert werden, z. B. durch Risse oder Fugen. Entscheidend ist jedoch, dass der Feuchtedurchtritt durch das Bauteil durch geeignete Maßnahmen soweit begrenzt wird, dass die geplante Nutzung des WU-Betonbauwerks möglich ist, d. h. dass das Bauwerk gebrauchstauglich ist. Ein Wasserdurchtritt durch Fugen muss bei WU-Betonbauwerken nach [1] grundsätzlich ausgeschlossen werden. Fugen werden deshalb in der Regel durch im Entwurf vorgesehene (= geplante) Maßnahmen abgedichtet. Trennrisse müssen entweder vermieden, der Wasserdurchtritt durch Trennrisse auf ein für die Nutzung verträgliches Maß begrenzt oder Trennrisse müssen mit im Entwurf vorgesehenen (= geplanten) Maßnahmen abgedichtet werden (vgl. dazu Abschnitt 6.2). Zu einem evtl. Feuchtetransport durch Biegerisse siehe [1] und [4].

Die Wasserundurchlässigkeit des WU-Betonbauwerks wird somit durch die Erfüllung der Anforderungen an die Begrenzung des Wasserdurchtritts durch den Beton, durch Fugen, durch Arbeitsfugen und Sollrissquerschnitte, durch Einbauteile (Durchdringungen) und durch Risse erzielt. Dazu ist eine Planung erforderlich.

4. Aufgaben der Planung

Die Planung von WU-Betonbauwerken ist komplex und demnach nicht als Tätigkeit eines Einzelnen zu verstehen, sondern als das koordinierte Zusammenwirken von Bauherr, Objektplaner und verschiedenen Fachplanern. Für die Koordination des gesamten Planungsablaufs für ein WU-Betonbauwerk muss von Projektbeginn an ein Verantwortlicher festgelegt werden. Nach [1] obliegt diese Koordination in der Regel dem Objektplaner.

In der neuen WU-Richtlinie [1] wird in Abschnitt 4 ein Leitfa-den für die mindestens erforderlichen Planungsschritte vorgegeben, siehe Auflistung im nachfolgenden Kasten. Dieser Abschnitt wurde gegenüber der WU-Richtlinie von 2003 [2] deutlich erweitert sowie konkretisiert und unterstreicht damit die Bedeutung einer vollständigen und abgestimmten Planung für WU-Betonbauwerke.

- a) Bedarfsplanung
- b) Festlegung der Beanspruchungsklasse
- c) Festlegung einer oder mehrerer Nutzungsklassen und des Nutzungsbeginns
- d) Bauteilbezogene Wahl eines Entwurfsgrundsatzes hinsichtlich Trennrissen
- e) Festlegung der aus den Entwurfsgrundsätzen folgenden Maßnahmen (konstruktiv, betontechnisch, ausführungstechnisch)
- f) Wahl von Bauteilabmessungen, Bewegungsfugen, Sollrissfugen
- g) Bemessung und Bewehrungskonstruktion
- h) Planung von Einbauteilen und Durchdringungen
- i) Planung von Bauablauf, Betonierabschnitten, Arbeitsfugen, etc.
- j) Planung des Fugenabdichtungssystems
- k) Planung der Abdichtung für planmäßige und unplanmäßige Trennrisse
- l) Dokumentation aller relevanten Festlegungen und Entscheidungen
- m) Beschreibung evtl. Nutzungseinschränkungen

Die Planung des WU-Betonbauwerks ist vom Objektplaner unter Beteiligung von Fachplanern durchzuführen. Entscheidend ist, dass die technischen Verantwortlichkeiten aller Planungsbeteiligten sowie der Koordinierungsumfang und der In-

formationsaustausch für die einzelnen Teilbereiche der Planung (Entwurfs- und Ausführungsplanung) zu Projektbeginn verbindlich festgelegt werden. Hilfestellungen hierfür enthält Tabelle A.1 im Anhang A der neuen WU-Richtlinie [1]. Anzumerken ist, dass es sich bei der in [1] enthaltenen Tabelle A.1 lediglich um eine »Orientierungshilfe zur Abstimmung der Zuständigkeiten« handelt. Die in Tabelle A.1 vorgeschlagenen Zuständigkeiten können (ggf. projektbezogen und angepasst), müssen aber nicht zwingend verwendet werden.

Der Bauherr muss im Rahmen einer Bedarfsplanung unter Mithilfe des Objektplaners die gewünschten Gebrauchseigenschaften und Nutzungsanforderungen – insbesondere auch die raumklimatischen Anforderungen – der Räume innerhalb des WU-Betonbauwerks festlegen. Die Ergebnisse dienen dann als Grundlage für die weiteren planerischen Festlegungen (Bedarfsplanung nach DIN 18205 [7]). Auf der Basis dieses formulierten und dokumentierten Bedarfs ist das WU-Betonbauwerk so zu planen und auszuführen, dass die Ziele des Bauherrn in Bezug auf die Nutzung ausreichend sicher erreicht werden. Das klingt zunächst simpel, stellt jedoch höchste Anforderungen an das gesamte Planungsteam.

Insbesondere das Erreichen trockener Oberflächen in der Nutzungsklasse A (vgl. Abschnitt 5) stellt hohe Anforderungen an die Planer. Für den Tragwerksplaner ist dies nämlich nicht einfach eine Bemessungsaufgabe, sondern es muss so konstruiert werden, dass Trennrisse möglichst vermieden oder auf ein Minimum reduziert und dauerhaft abgedichtet werden, vgl. Entwurfsgrundsätze zur Trennrisssteuerung in Abschnitt 6.2.

Alle Planungsergebnisse sind zu dokumentieren (mindestens am Ende jeder HOAI-Leistungsphase). Idealerweise erstellt der Tragwerksplaner bis spätestens zur Leistungsphase Entwurfsplanung ein WU-Konzept, in dem die Festlegungen und getroffenen Annahmen beschrieben werden. Insbesondere sind die Folgen der Planung zu beschreiben.

Aus der Dokumentation der geplanten konstruktiven, beton-technischen und ausführungstechnischen Maßnahmen müssen Erfordernisse für die weitere Planung der technischen Ausrüstung und der Objektplanung hervorgehen, die durch die beteiligten Planer umzusetzen sind. Werden beispielsweise in der Nutzungsphase wasserführende Risse an Wänden oder Bodenplatte erwartet, ist durch die Objekt- und TA-Planung sicherzustellen, dass die WU-Bauteile dauerhaft zugänglich sind.

Die oben beschriebenen Zusammenhänge zeigen, dass zur nutzungsgerechten Planung und Ausführung einer WU-Betonkonstruktion eine Vielzahl von Planungsleistungen unterschiedlich eingebundener Fachplaner erforderlich ist. So müssen beispielsweise betontechnisch umsetzbare Kennwerte der Betoneigenschaften vom Tragwerksplaner erfragt und eingeplant werden. Boden-, Dach- und Wandaufbauten der Ausbaugewerke müssen vom Objektplaner in Abstimmung mit dem Tragwerksplaner (und ggf. dem Bauphysiker) detailliert werden. Ebenso muss die TA-Planung die Folgen der Tragwerksplanung berücksichtigen. Die Tragwerksplanung muss beispielsweise auch berücksichtigen, welche Betone zum Zeitpunkt der erwarteten Bauausführung eingesetzt werden können oder welche Frischbetontemperaturen erwartet werden können. Ist dies in einer frühen Planungsphase nicht möglich, hat der Tragwerksplaner Bedingungen für die Ausführung vorzugeben, die der Bauausführende dann auch einhalten muss.

Dies Zusammenhänge werden in der neuen WU-Richtlinie [1] wie folgt zusammengefasst:

»Das wirksame Ineinandergreifen aller durch die Beteiligten getroffenen Entscheidungen und Maßnahmen ist für die Funktion eines WU-Betonbauwerks entscheidend«.

5. Beanspruchungsklassen und Nutzungsklassen

Die WU-Richtlinie [1] enthält auch weiterhin (nur) zwei Beanspruchungsklassen in Bezug auf die Wasserbeaufschlagung. Die Beanspruchungsklasse 2 gilt nur für kapillar gebundene Bodenfeuchte und für an senkrechten Wänden drucklos ablaufendes Wasser (nichtstauendes Sickerwasser). Die Beanspruchungsklasse 1 gilt für alle anderen Fälle, d. h. für ständig oder zeitweise drückendes Wasser. Bei WU-Dächern gilt stets die Beanspruchungsklasse 1, da immer mit (wenn auch i. d. R. geringen) Wasseranstauungen zu rechnen ist.

Die Nutzungsklassen beschreiben in Abhängigkeit von den Nutzungsanforderungen (Bedarfsplanung, siehe oben) Anforderungen in Bezug auf die Wasserundurchlässigkeit von Betonbauwerken:

- Nutzungsklasse A (NKL-A): Feuchtstellen auf der luftseitigen Bauteiloberfläche als Folge von Wasserdurchtritt nicht zulässig
- Nutzungsklasse B (NKL-B): Feuchtstellen auf der luftseitigen Bauteiloberfläche als Folge von Wasserdurchtritt (d. h. begrenzter Wasserdurchtritt) zulässig. Als zulässige Feuchtstellen werden in [1] »feuchtebedingte Dunkelverfärbungen, ggfs. auch die Bildung von Wasserperlen« genannt. Nicht zulässig sind Wasserdurchtritte, die zum Abfließen oder Abtropfen von Wassertropfen oder zu Pfützen führen [1], vgl. dazu auch Abb. 3.

Bei hochwertig genutzten WU-Wannen (z. B. zum dauerhaften Aufenthalt von Personen oder zur Lagerung von feuchtempfindlichen Gütern) kann die Nutzungsklasse A nach [1] gemäß den Definitionen im DBV-Merkblatt »Hochwertige Nutzung von Untergeschossen – Bauphysik und Raumklima« [8] noch weiter differenziert werden. Das DBV-Merkblatt [8] enthält je nach Art der hochwertigen Nutzung Anforderungen an das Raumklima (Temperatur, Feuchte).

Bei Nutzungsklasse A müssen Festlegungen und Maßnahmen zur Vermeidung von nicht abgedichteten Rissen getroffen werden. Andernfalls ist ein Konzept zu verfolgen, bei dem möglichst wenig Trennrisse (möglichst an definierten Stellen) entstehen und diese planmäßig vor Nutzungsbeginn oder vor dem Beginn feuchtempfindlicher Ausbauarbeiten mit geplanten Maßnahmen abgedichtet werden. Ein Entwurfskonzept,



Abb. 3: Beginn der Selbstheilung – Wasserdurchtritt am Trennrisse

welches für die Eigenschaft Wasserundurchlässigkeit auf die Selbstheilung der Trennrisse setzt (vgl. Abschnitt 6.2), ist wegen des dabei zunächst auftretenden temporären Wasserdurchtritts (Abb. 3) und der gegebenenfalls über die gesamte Nutzungsdauer auftretenden Durchfeuchtungen bei Nutzungsklasse A im Allgemeinen nicht anwendbar.

6. Entwurf von WU-Betonbauwerken

6.1. Allgemeines

WU-Betonbauwerke sind so zu entwerfen, dass die geplante Nutzung während der gesamten Nutzungsdauer sichergestellt wird. Werden trockene Oberflächen erwartet (Nutzungsklasse A), ist dies durch einen geeigneten Entwurf der WU-Betonkonstruktion und im Allgemeinen auch durch Planung bauphysikalischer und raumklimatischer Maßnahmen (vgl. [8]) sicherzustellen. Ziel muss es vor allem sein, den zentrischen Zwang und damit mögliche wasserführende Trennrisse zu beherrschen bzw. zu steuern. Zwang entsteht unter anderem dann, wenn Verformungen bzw. Formänderungen des Bauteils (z. B. durch Abkühlen oder Schwinden) durch z. B. Reibung zwischen Bodenplatte und Untergrund oder durch »Verhakungen« der Bodenplatte im Untergrund behindert werden. Zwang kann somit dadurch reduziert werden, dass die Verformung bzw. Formänderung des Bauteils und/oder die Verformungsbehinderungen minimiert werden. Verformungen können im Betonbau hauptsächlich durch abfließende Hydratationswärme (»früh«), durch jahreszeitlich bedingte Temperaturunterschiede (»spät«) oder durch Schwinden (»spät«) entstehen.

6.2. Entwurfsgrundsätze zur Trennrisssteuerung

Zur Festlegung eines für die vorgesehene Nutzung geeigneten Entwurfs muss somit zunächst analysiert werden, welche Zwangsbeanspruchungen zu welchen Zeitpunkten (»früh« und/oder »spät«) zu erwarten sind

Die neue WU-Richtlinie [1] enthält weiterhin die bereits aus der Erstausgabe der WU-Richtlinie 2003 [2] bekannten drei Entwurfsgrundsätze **a**), **b**) und **c**) hinsichtlich Trennrissbildung, siehe nachfolgender Kasten. Die Entwurfsgrundsätze werden jedoch deutlicher in den Fokus gerückt als bisher. Vom Planer muss der Entwurfsgrundsatz gewählt werden, mit dem die vom Bauherrn festgelegten Nutzungsziele (Bedarfsplanung) am besten erreicht werden. Im nächsten Schritt müssen dann vom Planer die Maßnahmen festgelegt werden, um den gewählten Entwurfsgrundsatz umzusetzen, vgl. Planungsschritte in Abschnitt 4.

Entwurfsgrundsätze

- a**) Vermeidung von Trennrissen durch die Festlegung von konstruktiven, betontechnischen und ausführungstechnischen Maßnahmen
- b**) Festlegung von Trennrissbreiten, die so gewählt werden, dass bei Beanspruchungsklasse 1 der Wasserdurchtritt durch Selbstheilung begrenzt wird
- c**) Festlegung von Trennrissbreiten, die in Kombination mit im Entwurf vorgesehenen planmäßigen Dichtmaßnahmen die Anforderungen erfüllen. Ziel dieses Entwurfsgrundsatzes ist es, die Anzahl der Risse zu minimieren und diese Risse bei Beanspruchungsklasse 1 zielsicher abzudichten.

Die Wahl der Entwurfsgrundsätze kann zweckmäßigerweise für verschiedene WU-Betonbauteile unterschiedlich sein.

Bei Anwendung des Entwurfsgrundsatzes [a] muss eine Strategie zur Vermeidung von Trennrissen konzipiert werden. Es muss sichergestellt sein, dass zu jedem Zeitpunkt die zu erwartenden Zwangsbeanspruchungen vom Betonquerschnitt ohne Rissbildung aufgenommen werden können. Hierfür ist eine planmäßige Vermeidung von Zwang durch konstruktive, beton-technologische und ausführungstechnische Maßnahmen erforderlich. Dies gelingt nur dann, wenn die Bauteile die auftretenden Verformungen/Formänderungen ohne wesentliche Behinderung aufnehmen können. Entscheidend ist insbesondere, dass durch konstruktive Maßnahmen möglichst geringe Verformungsbehinderungen auftreten. Beim Entwurfsgrundsatz [a] handelt es sich um ein sehr anspruchsvolles Konzept, welches zahlreiche Vorsorgemaßnahmen und eine intensive Abstimmung zwischen allen Beteiligten erfordert (erhöhter Zeitbedarf). Allerdings lässt sich auch dann eine unplanmäßige Rissbildung nicht immer mit Sicherheit vermeiden.

Beim Entwurfsgrundsatz [c] werden planmäßig breitere Trennrisse aus Zwangsbeanspruchungen zugelassen, die durch bereits im Entwurf vorgesehene Maßnahmen abgedichtet werden. Das Abdichten erfolgt in der Regel nachträglich, jedoch unbedingt vor Nutzungsbeginn. Zum Auffinden und nachträglichen Abdichten dieser Risse muss die luftseitige Zugänglichkeit zu den WU-Betonbauteilen gegeben sein. Diese Zugänglichkeit ist zu planen! Beispielsweise ist bei direkt befahrenen Tiefgaragenbodenplatten ohne oder mit Oberflächenschutzsystem die Zugänglichkeit zur WU-Bodenplatte stets gegeben, siehe Abb. 1. Abb. 4 zeigt ein Beispiel, bei dem die Zugänglichkeit zur WU-Außenwand nicht bzw. nur mit erheblichem Aufwand (Freischalten Kabel, ggfs. Rückbau Kabeltrassen mit Folgekosten durch Nutzungsausfall) herstellbar ist.

Durch konstruktive, betontechnische und ausführungstechnische Maßnahmen ist bei Entwurfsgrundsatz [c] die Anzahl der zu erwartenden Trennrisse planmäßig zu minimieren [1].



Abb. 4: Beispiel für behinderte Zugänglichkeit durch technische Ausrüstung vor WU-Wänden (hier: Kabeltrassen)

Beim Entwurfsgrundsatz [b] werden die Trennrissbreiten durch Bewehrung so begrenzt, dass der Wasserdurchtritt durch die Risse durch Selbstheilung begrenzt wird. Die Selbstheilung von Trennrissen (in Abhängigkeit der anstehenden Wasserdruckhöhe bis maximal 10 m mit rechnerischen Rissreiten von 0,10 mm bis 0,20 mm, Tabelle 1) führt im Allgemeinen jedoch nicht

zu vollständig trockenen Oberflächen auf der Luftseite. Dies kann bereits aus der Überschrift der Tabelle 1 abgeleitet werden: »[...] wenn der Wasserdurchtritt durch Selbstheilung der Risse begrenzt werden soll«. In [1] ist zur weiteren Verdeutlichung noch eine Anmerkung enthalten: »Bei Einhaltung der Werte der Tabelle 2 kann davon ausgegangen werden, dass der anfängliche Wasserdurchtritt mit der Zeit durch Selbstheilung der Risse stark reduziert wird. Feuchtstellen an der Bauteiloberfläche können jedoch auch zum späteren Zeitpunkt nicht ausgeschlossen werden.«

Der bisher in der Praxis überwiegend verwendete Entwurfsgrundsatz [b] ist deshalb bei der heutigen, meist hochwertigen Nutzung von WU-Betonbauwerken (Nutzungsklasse A, vgl. Abschnitt 5) im Allgemeinen nicht zielführend. Auch dies ergibt sich aus der Überschrift der Tabelle 1 in der explizit die Nutzungsklasse B und der Entwurfsgrundsatz b genannt werden.

In der Neuausgabe der WU-Richtlinie [1] wird für den Entwurfsgrundsatz [b] ergänzend zu den Grenzwerten des Druckgefälles (bisheriger Erfahrungsbereich) die maximale Wasserdruckhöhe zur Festlegung der rechnerischer Rissbreiten aufgenommen (Tabelle 1, Erläuterung hierzu vgl. [4]). Die Ergänzung der Wasserdruckhöhe führt gegenüber den bisherigen Anforderungen der WU-Richtlinie von 2003 [2] teilweise zu Verschärfungen (kleinere zulässige Rissbreiten bei Entwurfsgrundsatz [b], insbesondere ab Wasserdruckhöhen über 3,0 m) und begrenzt die Anwendbarkeit des Entwurfsgrundsatzes [b] auf Wasserdruckhöhen bis maximal 10 m.

Tabelle 1: Rechenwerte der Trennrissbreiten bei Nutzungsklasse B und Entwurfsgrundsatz b, wenn der Wasserdurchtritt durch Selbstheilung der Risse begrenzt werden soll (Tabelle 2 aus [1])

	1	2	3
	Druckgefälle h_w/h_b ^{a)}	Maximale Druckhöhe h_w ^{a)}	Zulässige Rissbreite w_k ^{b)}
1	≤10	3,0 m	0,20 mm
2	>10 bis ≤15	6,0 m	0,15 mm
3	>15 bis ≤25	10,0 m	0,10 mm

^{a)} h_w = Druckhöhe des Wassers in m; h_b = Bauteildicke in m
^{b)} Für angreifende Wässer mit > 40mg/l CO₂ (kalklösende Kohlensäure) oder mit pH-Wert < 5,5 darf die Selbstheilung der Risse nicht in Ansatz gebracht werden.
 Anmerkung: Die strengere Anforderung aus Druckgefälle (Spalte 1) oder Druckhöhe (Spalte 2) ist maßgebend.

Der Entwurfsgrundsatz [b] ist mit deutlichen Unsicherheiten behaftet bzw. funktioniert nicht, wenn z. B.

- nur temporär oder selten Wasser vorhanden ist,
- viel kalklösende Kohlensäure oder ein niedriger pH-Wert im beanspruchenden Wasser vorliegt (vgl. Fußnote ^{b)} in Tabelle 1),
- jahreszeitliche Temperaturänderungen (z. B. in Tiefgaragen) zu erwarten sind,
- Risse durch Folien, Schweißbahnen oder schwimmende Fußbodenaufbauten abgedeckt werden,
- Rissbreiten infolge Zwang aufgrund höherer tatsächlicher Betonzugfestigkeiten zu groß werden können.

Zu beachten ist dabei auch, dass die tatsächlich auftretenden Rissbreiten am Betonbauteil statistischen Gesetzmäßigkeiten unterliegen, siehe z. B. DBV-Merkblatt »Begrenzung der Rissbildung im Stahlbeton- und Spannbetonbau« [10]. Das heißt, am Bauteil sind kleinere und größere Rissbreiten gegenüber den Re-

chenwerten zu erwarten, auch wenn die Ermittlung der rissbreitenbegrenzenden Bewehrung unter Zugrundelegung einer wirklichkeitsnahen effektiven Betonzugfestigkeit zu einem erwarteten Risszeitpunkt erfolgt.

Bei WU-Dächern darf Entwurfsgrundsatz [b] nicht angewendet werden.

Werden Trennrisse geplant oder können Trennrisse auch unplanmäßig entstehen (bei allen Entwurfsgrundsätzen), sind immer Maßnahmen zur Abdichtung dieser Risse zu planen und als Position in das Leistungsverzeichnis aufzunehmen.

Ausgehend von den verschiedenen Risiken und Konsequenzen des jeweils angewendeten Entwurfsgrundsatzes muss die weitere Planung durch Objektplaner und Planer der technischen Gebäudeausstattung abgestimmt werden.

Ein Schema zur Anwendung der Entwurfsgrundsätze für die beiden Nutzungsklassen A und B sowie die Beanspruchungsklassen 1 und 2 kann [4] entnommen werden.

6.3. Maßnahmen zur Umsetzung der Entwurfsgrundsätze

Zur Umsetzung der beschriebenen Entwurfsgrundsätze sind insbesondere bei Entwurfsgrundsatz [a] und Entwurfsgrundsatz [c] konstruktive, ausführungstechnische und betontechnische Maßnahmen erforderlich. Zwang entsteht durch behinderte Verformungen. Vermeiden von Zwang bedeutet somit, entweder Verformungen so klein zu halten oder Verformungsbehinderungen weitestgehend zu vermeiden, sodass keine rissauslösenden Zugbeanspruchungen entstehen.

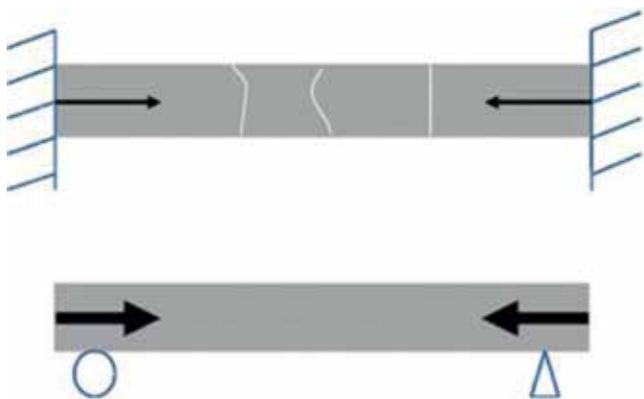


Abb. 5: Reduzierung von Zwang durch Reduzierung von Verformungsbehinderungen durch konstruktive Maßnahmen

Die Vermeidung von Verformungsbehinderungen gelingt durch konstruktive Maßnahmen (Abb. 5), die Reduzierung von indirekten verformungserzeugenden Einwirkungen (beispielsweise Temperaturbegrenzung, Reduktion Schwinden) durch betontechnische und ausführungstechnische Maßnahmen.

Konstruktive Maßnahmen zur Vermeidung von Verformungsbegrenzungen können z.B. darin bestehen, unterhalb der Bodenplatte reibungsmindernde Zwischenschichten (z.B. Bitumenbahn auf geglätteter Sauberkeitsschicht) anzuordnen, durch ebene Unterseiten Festhaltepunkte zu vermeiden oder ausreichend viele Fugen anzuordnen. Weitere konstruktive Maßnahmen bei Bodenplatten und Wänden können der neuen WU-Richtlinie [1], dem DAfStb-Heft 555 [3] oder auch [4] entnommen werden.

Bei **betontechnischen Maßnahmen** geht es im Wesentlichen darum, die Hydratationswärmeentwicklung bzw. konkret das Temperaturmaximum im Bauteil zu reduzieren. Je geringer das Temperaturmaximum ist, desto geringer ist die Wärmeaus-

dehnung und dementsprechend geringer die daran anschließende Verkürzung beim Abfließen der Hydratationswärme. Dies kann konkret durch Betonrezepturen mit niedriger Hydratationswärmeentwicklung (z.B. Austausch eines Teils des Zements durch Flugasche, Zemente mit langsamer Festigkeitsentwicklung) oder durch Betonage mit möglichst niedrigen Frischbetontemperaturen erreicht werden. Eine weitere betontechnische Maßnahme kann darin bestehen, Betonrezepturen hinsichtlich Schwinden zu optimieren, z.B. durch Reduzierung des Wassergehalts.

Zu den **ausführungstechnischen Maßnahmen** zählen beispielsweise die Begrenzung von Betonierabschnitten, eine möglichst frühzeitige wirksame Nachbehandlung oder insbesondere im Sommer der Schutz vor direkter Sonneneinstrahlung. Zu beachten ist, dass die Begrenzung von Betonierabschnitten zu planen ist und somit auch eine konstruktive Maßnahme darstellt. Weitere ausführungstechnische Maßnahmen können wiederum [1], [3] und [4] entnommen werden.

6.4. Bauteildicke

Die in Tabelle 2 empfohlenen Mindestbauteildicken beruhen auf langjährigen Erfahrungen mit Ort betonbauteilen und Fertigteilen. Durch die Einhaltung der Mindestbauteildicken soll ein Kapillartransport durch das WU-Bauteil vermieden werden (vgl. dazu auch Abschnitt 3) sowie die Betonierbarkeit des Querschnitts sichergestellt werden. Neu aufgenommen wurden die Mindestbauteildicken für WU-Dächer, vgl. auch [9].

Tabelle 2: Empfohlene Mindestgesamtdicken von WU-Betonbauteilen (nach Tabelle 1 aus [1])

	1	2	3	Ausführungsart	
				Ortbeton	Elementwände oder Elementdecken mit Ortbetonergänzung
WU-Betonbauteil	Beanspruchungsklasse ^{d)}				
1	Wände	BKL-1	240 mm	240 mm (120 mm ^{b)}	200 mm
		BKL-2	200 mm	240 mm ^{a)} (120 mm ^{b)}	100 mm
3	Bodenplatte	BKL-1	250 mm	/	200 mm
4		BKL-2	150 mm		100 mm
5	Dächer ohne Wärmedämmung	BKL-1	200 mm	240 mm (180 mm ^{b)}	180 mm
6	Dächer mit Wärmedämmung	BKL-1	180 mm	220 mm (160 mm ^{b)}	160 mm

^{a)} Unter Beachtung besonderer betontechnischer und ausführungstechnischer Maßnahmen ist eine Abminderung auf 200 mm möglich.

^{b)} Mindestwerte für die Ortbetonergänzung. Für den WU-Beton gilt [1] Abschnitt 7.1 (2). Bei Zulagebewehrung und innenliegenden Fugenabdichtungen sind ggf. auch zusätzliche Anforderungen an die lichten Innenmaße gemäß Abschnitt [1] 7.2 (3) zu beachten.

^{d)} Beanspruchungsklasse 1: ständig und zeitweise drückendes Wasser, Beanspruchungsklasse 2: Bodenfeuchte und an der Wand ablaufendes Sickerwasser.

Zur Sicherstellung der Betonierbarkeit und eines fachgerechten Einbaus von innenliegenden Fugenabdichtungen gelten gemäß neuer WU-Richtlinie die zusätzlichen Anforderungen an die lichten Innenmaße $b_{w,i}$ vgl. auch Fußnote ^{b)} in Tabelle 2. Die folgenden Werte $b_{w,i}$ gelten nach [1] in Abhängigkeit des verwendeten Größtkorns der Gesteinskörnung »grundsätzlich zwischen den Bewehrungslagen und bei Elementwänden ohne Bewehrung in der Ortbetonergänzung zwischen den Innenflächen der Fertigteilplatten:«

- bei $D_{max} = 8 \text{ mm}$: $b_{w,i} \geq 120 \text{ mm}$;
- bei $D_{max} = 16 \text{ mm}$: $b_{w,i} \geq 140 \text{ mm}$;
- bei $D_{max} = 32 \text{ mm}$: $b_{w,i} \geq 180 \text{ mm}$.

Eine bislang typische Einbausituation bei Verwendung von Elementwänden ist in Abb. 6 dargestellt: Wird das Größtkorn der Gesteinskörnung des Kernbetons beispielsweise auf 8 mm beschränkt, ergibt sich ein $b_{w,i}$ von 120 mm zwischen den beiden Lagen der vertikalen Anschlussbewehrung, Abb. 6. Unter Berücksichtigung der Stabdurchmesser der Anschluss- und Verteilerbewehrungen, einer seitlichen Betondeckung der Verteilerbewehrung zu den Elementwandschalen und unter der Annahme, dass die Dicke der beiden Elementschalen jeweils zwischen 50 bis 60 mm beträgt, wird ersichtlich, dass sich für die fachgerechte Betonierbarkeit des Kernbetons und der einwandfreien Einbettung der Fugeneinlage nach [1] eine größere Dicke als 240 mm (empfohlene Mindestdicke in der WU-Richtlinie von 2003 [2]) ergibt. Jedoch wurde auch schon in der WU-Richtlinie von 2003 [2] davon ausgegangen, dass die WU-Bauteildicken unter Berücksichtigung der vorhandenen Betonierbedingungen durchaus auch größer als die empfohlenen Mindestwerte zu wählen waren.

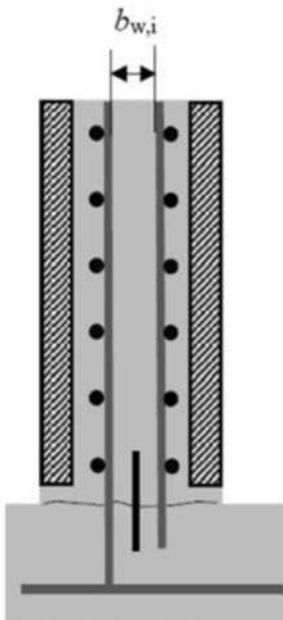


Abb. 6: Typische Einbausituation von WU-Elementwänden mit innenliegender Fugenabdichtung, vertikaler Anschlussbewehrung und horizontaler Verteilerbewehrung (beidseitig) [4]

Der in Tabelle 2 in Klammern angegebene Mindestwert 120 mm für den Kernbeton bei WU-Elementwänden (und damit die Mindestelementwanddicke 240 mm) ist somit praktisch nur noch dann umsetzbar, wenn die gesamte Ortbetonergänzung mit einem WU-Beton mit Größtkorn $D_{max} = 8 \text{ mm}$, ohne innenliegendem Fugenabdichtungselement (also z. B. mit außenliegender Fugenabdichtung), ohne horizontale Bewehrung und nur mit vertikaler Anschlussbewehrung ausgeführt wird, deren Abstand in Wandlängsrichtung das Einführen der Rüttelflasche erlaubt. Wei-

tere Erläuterungen sowie Beispiele zur Anwendung des lichten Innenmaßes $b_{w,i}$ können z. B. [4] entnommen werden.

Die beiden Beispiele zeigen die Notwendigkeit, die Entscheidung für WU-Elementwände schon frühzeitig in der Entwurfsplanung zu treffen. Ein Wechsel von WU-Ortbetonwand zu WU-Elementwand erst in der Ausführungsplanung oder gar während der Bauausführung ist mit entsprechendem Umlaufaufwand in Tragwerks- und Objektplanung und entsprechendem Zeitverzug verbunden.

6.5. WU-Elementwände

Bei Elementwänden ist nach [1] eine vollflächige korngraue Verbundfläche (Elementwandinnenfläche) erforderlich. Eine wesentliche Änderung der neuen WU-Richtlinie [1] ist, dass bei WU-Elementwänden die einzuhaltende mittlere Rautiefe der Elementwandinnenflächen auf mindestens 1,5 mm (statt bisher nach [2] 0,9 mm) erhöht wurde. Zudem wurden in [1] die Regelungen zur Qualitätssicherung im Fertigteilwerk angepasst.

7. Fugen- und Fugenabdichtungen

Fugen und Fugenabdichtungen sind zu planen, vgl. Erläuterungen im Abschnitt 4. Als Regelausführung wird in [1] der Einbau einer Fugenabdichtung empfohlen. Fugenabdichtungen müssen als geschlossene Systeme geplant und eingebaut werden.

Als Fugenabdichtungen können unbeschichtete Fugenbleche, Fugenbänder nach DIN 7865 / DIN 18541 nach den Verwendungsregeln von DIN 18197 sowie weitere Bauprodukte eingesetzt werden, wenn durch einen Verwendbarkeitsnachweis nachgewiesen ist, dass die für den Verwendungszweck maßgebenden Anforderungen erfüllt sind. Als Verwendbarkeitsnachweis gilt das Vorliegen eines allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnisses (abP) nach geeigneten Prüfgrundsätzen, vgl. dazu direkt [1] oder die Listung auf www.abpfugenabdichtungen.de.

8. Dichten von Rissen und Instandsetzung von Fehlstellen

Für alle Entwurfsgrundsätze sind nach [1] planmäßig Dichtmaßnahmen entweder für unerwartet entstandene Trennrisse (z. B. bei Entwurfsgrundsatz **a**) bzw. für Trennrisse, deren Breite über dem festgelegten Wert liegt (z. B. bei Entwurfsgrundsatz **b**), vorzusehen. Bei Entwurfsgrundsatz **c** sind planmäßige Dichtmaßnahmen ohnehin Teil des Entwurfsgrundsatzes. Das heißt, sämtliche Dichtmaßnahmen sind zu planen und als separate Leistungsposition auch auszuschreiben.

In der Regel erfolgt das Dichten von Rissen, undichten Fugen und sonstiger Fehlstellen von der Luftseite (d. h. von innen) aus. Nach [1] sind hierfür abdichtende Stoffe nach Teil 2 der DAfStb-Richtlinie »Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen« zu verwenden.

Wasserseitige Dichtmaßnahmen können z. B. mit außenliegenden Fugenabdichtungen mit einem allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnis (abP) durchgeführt werden, vgl. dazu Abschnitt 7.

Literatur

- [1] DAfStb-Richtlinie:2017-12: Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton (Neuausgabe WU-Richtlinie)
- [2] DAfStb-Richtlinie:2003-11: Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton (Erstausgabe WU-Richtlinie)
- [3] DAfStb-Heft 555: Erläuterungen zur DAfStb-Richtlinie wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton (inkl. WU-Richtlinie:2003). Berlin: Beuth Verlag 2006
- [4] Alfes, Ch.; Fingerloos, F.; Flohrer, C.: Hinweise und Erläuterungen zur Neuausgabe der DAfStb-Richtlinie »Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton«. In: Berlin: Ernst & Sohn. Betonkalender 2018/1, Beitrag II, S. 175-226
- [5] ZTV-ING: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten. Hrsg.: Bundesanstalt für Straßenwesen (www.bast.de)
- [6] Bundesanstalt für Wasserbau (Hrsg.): Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen – Wasserbau (ZTV-W) für Wasserbauwerke aus Beton und Stahlbeton (Leistungsbereich 215). (www.baw.de)
- [7] DIN 18205:2016-11: Bedarfsplanung im Bauwesen
- [8] DBV-Merkblatt: Hochwertige Nutzung von Untergeschossen – Bauphysik und Raumklima. Fassung Januar 2009
- [9] DBV-Merkblatt: WU-Dächer. Fassung Juli 2013
- [10] DBV-Merkblatt: Begrenzung der Rissbildung im Stahlbeton- und Spannbetonbau. Fassung Mai 2016

Die Autoren

Prof. Dipl.-Ing. Claus Flohrer

ö.b.u.v. Sachverständiger
Ingenieurbüro Flohrer
Königsberger Straße 8
61137 Schöneck
claus@flohrer.de



Dr.-Ing. Denis Kiltz

Leiter Bauberatung und DBV-Bauberater
Gebiet West
Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V.
Bessemerstraße 30
44793 Bochum
kiltz@betonverein.de



Prof. Dr.-Ing. Frank Fingerloos

Leiter Bautechnik
Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V. (DBV)
Kurfürstenstraße 129
10785 Berlin
fingerloos@betonverein.de



Dr.-Ing. Christoph Alfes

Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e. V. (DAfStb)
Budapester Straße 31
10787 Berlin
christoph.alfes@dafstb.de



Der Bausachverständige

DAS FRISCHBETON- VERBUNDSYSTEM SikaProof® A



■ LEISTUNGSSTARKE RISSÜBERBRÜCKENDE FBV-TECHNOLOGIE

Hochflexible Abdichtungsbahn auf Basis FPO

■ HÖCHSTE NUTZUNGSSICHERHEIT

Dauerhaft druckwasserdichter und hinterlauf-sicherer Verbund mit der Betonkonstruktion

■ NACHHALTIG UND GEPRÜFT

Erfüllt Qualitätsanforderungen der Stufe 4 der DGNB

www.sika.de/sikaproof

BUILDING TRUST



WU-Konstruktionen mit hochwertiger Nutzung – Entwurfsgrundsätze und Bemessung

Die Nutzungsanforderungen an WU-Konstruktionen sind in den letzten Jahren signifikant gestiegen. Heutige WU-Konstruktionen sind somit Hochleistungsbauwerke, deren Planung ein weit über die übliche Objekt- und Tragwerksplanung hinausgehendes Fachwissen voraussetzt. Der vorliegende Beitrag setzt sich mit konstruktiven Aspekten der Bemessung (Zwangsminderung, Betontechnologie und Nachbehandlung) auseinander und gibt praktische Empfehlungen für die konstruktive Auslegung von WU-Konstruktionen.

1 Einleitung

Bei wasserundurchlässigen Baukonstruktionen aus Stahlbeton übernimmt das Tragwerk gleichzeitig auch die Abdichtungsfunktion. Der häufig verwendete Begriff »Weiße Wanne« beschreibt zutreffend den ursprünglichen Einsatzbereich der Betonkonstruktion als Behälterbauwerk, das von innen wasserbeansprucht wird. Demgegenüber dienen WU-Konstruktionen nach heutigem Verständnis mehrheitlich dazu, in von außen wasserbeanspruchten und erdberührten Bauwerksteilen hochwertige Raumnutzungen sicherzustellen. In den letzten Jahren werden an die Beschaffenheit von WU-Konstruktionen in technischer und juristischer Sicht zunehmend höhere Anforderungen gestellt. Oftmals unterscheiden sich die Anforderungen an die Nutzungsfähigkeit gegenwärtiger WU-Konstruktionen kaum von denen oberirdischer Geschosse. Hochwertig genutzte WU-Konstruktionen sind Hochleistungsbauwerke, die neben einer Abdichtungskonzeption als geschlossenes System durch den planenden Ingenieur eine qualitätvolle Ausführung durch qualifizierte Baufirmen erfordern.

2 Leiteinwirkungen für WU-Konstruktionen

Die Beanspruchungs- und Nutzungsklassen sind in der WU-Richtlinie [1,2] geregelt und stellen für die weitere Auslegung einer WU-Konstruktion die wesentlichen Leitparameter dar.

Bei den Beanspruchungsklassen der WU-Richtlinie [1,2] wird zwischen Beanspruchungen mit hydrostatischem Druck (Beanspruchungsklasse 1, z. B. drückendes Wasser, nicht drückendes Wasser auf horizontalen Flächen z. B. Dächern, zeitlich aufstau-

endes Sickerwasser) und ohne hydrostatischen Druck (Beanspruchungsklasse 2, z. B. nicht aufstauendes Sickerwasser, Bodenfeuchte) unterschieden. Nach Erfahrung der Autoren wird in den Fällen, in denen offenkundig kein drückendes Wasser ansteht, bei einem Großteil der Baugrundgutachten dennoch der Lastfall »zeitweise aufstauendes Sickerwasser« ausgewiesen, der gleichermaßen die Beanspruchungsklasse 1 für die WU-Konstruktion auslöst, sogar wenn eine kapillarbrechende Schicht unterhalb von Bodenplatten genügend Speichervermögen zur Verfügung stellen kann (Abb. 1). Bei Hochwasser ist zu beachten, dass Hochwasserstände maßgebend für die Bestimmung der Beanspruchungsklasse und Bemessungswasserstände der Bauteile sind, jedoch Einschränkungen bei der Auswahl der Entwurfsgrundsätze mit sich bringen, wenn die Wasserbeanspruchung (z. B. HQ100) nicht vor dem Ausbau ansteht.

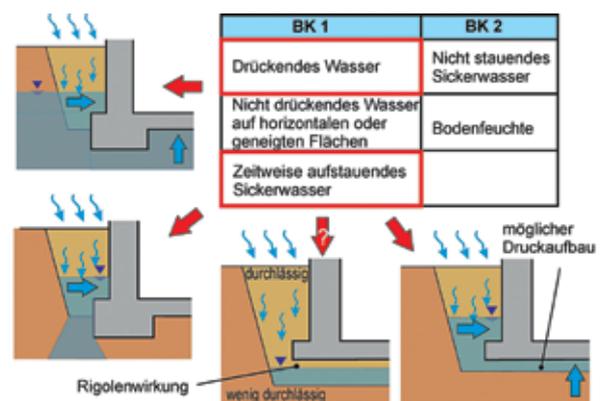


Abb. 1: Schematische Zuordnung der Beanspruchungsklassen zu verschiedenen Wasserbeanspruchungen

Bezüglich der Nutzungsklassen differenziert die WU-Richtlinie [1,2] zwischen der höherwertigen Nutzungsklasse A, bei der kein Wasserdurchtritt und keine Feuchtestellen an den innenseitigen Bauteiloberflächen zulässig sind (z. B. Wohnnutzung), sowie der Nutzungsklasse B, bei der feuchte Flecken und temporäre Wasserdurchtritte durch Risse an den Bauteilinnenflächen zulässig sind (z. B. Parkgaragen oder einfache Behälterbauwerke). Die WU-Richtlinie weist explizit darauf hin, dass zur Si-

herstellung der Anforderungen der Nutzungsklasse A hinsichtlich eines trockenen Raumklimas und zur Vermeidung von Tauwasser weiterführende Maßnahmen erforderlich sein können. In [4] wird daher die Nutzungsklasse A weitergehend differenziert und in die Nutzungsklassen A0, A*–A*** unterteilt. Die dort angegebene Nutzungsklasse A** stellt den üblichen Fall im Wohnungsbau dar. Die mit steigender Klassifizierung erforderlichen, weiterführenden Maßnahmen betreffen EnEV-konforme Dämmung, Heizungs- und Klimatechnik.

3 Planungsschritte und Entwurfsgrundsätze von WU-Konstruktionen

WU-Konstruktionen sind auf Grundlage der in Abschnitt 2 benannten Leitparameter gemäß der WU-Richtlinie zu planen und auszuführen. Die WU-Richtlinie [1,2] regelt in Kapitel 4 die Aufgaben der Planung sowie die erforderlichen Planungsschritte:

- Wahl eines geeigneten Betons,
- Einhaltung von Mindestbauteilabmessungen,
- Wahl eines geeigneten Entwurfsgrundsatzes,
- Planung sämtlicher Fugen und Durchdringungen,
- Planung von Bauablauf, Betonierabschnitten,
- Planung von (abgedichteten) Arbeits-/Sollrissfugen,
- Dokumentation der Planung.

Vorschläge für Zusammenwirken und die Aufgabenteilung der Baubeteiligten sind in [3][4] enthalten.

Das Kernelement einer jeden WU-Konstruktion bilden die in der WU-Richtlinie in Abschnitt 7(4) [1,2] aufgeführten drei Entwurfsgrundsätze:

- 7(4) a) Vermeidung nicht abgedichteter (Trenn-)risse
- 7(4) b) Rissbreitenbegrenzung (unter Ausnutzung der Selbstheilung)
- 7(4) c) Risse zulassen und planmäßig abdichten

Der vorliegende Beitrag beschäftigt sich mit hochwertig genutzten WU-Konstruktionen, für die bei Nutzungsklasse A und Beanspruchungsklasse 1 ausschließlich die Entwurfsgrundsätze 7(4) a) und 7(4) c) gemäß der WU-Richtlinie eingesetzt werden dürfen. In der Praxis wird nach Erfahrung der Autoren für diese Randbedingungen immer noch sehr häufig der nicht zulässige Entwurfsgrundsatz 7(4) b) angewendet, der nicht Gegenstand dieses Beitrags ist.

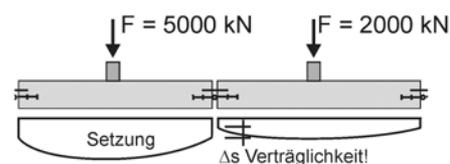
Bei Entwurfsgrundsatz 7(4) a) soll durch konstruktive, beton-technologische und ausführungstechnische Maßnahmen erreicht werden, dass wasserführende Trennrisse in den Betonbauteilen vermieden werden. Dieses Ziel stellt im Hinblick auf den »gerissenen Werkstoff« Stahlbeton scheinbar einen Widerspruch dar und macht daher den Entwurfsgrundsatz besonders anspruchsvoll, da zur Rissvermeidung im Wesentlichen die Zwangbeanspruchungen in der Konstruktion begrenzt werden müssen. Der Grundsatz attestiert aber keinesfalls die Zusicherung der Rissfreiheit.

Bei Entwurfsgrundsatz 7(4) c) wird die werkstoffimmanente Rissbildung zugelassen und mit dem Ziel gesteuert, dass behinderte Zwangsverformungen sich in wenigen breiten Rissen abbauen, die gut nachträglich verpressbar sind. Zur Begrenzung der Rissbildung sind ebenfalls konstruktive, beton-technologische und ausführungstechnische Maßnahmen erforderlich – jedoch in geringerem Umfang als bei Entwurfsgrundsatz a). Zum Zeitpunkt der Wasserbeanspruchung müssen die Innenflächen der Betonkonstruktion für die ggf. mehrfach erforderliche Rissabdichtung zugänglich sein. Der Grundsatz c) in Kombination mit nachträglichen

Rissabdichtungen durch Injektionen eignet sich daher in erster Linie für Bauvorhaben, bei denen die Wasserbeanspruchung vor Beginn des Ausbaus in voller Höhe ansteht, z. B. im Grundwasser nach dem Abschalten einer bauzeitlichen Wasserhaltung.

Der Entwurfsgrundsatz 7(4) a) ist bei wenig tragfähigem Baugrund in Kombination mit NK A und BK 1 nur mit Einschränkungen geeignet, da infolge der Fugenteilungen nicht die volle Bodenplattensteifigkeit zur gleichmäßigen Einleitung der Bauwerkslasten in den Untergrund zur Verfügung steht (Abb. 2). Die Herstellung der Verformungsverträglichkeit zwischen den Plattenabschnitten ist durch die Tragfähigkeit üblicher Verdornungen begrenzt.

Bodenplatte nach 7(4)a) mit Dehnfugen



Bodenplatte nach 7(4)c) ohne Dehnfugen

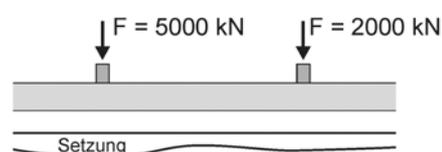


Abb. 2: Grenzen des Entwurfsgrundsatzes 7(4) a) bei wenig tragfähigem Baugrund in Kombination mit NK A / BK 1

Bei Entwurfsgrundsatz 7(4) c) steht hingegen die volle Plattensteifigkeit zur großflächigen Lasteinleitung in den Baugrund zur Verfügung. Der Entwurfsgrundsatz 7(4) a) ist weiterhin bei Sondergründungen risikobehaftet, da die Rückstellkräfte aus z. B. seitlich gebetteten Pfahlgründungen nur grob genähert ermittelbar sind. Auch hier bietet Entwurfsgrundsatz 7(4) c) Vorteile.

Für alle Entwurfsgrundsätze weist die WU-Richtlinie in Kapitel 7(5) darauf hin, dass Trennrisse unerwartet (7(4) a)) oder mit zu großer Rissbreite (7(4) b) + c)) entstehen können. Für diese Risse sind planmäßige Dichtmaßnahmen nach Kapitel 12 in [1,2] vorzusehen. Selbst bei umfangreicher Planung und qualitätvoller Ausführung verbleibt somit für die Nutzungsphase ein Restrisiko, dass Risse entstehen, welche die Anforderungen der Nutzungsklasse nicht erfüllen. Für die ggf. mehrfache, nachträgliche Abdichtung dieser Risse, die vorwiegend von den Bauteilinnenflächen her durch Verpressmaßnahmen nach Kapitel 12.3 der Richtlinie erfolgt, müssen die Innenflächen der WU-Konstruktion mit verhältnismäßigem Aufwand zugänglich sein. Während im Rohbauzustand die Zugänglichkeit zur Verpressung früher Risse nahezu ohne Aufwand gegeben ist, stellen späte Risse in der Nutzungsphase zum einen eine Gefährdung hochwertiger Boden- und Wandaufbauten dar und sind zum Anderen nur mit ungleich größerem Aufwand abzudichten. Die Verhältnismäßigkeit wird z. B. an den Kosten für zu entfernende oder zu ersetzende Wand- und Bodenaufbauten sowie an Nutzungsausfällen orientiert. Insofern ist eine vollumfängliche dokumentierte Aufklärung des Bauherrn über die Risiken der Bauweise und eine Abstimmung verträglicher Aufbauten unumgänglich. Das Risiko nachträglicher Abdichtungen in der Nutzungsphase kann mit Sondermaßnahmen z. B. nach Abschnitt 8 verringert werden.

4 Zwangbeanspruchungen als Rissursache

4.1 Allgemeines

Betonbauteile erfahren sowohl während der Erhärtung als auch während der Nutzung Verformungseinwirkungen aus Temperatur und Schwinden, die bei Behinderung zu inneren Zwangbeanspruchungen in den Bauteilen führen. Diese sind in ihrer zeitlichen Entwicklung und Größe nur näherungsweise ermittelbar, aber gleichzeitig von zentraler Bedeutung für die Einschätzung der Rissbildung von WU-Konstruktionen.

Innere Zwangbeanspruchungen können nach dem Zeitpunkt des Auftretens unterschieden werden (Abb. 3):

1. Früher Zwang (ca. 1-7 Tage nach dem Betonieren): Spannungen aus dem Abfließen der Hydratationswärme
2. Später Zwang (> 7 Tage nach dem Betonieren): Spannungen aus tages-/jahreszeitlichen Temperaturwechseln und Schwinden

4.2 Früher Zwang

In den ersten 24 bis 48 Stunden treten insbesondere bei dickeren Bauteilen (ab ca. 80 cm) Eigenspannungszustände auf, die infolge Frühschwinden, ungleichmäßiger Abtrocknung oder Abkühlung (Temperatursturz über Nacht, Abkühlung Plattenoberseite oder Aufheizung an Plattenunterseite z.B. auf Wärmedämmungen) oder durch Absetzen des Betons (Rissbildung oberhalb der Bewehrungsstäbe) entstehen. Es können sich netzartige, oberflächliche Schalenrisse geringer Tiefe bilden, die durch Nachbehandlungsmaßnahmen und Begrenzung der Frischbetontemperatur vermieden werden können.

Mit dem Aufbau der Hydratationswärme im Querschnitt und mit der Entwicklung des E-Moduls (1. Nullspannungstemperatur) entstehen im Querschnitt zunächst Druckspannungen (Abb. 3).

Mit Überschreiten des Temperaturmaximums und der folgenden Abkühlung werden die Druckspannungen zunehmend abgebaut. Die Temperatur, ab der die Druckspannungen vollständig abgebaut sind, wird als 2. Nullspannungstemperatur bezeichnet [7]. Mit weiterer Abkühlung bis zur Ausgleichstemperatur (je nach Bauteildicke 3 d bis 7 d, bei dicken Massebetonen ggf. später) werden Zugspannungen im Querschnitt aufgebaut. Je rascher die Abkühlung, desto schneller wird die Zugspannung aufgebaut, die bei Erreichen der zeitabhängigen Zugfestigkeitslinie des Betons zu einer Rissbildung führt (kritische Temperaturdifferenz).

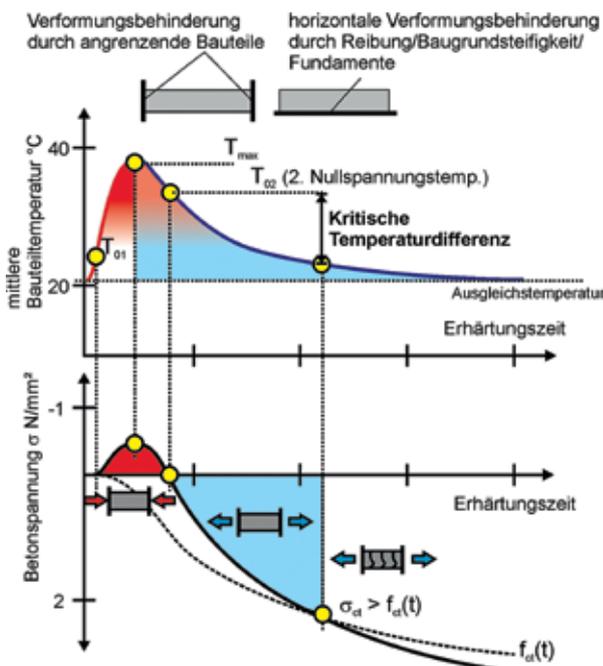


Abb. 3: Früher Zwang aus Abfließen der Hydratationswärme bei behinderter Verformung (nach [7])

nen ggf. später) werden Zugspannungen im Querschnitt aufgebaut. Je rascher die Abkühlung, desto schneller wird die Zugspannung aufgebaut, die bei Erreichen der zeitabhängigen Zugfestigkeitslinie des Betons zu einer Rissbildung führt (kritische Temperaturdifferenz).

4.3 Später Zwang

Späte Zwangbeanspruchungen treten nach dem Abfließen der Hydratationswärme auf und werden in der Nutzungsphase insbesondere durch jahreszeitliche Temperaturwechsel und Schwindbeanspruchungen hervorgerufen. Die resultierenden Spannungen ergänzen sich bei ungerissenen Bauteilen zu den eingepprägten Spannungen aus dem Abfließen der Hydratationswärme, wie neuere Untersuchungen zeigen [5]. Zum Zeitpunkt des späten Zwangs sind Bodenplatten nicht nur durch ihr Eigengewicht, sondern durch weitere Bauwerkslasten beansprucht, die eine erhöhte Reibung zum Baugrund und entsprechend vergrößerte Verformungsbehinderungen bewirken. Gefährdet sind vor allem solche Bauteile, zu denen die Außenluft Zutritt hat wie z. B. Bodenplatten freibelüfteter Tiefgaragen oder freibewitterte Rampen. Diese Bauteile werden zum Teil über den gesamten Nutzungszeitraum durch tages- und jahreszeitliche Temperaturwechsel unterschiedlicher Größenordnung beansprucht, sodass auch Jahre nach der Herstellung Rissbildungen nicht auszuschließen sind. Schwindbeanspruchungen erdberührter Betonbauteile sind aufgrund des planmäßigen Feuchtezutritts als gleichsweise gering einzuschätzen.

5 Zeitabhängige Betonzugfestigkeit für die Bemessung

Eine der größten Herausforderungen für den Planer besteht darin, im Rahmen der rechnerischen Nachweise für die Rissvermeidung und die rissbreitenbegrenzende Mindestbewehrung die zeitliche Entwicklung der Zugfestigkeit und den Risszeitpunkt ausreichend genau abzuschätzen. Bis vor wenigen Jahren war es üblich, die Betonzugfestigkeit für die Nachweise zum frühen Zwang nach 5 Tagen vereinfachend »ohne genaueren Nachweis im Regelfall« mit $0,5 f_{ctm}$ abzuschätzen und diese Annahme auf den Ausführungsplänen zu vermerken. Insbesondere aufgrund der seit DIN 1045-1(2001) erhöhten Dauerhaftigkeitsanforderungen an die Betone (verringerte w/z-Werte und größere Mindestzementgehalte [8]) und Veränderungen bei den Betonausgangsstoffen (höhere Mahlfeinheit zur Reduzierung des Zementklinkereinsatzes bewirkt höhere Reaktivität) weisen die heute erhältlichen Betone gegenüber den noch vor einigen Jahren verwendeten Betonen tendenziell höhere Frühfestigkeiten auf [11]. In Abb. 4 sind die in jüngeren Literaturstellen genannten Empfehlungen für rechnerische Anhaltswerte der Zugfestigkeit in Abhängigkeit der Erhärtungszeit, Umgebungstemperatur und der Bauteildicke zusammengefasst.

Die Festigkeitsentwicklung nach DIN EN 1992-1-1 [9], Gl. 3.4 gilt gleichermaßen für die Entwicklung der Druck- und Zugfestigkeit. Die schnellere Entwicklung der Zugfestigkeit wird hierdurch nicht berücksichtigt, kann jedoch in guter Übereinstimmung zu den Werten in [11][12] durch Vergrößerung der Zugfestigkeit um 5% angenähert werden. Bei geringeren Umgebungstemperaturen von ca. 5° stellt sich eine deutlich verlangsamte Festigkeitsentwicklung ein. Auf Basis dieser Überlegungen liegen die Schätzwerte der Kurven 2 und 3 in Abb. 4 A) (0,65 nach 3d, 0,75 nach 5d, 0,85 nach 7d) auf der sicheren

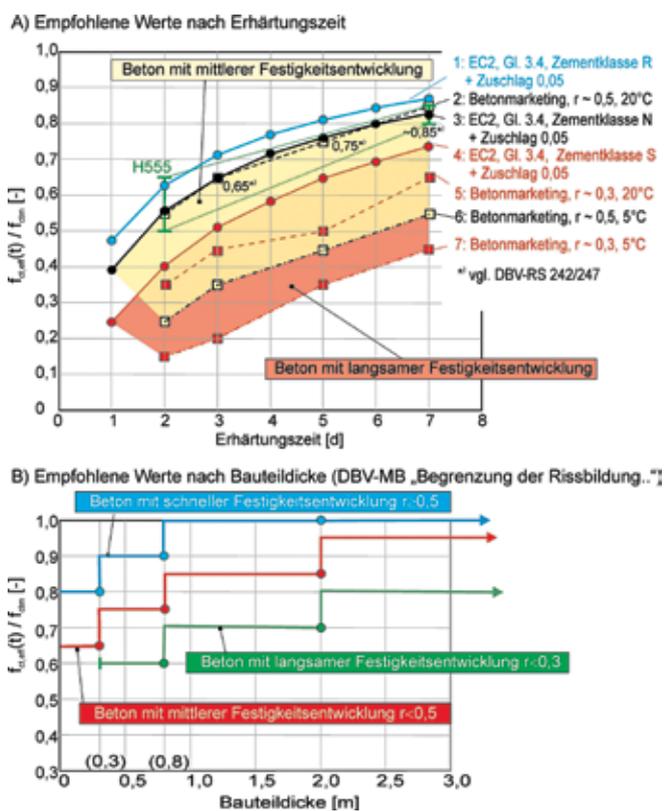


Abb. 4: Anhaltswerte für die Entwicklung der Betonzugfestigkeit [2],[8],[9],[10],[11],[12],[13]

Seite und sollten bei fehlender Kenntnis der Rezeptur zur Ermittlung der Mindestbewehrung herangezogen werden. Insbesondere bei massigen Bauteilen sind jedoch Erhärtungsbedingungen gegeben, die zu einer viel rascheren Festigkeitsentwicklung und zu einer verlangsamten Abkühlung führen. Daher gibt Abb. 4 B) für dickere Bauteile größere Frühzugfestigkeiten an.

6 Statisch konstruktive Umsetzung der Entwurfsgrundsätze

6.1 Allgemeines

Auf der Basis eines geeigneten Entwurfsgrundsatzes erfolgt die konstruktive Konzeption des Entwurfs. Die WU-Richtlinie benennt folgende Maßnahmen zur Umsetzung der Entwurfsgrundsätze, die im Wesentlichen die Reduzierung risserzeugender Zwangbeanspruchungen zum Ziel haben:

- betontechnologische Maßnahmen
- ausführungstechnische Maßnahmen
- konstruktive Maßnahmen

Wird die WU-Konstruktion von einem Tragwerksplaner entworfen, wird dieser die Anforderungen des Entwurfsgrundsatzes vorwiegend über konstruktive Maßnahmen umsetzen. Einige spezialisierte WU-Fachplaner hingegen richten ihre WU-Konzeptionen vorwiegend auf die Betontechnologie sowie die Nachbehandlung aus.

6.2 Konstruktive Maßnahmen

Betontechnologische Maßnahmen erfordern einen hohen Kenntnisstand auf der Baustoffebene und sind ohne den in der Planungsphase hinzugezogenem Betontechnologen zum Teil nur mit Grenzwertbetrachtungen fassbar, da zum Planungszeitpunkt weder der Betonzulieferer noch die Umgebungsbedingungen

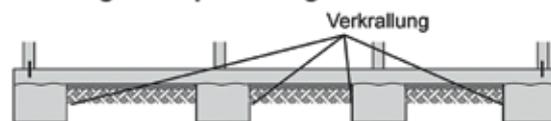
bekannt sind. Im Vergleich hierzu sind die konstruktiven Maßnahmen durch den Planer viel zielsicherer steuerbar und bereits zum Planungszeitpunkt genau in ihrer Wirkung beschreibbar. Grundsätzlich ist es empfehlenswert, zunächst mit konstruktiven Überlegungen und grundsätzlichen Details die Umsetzbarkeit des gewählten Entwurfsgrundsatzes zu prüfen, bevor rechnerische Nachweise geführt werden. Zur Vermeidung oder Begrenzung rissauslösender Zwangbeanspruchungen ist hierbei eine steifigkeits- und verträglichkeitsbasierte Denkweise hilfreich.

Offensichtlich erfordern die Entwurfsgrundsätze a) und c) einen unterschiedlichen Grad an konstruktiven Maßnahmen. Die Verfolgung einer Rissvermeidungsstrategie bei größeren Bauvorhaben und Bauteilabmessungen stellt hohe Anforderungen an die Planung der konstruktiven Maßnahmen.

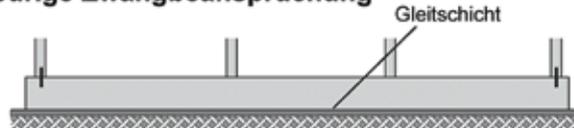
6.2.1 Verringerung Zwangbeanspruchungen in Bodenplatten

Bodenplatten liegen flächig auf dem Baugrund auf und stehen mit diesem sowohl in vertikaler als auch horizontaler Richtung in Wechselwirkung. Zentrische Zwangbeanspruchungen entstehen vorwiegend aus der horizontalen Interaktion mit dem Baugrund oder durch Einspannung in benachbarte Bauteile. Biegezwänge entstehen bei dicken Platten ($h > 50 \text{ cm}$) maßgeblich aus dem Aufschüsseln bzw. Verwölben der Bodenplatte infolge von Temperaturunterschieden zwischen Ober- und Unterseite.

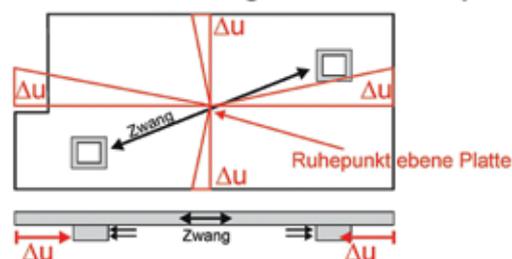
Hohe Zwangbeanspruchung



Niedrige Zwangbeanspruchung



Regelfall: mehrere Vertiefungen unter Bodenplatte



Mögliche Lösungen:

1. mit weichen Dämmplatten ummanteln
2. Unterfahrten abfugen
3. Fuge in Platte zwischen Unterfahrten

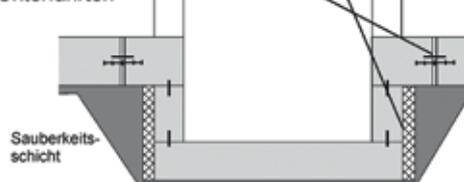


Abb. 5: Zwangreduzierung bei Bodenplatten durch konstruktive Maßnahmen (nach [2][14])

Die zentrischen Zwänge sind umso größer, je mehr die horizontalen Verformungen der Platte z. B. durch monolithische Verbindungen zu Einzel- oder Streifenfundamenten gehindert wird (Abb. 5). Für die Umsetzung der Entwurfsgrundsätze c) und vor allem a) sind daher Platten mit ebener Unterseite und begrenzter Reibung zum Untergrund erforderlich. Die Reibung zum Untergrund bzw. auf der Sauberkeitsschicht kann durch die Ausbildung von Gleitschichten reduziert werden. Typische Reibwerte sind z. B. [8] zu entnehmen. Bei Entwurfsgrundsatz a) sind ausgedehnte Bodenplatten mit Dehnfugen in Abschnittslängen von 20 bis 30 m zu unterteilen.

In größeren Gebäuden sind Vertiefungen unterhalb der Bodenplatte z. B. infolge Aufzugsunterfahrten, Übergabeschächten und Sumpfen unvermeidbar und können allein aus den Fluchtwegbestimmungen des Brandschutzes heraus meist nicht im Ruhepunkt der Bodenplatte angeordnet werden. Damit Unterfahrten und Sumpfe nicht zu Verkrallungen mit dem Baugrund führen, sind diese entweder abzufugen oder mit Weich-einlagen zu versehen (Abb. 5). Abfugungen aussteifender Aufzugskerne sind konstruktiv nicht sinnvoll.

Versprünge oder Querschnittsänderungen der Bodenplatte (Abb. 6, oben) sowie einspringende Ecken im Grundriss führen zu raschen Spannungsänderungen oder -umlenkungen im Bodenplattenquerschnitt. Sie erhöhen lokal die Rissneigung und sollten möglichst vermieden oder durch abgedichtete Sollrissfugen unschädlich gemacht werden.

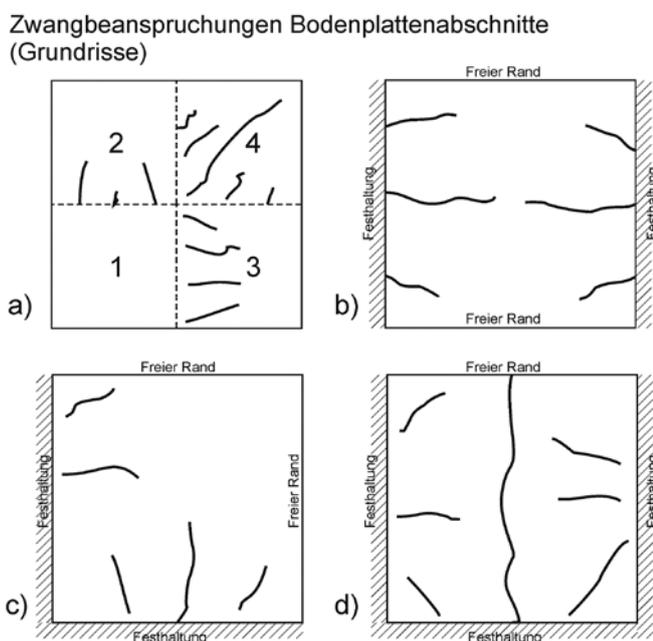
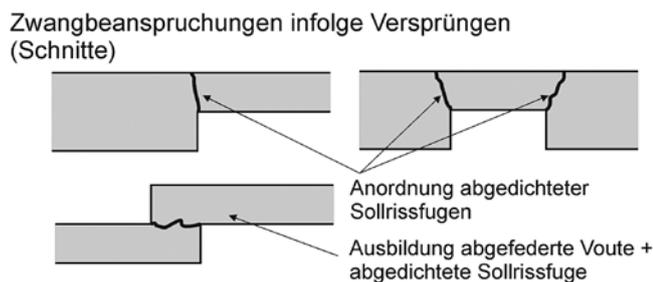


Abb 6: Zwangbeanspruchungen bei Bodenplatten durch Versprünge und ungünstigen Abschnittsbildungen (nach [7],[14])

Bodenplatten größerer Bauvorhaben können in der Regel nicht an einem Tag hergestellt werden. In der Planung können bei üblichen Plattendicken Betonierabschnittsgrößen von ca. 500 – 600 m² vorgesehen werden. Die Arbeitsfugen älterer Betonierabschnitte stellen für die angrenzenden Bereiche anbetonierter Abschnitte Verformungsbehinderungen dar, die mit denen von Wänden auf Bodenplatten vergleichbar sind (Abb. 6, unten). Bereits nach wenigen Tagen Erhärtung ist die Steifigkeit des vorangegangenen Bauabschnitts soweit entwickelt, dass im folgenden Abschnitt Rissbildungen senkrecht zur Arbeitsfuge infolge des Abfließens der Hydratationswärme entstehen können. Schachbrettartige Anordnungen von Betonierabschnitten können ohne weitere Überlegungen besonders ungünstig sein, da die Verformungsbehinderung auch mehr als einen Rand betreffen kann (Abb. 6).

Diesem Problem kann mit zwei Lösungen begegnet werden:

- Festlegung von Betonierabschnitten und deren Abfolge in der Planung. Der Altersunterschied zwischen den Abschnitten sollte so gering wie möglich sein.
- Ausbildung von Hydratationsgassen zwischen Bauabschnitten, die nach dem Abklingen der Hydratationswärme (nach ca. 10 – 14 Tagen) ausbetoniert werden. In der Gasse sollte ein Vollstoß der Bewehrung vorgenommen werden, damit sich die Plattenbereiche tatsächlich unabhängig verformen können. Die Breite der Hydratationsgasse sollte möglichst gering sein und an den erforderlichen Übergreifungslängen für den Stoß ausgerichtet werden. Die Verformungsbehinderungen infolge der sich in geringem Abstand gegenüberliegenden Arbeitsfugen sind dann so groß, dass sich senkrecht zur Arbeitsfuge kein wasserführender Makroriss ausbilden kann. Bei regelmäßiger Unterteilung großer Platten durch Hydratationsgassen lässt sich in diesen der frühe Zwang deutlich reduzieren.

6.2.2 Verringerung Zwangbeanspruchungen in Wänden

Wände von WU-Untergeschossen werden in der Regel auf eine bereits mehrere Tage erhärtete Bodenplatte aufbetoniert und über Arbeitsfugenvorbereitungen und Anschlussbewehrungen schubfest mit dieser verbunden. Die Bodenplatte stellt daher für die Wand bei abfließender Hydratationswärme eine Verformungsbehinderung dar und führt zu Zwangbeanspruchungen insbesondere in Ortbetonwänden. Je größer das L/H-Verhältnis der Wand, desto größer sind die über die Wandhöhe wirkenden Spannungen (Abb. 7).

Bei kurzen Wandabschnittslängen und geringen L/H-Verhältnissen hingegen nehmen die Spannungen insgesamt und in Richtung Wandkrone ab. Der Maximalwert am Wandfuß bleibt hiervon unberührt, ist aber nicht maßgebend, da im Abschnitt zur Bodenplatte infolge der Verformungsbehinderung keine wasserführenden Risse entstehen. Die stattdessen als Vergleichsmaßstab herangezogene Spannung bei einem Viertel der Wandhöhe verringert sich für L/H = 1 auf 35%. Über Jahrzehnte wurden für Ortbetonwände baupraktisch die L/H-Verhältnisse auf 1,5 – 2 begrenzt, um Rissbildungen zielsicher zu vermeiden. Infolge der vergrößerten Wärmeentwicklung heutiger Betone (vgl. Abschnitt 5) können diese Werte nicht mehr mit ausreichender Sicherheit angewendet werden. Mit fortgeschriebenen Verfahren (z. B. in [14]) werden daher für Ortbetonwände und Betone mit mittlerer Festigkeitsentwicklung L/H-Verhältnisse von ca. 1,1 errechnet.

Eine Alternative zur Herstellung von Wänden aus Ortbeton stellen teilvorgefertigte Elementwände dar, die aufgrund des schnelleren Baufortschritts und der reduzierten Schalungsvor-

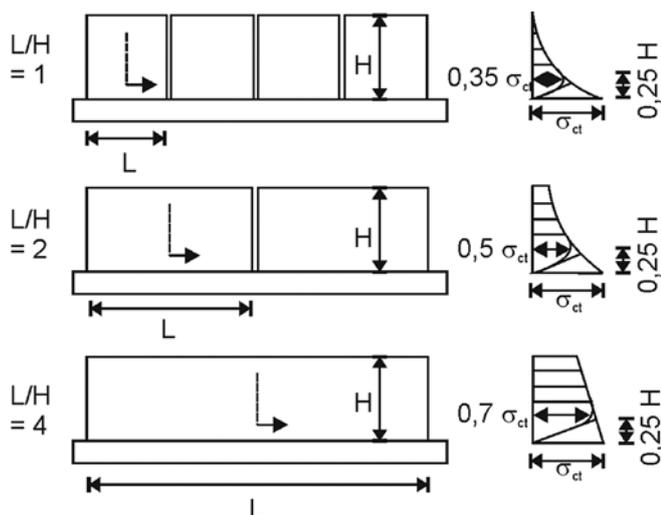


Abb. 7: Zwangsspannungen in Wandmitte in Abhängigkeit des L/H-Verhältnisses (nach [14])

tung Vorteile im Bauablauf bieten. Die Abmessungen der Elementwände sind aufgrund von Herstellung, Transport und Montage begrenzt. In der Regel beträgt die geringere Plattenabmessung wegen der Tischbreiten im Herstellwerk etwa 2,4 m bis ca. 3,00 m. Bei Geschosshöhen von mehr als 3 m ist daher eine stehende Aufstellung erforderlich, aus der sich automatisch eine enge Fugenteilung und günstige L/H-Verhältnisse ergeben. Unter der Voraussetzung, dass die Wände in der statischen Berechnung als einachsige spannende und gelenkige Bauteile bemessen wurden, kann auf eine Fugenbewehrung verzichtet und an den vertikalen Stoßfugen eine abgedichtete Sollrissfuge ausgebildet werden. Die Zwangbeanspruchung der Wände ist aufgrund der engen Fugenteilung und der bauartbedingten geringeren Hydrationswärmewicklung sowohl bei frühem als auch bei späten Zwängen (z. B. in frei belüfteten Tiefgaragen) sehr gering [15]. Eine ausreichende Bauteildicke (Empfehlung: $h \geq 30$ cm, in [3] wurden die Mindestdicken bei 24 cm belassen), Rauigkeit (Rautiefe $R \geq 1,5$ mm) der Innenflächen sowie fachgerechte Aufstellung und Betonage der Wände vorausgesetzt (vgl. auch Hinweise in [16]), weisen Elementwände nach den Erfahrungen der Autoren ein sehr günstiges Verhalten bei WU-Konstruktionen auf.

6.3 Fugenplanungen

Die Betonbauteile einer WU-Konstruktion werden in der Regel in aufeinander folgenden Bauabschnitten hergestellt. Die Arbeitsfugen sowie die Dehn- und Sollrissfugen zwischen und in diesen Bauteilen sind gemäß der WU-Richtlinie mit streifenförmigen Fugenabdichtungen abzudichten, die ein geschlossenes System ergeben (vgl. auch [16]). Bei der Kombination unterschiedlicher Fugenabdichtungen ist die Kompatibilität zu beachten.

Die Planung der Fugenabdichtungen und Darstellung in einem Fugenplan ist unerlässlich, um ein geschlossenes Fugenabdichtungssystem für die WU-Konstruktion zu erstellen. Bei einfachen Systemen kann die Darstellung des geschlossenen Systems auch im Schalplan erfolgen. Bei komplizierten Geometrien und insbesondere bei außenliegenden Fugenbändern oder bei Kombination unterschiedlicher (kompatibler) Fugenabdichtungssysteme ist ein dreidimensionaler Fugenplan erforderlich, damit keine Fehlstellen entstehen.

6.4 TGA-Leitungen in Bodenplatten

TGA-Leitungen sollten WU-Bauteile grundsätzlich senkrecht zu ihrer Ebene durchstoßen und die Durchstoßungspunkte sollten mit geeigneten Produkten abgedichtet werden. Nicht selten sollen innerhalb der Bodenplatte Grundleitungen oder TGA-Leitungen verzogen werden. Neben ungünstigen Einflüssen auf die Rissbildung der Bodenplatte (Perforationswirkung) können Wasserwege entlang einbetonierter Leitungen (Betonierschatten) entstehen. Auftretende Risse und Umläufigkeiten können nicht ziel sicher verpresst werden, da das Verpressgut in die Leitungen eindringen kann. Ist das Verziehen von Leitungen in der Bodenplatte nicht abwendbar, so ist dies bei NK A und BK 1 nur in Kombination mit Entwurfsgrundsatz 7(4) c) möglich. Es sind druckfeste Rohre zu verwenden, deren Muffenstöße druckdicht zu verschließen sind. Wasser- und Verpressgutquerleitungen in Betonierschatten unterhalb des Rohres können durch regelmäßig angeordnete Dichtungskragen vermieden werden. Zwischen Rohrunterkante und Bodenplattenunterkante sollte unter Berücksichtigung des Leitungsgefälles die geforderte Mindestbauteildicke nach WU-Richtlinie ($d = 25$ cm bei BK 1) eingehalten werden.

7 Rechnerische Nachweise

In Ergänzung zur konstruktiven Umsetzung des Entwurfs sind in Abhängigkeit des Entwurfsgrundsatzes rechnerische Nachweise zu führen. Diese sind für Entwurfsgrundsatz a) »Rissvermeidung« insbesondere bei großen Vorhaben mit einer Vielzahl an nachzuweisenden Bauteilen besonders umfangreich und umfassen:

- Festlegung von Abschnitten bei Bodenplatten / Wänden und Nachweis der rechnerischen Rissfreiheit z. B. mit den in [14] angegebenen Verfahren;
- Auswahl von Dehnfugenbändern bei abgefugten Bodenplatten nach DIN 18197 mit Berechnung der Verschiebewege;
- Nachweis der Mindestbewehrung für die reduzierte Zwangbeanspruchung in Wänden / Bodenplatten z. B. mit den in [14] angegebenen Verfahren;
- Nachweis der Druckzonenhöhe.

Gemäß der Ende 2017 erscheinenden Neuauflage WU-Richtlinie [3] ist künftig nachzuweisen, dass die charakteristische Zugfestigkeit des Betons $f_{ctk,5\%}$ ($= 0,7 f_{ctm}$) zu keinem Zeitpunkt überschritten wird. Bisher war der Nachweis gegen den Mittelwert der Betonzugfestigkeit f_{ctm} zu führen. Einerseits wird hiermit sicherlich der zunehmenden Wärme- und Zwangentwicklung üblicher Betone Rechnung getragen und das Sicherheitsniveau des Entwurfsgrundsatzes 7(4) a) angehoben. Andererseits bedeutet dies auch, dass die rechnerisch rissfreien Abschnittslängen auf 70 % reduziert werden. Hiermit einhergehend vergrößern sich die erforderlichen Fugenlängen bzw. werden zusätzlich Fugen in Bauteilen erforderlich.

Für Entwurfsgrundsatz 7(4) c) reduziert sich der rechnerische Aufwand auf die Bestimmung der Mindestbewehrung und den Nachweis der Druckzonenhöhe.

8 Frischbetonverbundsysteme

Frischbetonverbundsysteme werden zunehmend als Ergänzung zu WU-Konstruktionen eingesetzt [17]. Unter dem Begriff werden mehrschichtige Kunststoffabdichtungsbahnen verstanden, die über eine Verbundschicht (Klebeschicht) oder ein Vlies einen nicht hinterläufigen Verbund zum Frischbeton eingehen. Von besonderer Bedeutung ist neben der für die Verbundwirkung

erforderlichen Foliensauberkeit, dass die Längs- und Querstöße unter Berücksichtigung der Witterung zu verkleben sind, um aus den Bahnen ein flächiges, fehlerstellenfreies System zu erzeugen. Im Sinne dieses Systems sind auch Eckausbildungen sowie sämtliche Durchdringungen wie z. B. Blitzerder, Rohrdurchführungen usw. abzudichten.

Die Anwendung von Frischbetonverbundsystemen ist trotz vorhandener allgemeiner bauaufsichtlicher Prüfzeugnisse im Zusammenhang mit DIN 18533 oder der WU-Richtlinie nicht geregelt. Zur Entwicklung der Technologie wurde vom DBV ein Arbeitskreis »Frischbetonverbundfolie« (HABA-FBV) eingerichtet und ein Forschungsprojekt »Bauwerksabdichtung mit Frischbetonverbundfolie – Grundlagen zur Erstellung eines Regelwerks für eine innovative Bauart« beantragt. Im Forschungsprojekt werden einheitliche Regeln und Prüfgrundsätze für Frischbetonverbundfolien erarbeitet.

Frischbetonverbundsysteme bedürfen einer besonderen Sorgfalt in der Ausführung, die nach Auffassung der Autoren nur durch Fachunternehmen sichergestellt werden kann. Als zusätzliche Abdichtungsmaßnahme stellen die Systeme unter Voraussetzung einer fehlerstellenfreien Verarbeitung eine sinnvolle Ergänzung zu einer vollständig geplanten und ausgeführten WU-Konstruktion dar. Frischbetonverbundsystem und WU-Konstruktion sind aufgrund der gemeinsamen Details gemeinsam zu planen. Die Folien ermöglichen ein besseres Zielniveau als WU-Konstruktionen allein und senken das Risiko, dass bei spät auftretenden Rissen eine Durchfeuchtung des Bodenaufbaus erfolgt und zur Abdichtung dieser Risse eine nachträgliche Zugänglichkeit hergestellt werden muss.

9 Zusammenfassung

WU-Konstruktionen sind vor dem Hintergrund der heutigen Nutzungsanforderungen Hochleistungsbauwerke. Für die Planung und Ausführung stellt die WU-Richtlinie [1,2] des DAfStb als bewährtes Regelwerk die Rechtsgrundlage dar. Nach dem heutigen Rechts- und Bauherrenverständnis werden die gleichen Nutzungsanforderungen wie an oberirdische Bauwerksteile gestellt. Diese Konstruktionen erfordern somit eine sorgfältige Planung und Ausführung, eine ausführliche Bauherreninformation und die Dokumentation der Planungsleistungen und Ausführungsarbeiten. Frischbetonverbundsysteme stellen unter Voraussetzung einer fehlerstellenfreien Verarbeitung eine sinnvolle Ergänzung zu reinen WU-Konstruktionen dar und ermöglichen damit ein besseres Zielniveau für die Abdichtungsaufgabe.

Literatur

- [1] DAfStb-Richtlinie Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton (WU-Richtlinie), Ausgabe November 2003 + Berichtigung März 2006, Beuth Verlag, 2007
- [2] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton: Erläuterungen zur DAfStb-Richtlinie Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton, Heft 555, Beuth Verlag, 2006
- [3] Weißdruck DAfStb-Richtlinie Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton, Ausgabe 22. Juni 2017
- [4] DBV-Merkblatt »Hochwertige Nutzung von Untergeschossen«, 2009.
- [5] Turner, K.; Schlicke, D.; Nguyen, V.T.: Zwangbeanspruchung von Stahlbetonbauteilen – Neue Erkenntnisse aus der systematischen Untersuchung mit Zwangrahmen für bewehrten Beton. In: Beton- und Stahlbetonbau 111 (2016), Heft 5, S. 301-309
- [6] Haveresch, K.; Maurer, R.; Tauscher F.: Hinweise für den Ansatz der Betonfestigkeit beim Nachweis der Mindestbewehrung für frühen Zwang gemäß Eurocode 2-2 (DIN EN 1992.2/NA)
- [7] Verband deutscher Betoningenieure E.V.: Report 12, Maßnahmen zur Verminderung der Zwangbeanspruchungen infolge Hydratationswärme, 2005
- [8] Fingerloos, F.: Früher oder später Zwang – Kann man die Rissbreiten dabei zielsicher begrenzen? In: Tagungsband 11. Symposium Betonverformungen beherrschen – Grundlage für schadensfreie Bauwerke, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), März 2015
- [9] DIN EN 1992 (Eurocode 2): Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau, Deutsche Fassung EN 1992-1-1:2004 + AC: 2010, Ausgabe 01/2011 und zugehöriger Nationaler Anhang, Ausgabe 04/2013 + DIN EN 1992-1-1/NA/A1: 2015-12
- [10] Fingerloos, F.; Hegger, J.: Erläuterungen zur Änderung des deutschen Nationalen Anhangs zu Eurocode 2 (DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12). In: Beton- und Stahlbetonbau 111(2106), Heft 1, Seiten 1 – 8
- [11] DBV-Rundschreiben 242, Juni 2014 und 247, Dezember 2015
- [12] Betonmarketing Nordost: Risse – Vermeidung, Begrenzung, Bewehrung. In: Tagungsunterlage Beton-Seminare 2015
- [13] DBV-Merkblatt: Begrenzung der Rissbildung im Stahlbeton- und Spannbetonbau, Fassung Mai 2016
- [14] Lohmeyer, G.; Ebeling, K.: Weiße Wannen – einfach und sicher. Konstruktion und Ausführung wasserundurchlässiger Bauwerke aus Beton. 10. Auflage, Verlag Bau+Technik GmbH, 2013.
- [15] Kerkeni, N.; Hegger, J.; Kahmer H.: Mindestbewehrung von weißen Wannen aus Doppelwänden. Beton- und Stahlbetonbau 97, 2002, Heft 1, S. 1-7
- [16] Hohmann, R.: Elementwände im drückenden Grundwasser: Konstruktionsprinzip, Planung, Bauausführung, Schwachstellen, Fehlervermeidung, Instandsetzung. Fraunhofer IRB Verlag, Ausgabe 2016
- [17] DBV-Heft 37 »Frischbetonverbundfolie«, Deutscher Beton- und Bautechnikvereins (DBV) zum Fachkolloquium »Frischbetonverbundfolie« des DBV/DAfStb am 26.04.2106 in Berlin

Die Autoren

Dr.-Ing. Hans-Jürgen Krause

Promotion am Institut für Massivbau, RWTH Aachen, Prof. Trost

Beratender Ingenieur, Geschäftsführender Gesellschafter der Kempen Krause Gruppe mit Niederlassungen in Aachen, Düsseldorf, Köln, Euskirchen und Hamburg
Prüfingenieur (VPI)

Staatlich anerkannter SV für die Prüfung der Standsicherheit (Massivbau)
Staatlich anerkannter SV für Schall- und Wärmeschutz Zertifizierter Sachkundiger Planer für Betoninstandsetzung

Vortragstätigkeit an der Akademie für Ingenieure Südwest und Ingenieurakademie West (NRW), Probstei Johannesburg und bei diversen DBV/DAfStb-Tagungen

Projektbegleitender Ausschuss Arbeitskreis »Normung« der Ingenieurkammer NRW Arbeitskreis »Infrastruktur« Ingenieurkammer NRW
Mitglied im Hauptausschuss Bauausführung für Frischbetonverbundsysteme (HABA-FBV) des DBV



Dr.-Ing. Michael Horstmann

Promotion am Institut für Massivbau, RWTH Aachen, Prof. Hegger

Seit 2010 Projektleiter Tragwerksplaner und Leiter Fachgruppe Expertenwissen im konstruktiven Ingenieurbau, Kempen Krause Ingenieure GmbH
Sachverständiger für Schäden im konstruktiven Ingenieurbau (Eipos)

Vortragstätigkeit an der Akademie für Ingenieure Südwest und Ingenieurakademie West (NRW)

Lehrauftrag Hochschule Koblenz

Projektbegleitender Ausschuss im AiF-Projekt »Querkrafttragfähigkeit von Stahlbetonplatten ohne Querkraftbewehrung«



KEMPEN KRAUSE INGENIEURE GmbH

Ritterstrasse 20
52072 Aachen

Tel. 0241/88 99 00

info@kempenkrause.de

www.kempenkrause.de

NACHTRÄGLICH APPLIZIERBARE VERBUNDABDICHTUNG

SikaProof® P



- **SELBSTKLEBENDES VERBUNDSYSTEM**
Mit systemeigenem Primer auf bestehende Betonkonstruktion applizierbar
- **DRUCKWASSERDICHTER HINTERLAUFSCHUTZ**
Einzigartige Kontaktverklebung zwischen Verbundsystem und Betonkonstruktion
- **HÖCHSTE SICHERHEIT**
Dank rissüberbrückender hochflexibler FPO-Bahn
- **NACHHALTIG UND GEPRÜFT**
Erfüllt Qualitätsanforderungen der Stufe 4 der DGNB

www.sika.de/sikaproof

Elementwände im drückenden Grundwasser richtig ausgeführt

Planung – Anforderungen – Bauausführung – Schwachstellen – Fehlervermeidung

1 Einleitung

Das Bauen mit Elementwänden erfreut sich seit Mitte der 90er-Jahre zunehmender Beliebtheit. Die industrielle Vorfertigung, Just-in-Time-Anlieferung und schnelle Montage sowie das Entfallen aufwendiger Schalungsarbeiten beschleunigen den Baufortschritt und reduzieren den Personal- und Materialeinsatz auf der Baustelle. Auch wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton, die sogenannten »Weißen Wannen«, können in Elementwandbauweise erstellt werden. Entsprechende Beispiele zeigt Abb. 1.



Abb. 1: Beispiele für WU-Konstruktionen aus Elementwänden

Das Bauen mit Elementwänden bietet bei fachgerechter und fehlerfreier Ausführung Vorteile, da durch die Elementabmessungen systembedingt Sollrissquerschnitte angelegt sind und bei Elementwänden im Vergleich zur Ortbetonbauweise deutlich reduzierte Zwangsspannungen auftreten. Das ist auf eine geringere Hydratationswärmeentwicklung infolge des kleineren Ortbetonquerschnitts und das Abführen eines Teils der Hydratationswärme durch die Fertigteilplatten zurückzuführen. Mit diesem Vorteil kommt die Elementwandbauweise dem Entwurfsgrundsatz [a] (Vermeiden von Trennrissen) der WU-Richtlinie [4] entgegen.

Allerdings erfordert das Bauen mit Elementwänden die besondere Aufmerksamkeit bei der Planung, Bauausführung und Überwachung. Insbesondere bei der Bauausführung zeigt sich oftmals eine deutliche Diskrepanz zwischen Theorie und Praxis. Wichtige Arbeitsschritte werden auf der Baustelle oftmals nicht, falsch oder nicht sorgfältig genug ausgeführt, Fehlstellen im Ortbeton sind schwer zu entdecken und die vielen bauartbedingten Fugen und ihre Abdichtungssysteme sind potentielle fehlerträchtige Bauteile.

In dem Beitrag werden Hinweise für die Planung und Ausführung sowie zur Fehlervermeidung gegeben und typische Fehler aufgezeigt. Ausführlich wird das Bauen mit Elementwänden in [16] behandelt.

2 Elementwände in der WU-Richtlinie

Die Bauweise mit Elementwänden ist in der WU-Richtlinie [4] geregelt. Hierbei wird von der Annahme ausgegangen, dass sich durch einen Verbund und eine hohlraumfreie Verbindung zwischen dem Kernbeton und den Fertigteilplatten ein monolithisch wirkendes Bauteil ausbildet.

2.1 Rauigkeit der Fertigteilplatten

Damit sich ein Verbund und eine hohlraumfreie Verbindung zwischen dem Ortbeton und den Fertigteilplatten einstellen und sich ein monolithisch wirkendes Bauteil bilden kann, müssen die Innenoberfläche der Fertigteilplatten eine ausreichende Rauigkeit besitzen. Die WU-Richtlinie [4] fordert eine vollflächige kornraue Verbundfläche, deren mittlere Rautiefe R_t mindestens 1,5 mm betragen muss.

Die Fertigteilplatten der Elementwände müssen ausreichende Rauigkeit besitzen

Eine mangelnde Rauigkeit und eine großflächige, dicke Zementschlammeschicht an der Innenoberfläche führen zu einem unzureichenden Verbund. Abb. 2 zeigt Beispiele für Fertigteilplatten, bei denen die Anforderungen an die Rauigkeit erfüllt bzw. nicht erfüllt werden.



Abb. 2: Fertigteilplatten, bei denen die Anforderungen an die Rauigkeit erfüllt (oben) bzw. nicht erfüllt (unten) werden.

Die mittlere Rautiefe muss an den Innenoberflächen der äußeren und der inneren Fertigteilplatte. Nach [4] ist die Rauigkeit der Elementwände in der laufenden Produktion durch Sichtprüfung und Vergleich mit der Referenzplatte zu kontrollieren und je Lieferung zu dokumentieren. Im Zweifelsfall ist die Rauigkeit im Werk, z. B. nach dem Sandflächenverfahren, zu prüfen.

Auf der Baustelle ist die Rauigkeit stichprobenartig durch Sichtprüfung bei Anlieferung zu prüfen und zu dokumentieren. Auch hier ist die Rauigkeit im Zweifelsfall zu prüfen, z. B. nach dem Sandflächenverfahren. Elementwände mit nicht ausreichender Rauigkeit sollten nicht verwendet werden.

2.2 Mindestdicken der Elementwände

Die Mindestdicken der Elementwände, aber auch der lichte Abstand zwischen den Fertigteilplatten von Elementwänden bzw. zwischen Bewehrungslagen werden in der WU-Richtlinie [4] in Abhängigkeit des Größtkorns geregelt. Die einzelnen

Maße sowie die Empfehlungen für Wanddicken von Elementwänden bei hochwertiger Nutzung und Beanspruchungsklasse 1 (drückendes Wasser und aufstauendes Sickerwasser) sind in Abb. 3 dargestellt.

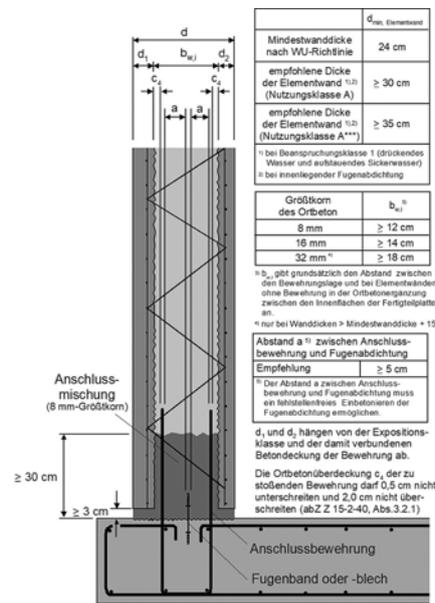


Abb. 3: Maße und Abstände beim Bauen mit Elementwänden

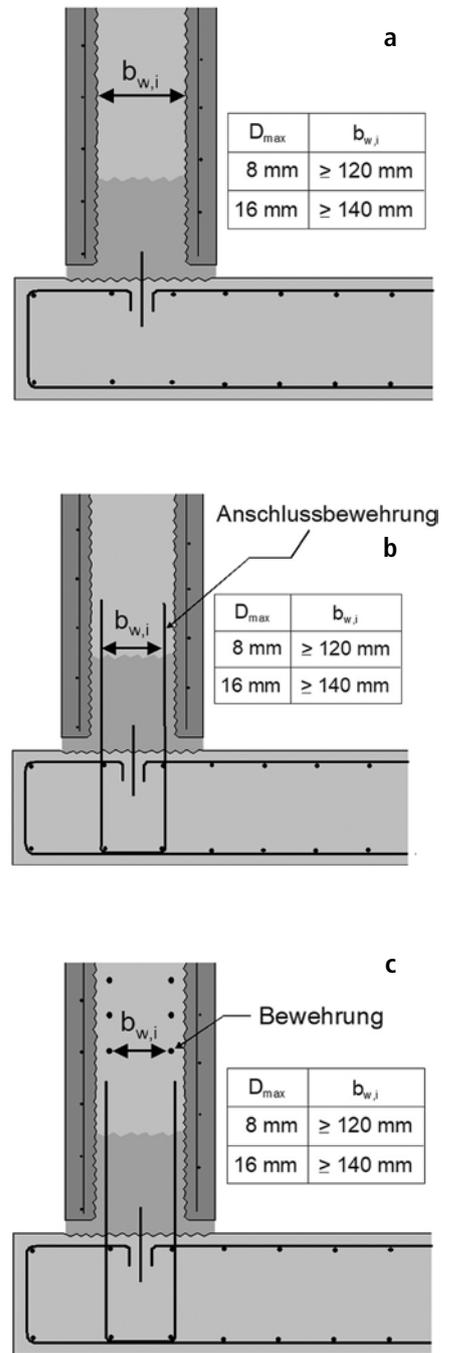
Die in der WU-Richtlinie [4] angegebene Mindestwanddicke beträgt 24 cm. In der Baupraxis haben sich in Hinblick auf eine sichere Ausführbarkeit und Betonierbarkeit bei innenliegenden Fugenabdichtungssystemen für Nutzungs-kategorie A (nach [4]) Elementwände mit Dicken ≥ 30 cm, für Nutzungs-kategorie A*** (nach [6]) mit Dicken ≥ 35 cm bewährt.

Elementwände mit Dicken ≥ 30 cm bei Nutzungs-kategorie A empfohlen (bei innenliegender Fugenabdichtung)

In der WU-Richtlinie [4] wird auch das lichte Innenmaß b_{wi} zwischen den Fertigteilplatten bzw. zwischen Bewehrungslagen in Abhängigkeit des Größtkorns angegeben. Bei Elementwänden mit Mindestwanddicke ist das Größtkorn auf ≤ 16 mm begrenzt. Diese Innenmaße sind in Abb. 4 aufgeführt. Bei Elementwänden mit einer Wanddicke $>$ Mindestwanddicke + 15 % (d. h., $d > 0,276$ cm) und einem $b_{wi} \geq 18$ cm kann auch ein Beton mit einem Größtkorn von 32 mm verwendet werden. Die Regelungen bzw. Empfehlungen für eine Anschlussmischung bleiben davon unberührt, siehe Kapitel 2.3.

Bei Elementwänden mit Bewehrung ist b_{wi} das innere lichte Maß zwischen den Bewehrungslagen des Ortbetonkerns, bei Elementwänden ohne Bewehrung im

Zwischenraum ist b_{wi} der lichte Abstand der Innenflächen der Fertigteilplatten der Elementwand (Abb. 4). Dadurch wird im Regelfall bei Elementwänden mit Bewehrung und einer innenliegenden Fugenabdichtung eine Erhöhung der Wanddicke erforderlich. Alternativ ist objektbezogen ggf. auch die Abdichtung mit einem vollflächig aufgeklebten streifenförmigen Fugenabdichtungsband möglich (Abb. 4 e). In diesem Fall ist z. B. bei einer einschichtigen Anschlussbewehrung keine Vergrößerung der Bauteildicke erforderlich.



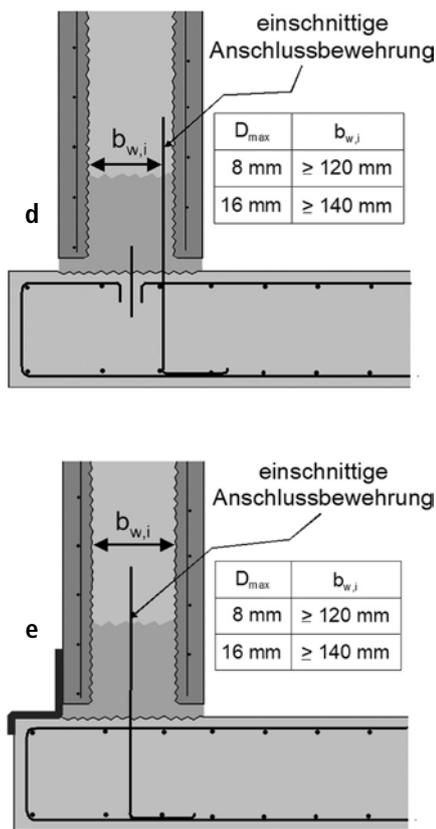


Abb. 4 a-e: Lichte Innenmaße $b_{w,i}$ zwischen den Fertigteilplatten bzw. der Bewehrung bei Elementwänden (bei Mindestwanddicke)

2.3 Beton

Für die Elementwände ist nach der WU-Richtlinie [4] ein Beton mit hohem Wassereindringwiderstand nach DIN EN 206-1 [13] und DIN 1045-2, Abschnitt 5.5.3 [7] mit einem Wasserzementwert $(w/z)_{eq} \leq 0,60$ und einer Mindestdruckfestigkeit C 25/30 zu verwenden.

Bei Ausführung der in der WU-Richtlinie [4] angegebenen Mindestbauteildicke (siehe auch Abb. 3) ist für Elementwände ein Beton mit $(w/z)_{eq} \leq 0,55$ und einem Größtkorn von 16 mm zu verwenden.

Elementwänden mit Mindestbauteildicke: Beton mit $(w/z)_{eq} \leq 0,55$ und einem Größtkorn von 16 mm

Die Dichtigkeit der Elementwand hängt maßgeblich von der Qualität und Dichtigkeit des Betons im Plattenzwischenraum ab. Insbesondere bei Wänden mit Mindestwanddicke muss nach [5] ein Beton mit der Konsistenzklasse F 3 oder weicher verwendet werden, um einen fehlerfreien Betoneinbau zu ermöglichen.

Dies gilt im besonderen Maße für den Fußpunkt der Elementwand. Hier sind ein

fehlerstellenfreier Betoneinbau, eine vollständige Füllung des Hohlraums der Elementwand sowie eine satte Umhüllung der Fugenabdichtung zwingend erforderlich.

Aus diesem Grund fordert die WU-Richtlinie [4] bei Elementwänden mit Mindestbauteildicke eine Anschlussmischung mit einem Größtkorn von 8 mm. Dies gilt nach [4] auch bei Elementwänden mit größeren Wandquerschnitten, wenn beim Betonieren mit freien Fallhöhen über 1 m gearbeitet wird. Die Höhe der Anschlussmischung sollte mindestens 30 cm betragen.

Anschlussmischung mit 8 mm Größtkorn mindestens 30 cm hoch einbauen

2.4 Überwachungsklasse

Beton mit hohem Wassereindringwiderstand ist nach [3, 8] der Überwachungsklasse 2 zuzuordnen, d. h., neben der Eigenüberwachung durch die ständige Betonprüfstelle des Bauunternehmens ist auch eine Fremdüberwachung durch eine anerkannte Überwachungsstelle erforderlich.

Bei Beanspruchungsklasse 1 gilt für den Beton Überwachungsklasse 2

Lediglich, wenn der Baukörper maximal nur zeitweilig aufstauendem Sickerwasser ausgesetzt ist und wenn in der Projektbeschreibung keine andere Festlegung getroffen worden ist, liegt nach [3, 8] die Überwachungsklasse 1 vor. Nur in diesem Fall ist die Eigenüberwachung des Bauunternehmens ausreichend.

3 Planung von Elementwänden

Die fachgerechte Planung von wasserundurchlässigen Bauwerken aus Beton (Weiße Wannen) ist eine anspruchsvolle Aufgabe, die vom Planer vertiefte Fachkenntnisse und Erfahrung erfordert. Dies gilt in besonderem Maße für Weiße Wannen, die in Elementbauweise errichtet werden.

3.1 Allgemeine Hinweise

In der Regel erfolgt im Fertigteilwerk auch eine Umbemessung der Ortbetonkonstruktion auf die Elementwandbauweise. Dabei gilt DIN EN 1992-1-1 [12] und DIN EN 1992-1-1/NA [10], Abschnitt 9.6. Die Expositionsklassen nach DIN EN 1992-1-1 [12] und DIN EN 1992-1-1/NA [11] und die erforderliche Betondeckung der Bewehrung sind an jeder Stelle im Bauteil einzuhalten und bestimmen die Dicke der Fertigteilplatten. Je nach Expositionsklas-

se ergeben sich im Regelfall Plattendicken zwischen 5 – 7 cm.

Elementwände werden im Fertigteilwerk entsprechend den CAD-Daten maßgenau gefertigt. Dabei werden

- Türen
 - Fenster
 - Rohrdurchführungen
 - Wandanschlusschienen
 - Rückbiegeanschlüsse
 - Aussparungen etc.
 - Einbauteile für den Ausbau
 - Dübel und Ankerhülsen
 - Durchführungen für Ringerder
- schon werkseitig in die Elementwände eingebaut. Dies setzt ein hohes Maß an Vorplanung voraus, z. B. der

- Dicke der Elementwand im Zusammenhang mit innenliegender Fugenabdichtung und fehlerfreier Betonierbarkeit. Sie ist so zu wählen, dass die Bauteile unter Beachtung der Betondeckung, der erforderlichen Bewehrungslagen, der Fugenabdichtung und der Einbauteile fachgerecht betoniert werden können und dass die tragende und die dichtende Funktion erfüllt werden können.

- Lage, Art und Abmessungen von Türen, Fenstern, Aussparungen, Treppenauflegern, Durchdringungen, Anschlusschienen, Rückbiegeanschlüssen, Ankerhülsen und Dübeln, u. a.
- Expositionsklasse (als Grundlage für die Festlegung der Dicke der Fertigteilplatten)

Darüber hinaus muss der Planer u. a. folgende Punkte bedenken:

- Art der Anschlussbewehrung (keine, ein- oder zweischichtige Anschlussbewehrung)
- Ein- oder zweiachsig gespannte Elementwand
- Lichter Abstand der Fertigteilplatten bzw. der horizontalen Bewehrung im Elementwandstoß
- Ausbildung des Wandkopfes, ggf. längere äußere Fertigteilplatte als Randabschalung für die Decke, gleich hohe innere und äußere Fertigteilplatte oder eine längere innere Fertigteilplatte

Die Abmessung der einzelnen Elementwände hängt u. a. von der Geometrie des Bauwerkes, von der Fertigungs- oder Produktionsvorrichtung im Fertigteilwerk, aber auch von Kranangaben (Kranart, Kranlastdiagramm, Kranstandort, Entladepunkt) ab.

Ein Kran mit geringerer Traglast führt u. U. dazu, dass bereichsweise mehrere Elementwände mit kleineren Abmessungen, statt wenige mit größeren Ab-

messungen eingebaut werden müssen. Damit sind zum einen eine größere Anzahl von Stoßfugen verbunden, zum anderen zeitliche Nachteile. Die Montagezeit einer 6 m langen Elementwand unterscheidet sich kaum von der einer 3 m langen Elementwand. Bei zwei kurzen Elementwänden verdoppelt sich demnach im Vergleich zu einer längeren Wand die Montagezeit.

Vor Produktion der Elementwände ist die Elementwandkonstruktion durch das Bauunternehmen bzw. den Statiker sorgfältig zu prüfen. Dabei ist insbesondere zu kontrollieren, ob die

- Abmessungen einzelner Elemente (Höhe, Breite, Wanddicke, Dicke der Fertigteilplatten)
- Betondeckung
- Bewehrungszulagen
- Vermassung
- Lage, Art und Abmessungen von Türen, Fenstern, Aussparungen, Treppenaufleger, u. a.
- Brüstungshöhen
- Lage von Wandanschlusschienen, Rückbiegeanschlüsse, Maueranschlusschienen, u. a.
- Art, Durchmesser und Lage von Rohrdurchführungen und Futterrohren
- Lage und Art sonstiger Einbauteile den Vorgaben entsprechen. Wichtig ist es auch, nochmals zu kontrollieren, ob die Elementwände auch als Bauteile für WU-Konstruktionen geplant sind. Darüber hinaus sind insbesondere folgende Punkte zu prüfen:

- Krantragkraft- /Elementgröße / -gewicht der einzelnen Elementwände
- Liefertermine der Elementwände
- Lieferreihenfolge der Elementwände

Nach der Freigabe durch das Bauunternehmen bzw. den Statiker erfolgt die Produktion der Elementwände im Fertigteilwerk.

3.2 Fugen und deren Planung

Bei Elementwänden müssen die horizontale Arbeitsfuge zwischen der Bodenplatte und der Wand sowie die Stoßfugen zwischen den einzelnen Elementen abgedichtet werden (Abb. 5). Die Stoßfugen zwischen den Elementen sind im Regelfall als Sollrissquerschnitte auszubilden.



Abb. 5: Abdichtung der Elementwand mit Fugenband in der Arbeitsfuge Bodenplatte – Wand und einem Dichtrohr in der Stoßfuge

Neben der Arbeitsfuge zwischen Bodenplatte und Elementwand und den Stoßfugen können weitere Fugen bei WU-Konstruktionen mit Elementwänden auftreten, z. B.

- Arbeitsfugen im Elementwandstoß
- vertikale Arbeitsfugen in der Elementwand
- vertikale Arbeitsfugen bei Elementwänden
- Anschlüsse einer Elementwand an eine Ortbetonwand
- horizontale Arbeitsfugen am Wandkopf
- Dehnfuge in der Elementwand

Ausgewählte Beispiele zeigen die Bilder 6 - 8. Ausführlich werden die unterschiedlichen Fugenarten in [16] behandelt.

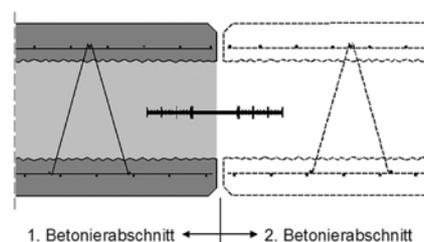


Abb. 6: Innenliegendes Arbeitsfugenband A 320 in die vertikale Arbeitsfuge bei einer Elementwand

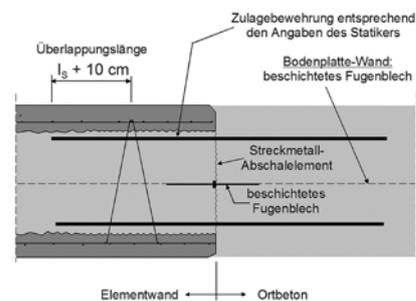


Abb. 7: Biegesteifer Anschluss einer Elementwand an eine Ortbetonwand

Horizontale Arbeitsfugen dürfen nur in der Höhe der Bodenplatte und der Geschossdecke, nicht aber innerhalb der Elementwände angeordnet werden. Daher darf es beim Betonieren der einzelnen Betonierabschnitte nicht zu längeren Unterbrechungen kommen. Insbesondere im Sommer kann es temperaturbedingt zu einem frühen Ansteifen des Betons und dadurch zu Trennschichtbildung kommen.

Der Zeitpunkt des Betonierens ist ggf. so zu wählen, dass es nicht durch verkehrsbedingte Probleme (Stoßzeiten, Berufsverkehr, Engpässe an Baustellen) zu Lieferverzögerungen und damit ggf. zu Betonierunterbrechungen und unbeabsichtigten horizontalen Arbeitsfugen in der Elementwand kommen kann.

Aus den aufgeführten Gründen kann es ggf. sinnvoll sein, in Abhängigkeit der objektbezogenen Randbedingungen, wie Bauwerksgröße, Wanddicke, Beton, Temperaturbedingungen und Betonfördersystem (Betonpumpe oder Kübel), die zu betonierenden Kellerwände mittels Streckmetall-Abschalelement in mehrere Betonierabschnitte zu unterteilen.

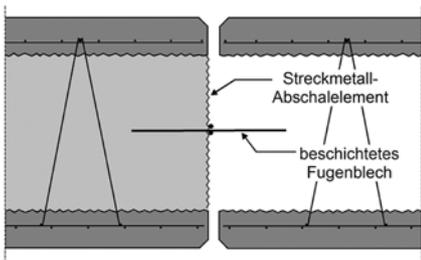


Abb. 8: Streckmetallabschalung mit integriertem beschichtetem Fugenblech zur Herstellung einer vertikalen, »abgedichteten« Arbeitsfuge im Elementwandstoß

Die Ausführung der Stoßfuge bei Elementwänden hängt u.a. vom statischen Konzept der Wandkonstruktion ab. Nach WU-Richtlinie Abschnitt 9.2 (5) [4] sind Stoßfugen von Elementwänden im Regelfall als Sollrissquerschnitte auszubilden, eine Bewehrung in der Stoßfuge, z. B. ein Bügelkorb, ist in diesem Fall nicht sinnvoll. Die Ausbildung von Stoßfugen als Sollrissquerschnitt ist nach [1, 2] dann zulässig, wenn beim Standsicherheitsnachweis des Wandabschnittes eine beidseitig gelenkige Lagerung angenommen und auf die Berücksichtigung günstig wirkender Momente verzichtet wird.

Sollrissquerschnitte bewirken, dass Zwangsspannungen im Bauteil, die zur Trennrissbildung führen können, durch Entstehung eines Risses an geplanter Stelle, im Falle von Elementwänden in der Stoßfuge, abgebaut werden können. In Stoßfugen, die als Sollrissquerschnitt ausgeführt werden, muss eine Fugenabdichtung eingebaut werden. Die Abdichtung der Stoßfugen kann z. B. mit Dichtrohren oder Sollrissfugenschienen erfolgen.

Bei einer zweiachsig gespannten Elementwand muss die Querbewehrung über den Elementwandstoß geführt und der Stoß zwischen den einzelnen Elementen biegesteif hergestellt werden. Ggf. in dem Stoß auftretende Risse müssen abgedich-

tet werden. Das Beispiel für einen entsprechenden Wandstoß zeigt Abb. 9. Die horizontale Bewehrung in den Stoßfugen führt im Vergleich zu Elementwänden ohne horizontale Bewehrung im Regelfall zu einer Erhöhung der Wanddicke, siehe Kapitel 2.2 oder auch Abb. 4.

Nach dem Aufstellen der Elementwände kann die querlaufende Bewehrung über eine Aussparung in die Elementwand eingefädelt werden. Hierzu müssen die Elementwände mit einer entsprechend verkürzten inneren Fertigteilplatte hergestellt werden. Nach dem Einfädeln der Querbewehrung wird die Aussparung bauseits abgeschalt und mit der Elementwand ausbetoniert.

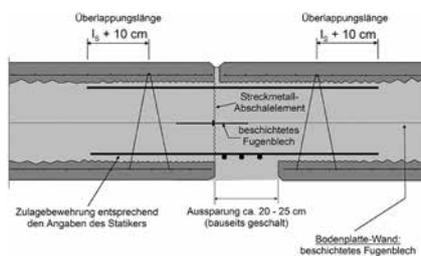


Abb. 9: Biegesteifer Stoß einer Elementwand

3.3 Planung der Abdichtung für Elementwände

Die Fugenabdichtung muss schon in der frühen Planungsphase im Detail geplant werden. Bei der Planung der Fugenabdichtung sind einige wichtige Regeln zu beachten, insbesondere Folgendes:

- Alle Fugen und Durchdringungen müssen dauerhaft wasserdicht ausgebildet werden.
- Dichtungstechnisch gesehen sollten die Fugenabdichtungen, z. B. die in der Arbeitsfuge zwischen Bodenplatte und Wand und die in den Stoßfugen, möglichst in einer Ebene liegen.
- Die Fugenabdichtung der verschiedenen Fugen muss zueinander passen und ein geschlossenes »lückenloses« Abdichtungssystem ergeben.
- Bei einem innenliegenden Fugenabdichtungssystem muss die Bewehrung

und die Fugenabdichtung aufeinander abgestimmt sein, d.h., es muss ein ausreichender Abstand zwischen Anschlussbewehrung bzw. Fertigteilplatten zur Fugenabdichtung eingeplant werden.

- Dauerhaft freibleibende Enden des Fugenabdichtungssystems müssen, soweit der Bemessungswasserstand keinen entsprechenden Zuschlag enthält, mindestens 30cm über den Bemessungswasserstand geführt werden.
- Stöße und Anschlüsse sind planmäßig wasserdicht auszuführen, z. B. als geschweißter Stoß oder geklemmter Stoß mit dichtender Zwischenlage. Ein Überlappungsstoß ist nach [4] nicht zulässig.

Der Planer muss entscheiden, ob er ein innen- oder außenliegendes Fugenabdichtungssystem einsetzen möchte. Ein entscheidender Parameter hierbei ist die Zugänglichkeit der äußeren Bauteiloberfläche. Für die Abdichtung der Fugen mit einer außen aufgetragenen Fugenabdichtung ist die Zugänglichkeit der Wandoberfläche und ein ausreichend breiter Arbeitsraum eine zwingende Voraussetzung.

Typische Beispiele, bei denen mangels Zugänglichkeit einer oder mehrerer Bauteilseiten eine Fugenabdichtung mit einer außenliegenden streifenförmigen Fugenabdichtung nicht möglich ist, sind z. B. Doppel- und Reihenhäuser, Bauwerke mit engen Baugruben oder Trägerbohl- bzw. Bohrpfehlwänden ohne ausreichenden Arbeitsraum, siehe Abb. 10.



Abb. 10: Beispiele, bei denen mangels Zugänglichkeit einer oder mehrerer Bauteilseiten eine Fugenabdichtung mit einer außenliegenden Fugenabdichtung nicht möglich ist

Da in diesen Fällen die abzudichtende Bauteilseite nicht zugänglich ist und der Wechsel der Abdichtungsebene von einer außenliegenden streifenförmigen Fugenabdichtung auf eine innenliegende Fugenabdichtung nicht fachgerecht als geschlossenes Fugenabdichtungssystem ausgebildet werden kann, ist die Abdichtung mit einem außenliegenden Fugenabdichtungssystem keine Option. Abb. 11 verdeutlicht die Problematik.

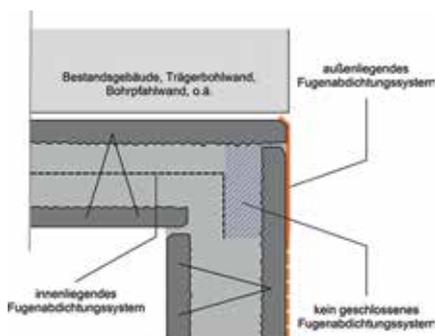


Abb. 11: Offenes Fugenabdichtungssystem bei Wechsel der Abdichtungsebene von außen- auf innenliegend (Horizontalanschnitt)

3.4 Beispiel für Abdichtungssysteme für Fugen und Durchdringungen bei Elementwänden

3.4.1 Innenliegende Fugenabdichtungssysteme für Arbeitsfugen

Für die Abdichtung der Arbeitsfuge zwischen der Bodenplatte und der Elementwand stehen unterschiedliche Abdichtungssysteme zur Verfügung, u. a.

- Arbeitsfugenbänder (nach DIN 18541 [10])
- Kombi-Arbeitsfugenband KAB
- Arbeitsfugenband Duo-Fix 150 Plus
- Arbeitsfugenbänder AF 15 M
- unbeschichtete Fugenbleche (nach [4])
- beschichtete Fugenbleche

Die unterschiedlichen Fugenabdichtungssysteme sind ausführlich u.a. in [9, 15, 16] beschrieben.

Prinzipiell sind die genannten Fugenabdichtungssysteme lagerichtig und -sicher in der Arbeitsfuge zu fixieren. Dabei ist die erforderliche Mindesteinbindetiefe in die Bodenplatte zu beachten. Zwischen dem Fugenabdichtungssystem und der Anschlussbewehrung bzw. den Fertigteilplatten sollte mindestens ein Abstand von 50 mm eingehalten werden, damit ein vollständiges Einbetonieren des Fugenabdichtungssystems möglich ist. Ein nachträgliches Eindringen der Fugenabdich-

tungssysteme in den frischen Beton ist nicht zulässig. Stöße und Anschlüsse sind druckwasserdicht herzustellen.

Überlappungsstöße sind nicht zulässig

Überlappungsstöße, wie in Abb. 12 gezeigt, sind nach [4] nicht zulässig.



Abb. 12: Beispiel für einen nicht zulässigen Überlappungsstoß unbeschichteter Fugenbleche

Vor dem Betonieren ist die Fuge und die Fugenabdichtung von Verschmutzungen und ggf. Eis zu befreien.

3.4.2 Fugenabdichtungssysteme für Stoßfugen und Sollrissquerschnitte

3.4.2.1 Dichtrohre

Dichtrohre werden zur Ausbildung und Abdichtung von Sollrissquerschnitten in Wänden eingesetzt. Der Aufbau eines Dichtrohres ist in Abb. 13 dargestellt. Durch die Dichtrohre wird der Wandquerschnitt gezielt geschwächt, ein Riss provoziert und dieser gleichzeitig durch das Dichtrohr gegen Wasserdurchtritt abgedichtet. Die Abdichtung erfolgt durch die profilierten Sperranker, d. h., durch Vergrößerung des Wasserumlaufweges. Voraussetzung für die gewünschte Dichtwirkung ist die vollständige Einbindung der Sperranker in den Beton.

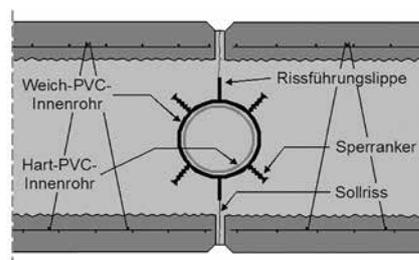


Abb. 13: Dichtrohr zur Ausbildung und Abdichtung von Sollrissquerschnitten

Das Dichtrohr muss lagerichtig und -sicher im Sollrissquerschnitt eingebaut werden. Ein einfaches Einstellen in die Elementwand ist nicht zulässig. Es ist so zu befestigen, dass es seine Lage beim Betonieren nicht verändern kann.

Dichtrohre werden bauseitig vor dem Einbau auf Raumhöhe gekürzt, an der Unterseite mit einem Schlitz versehen und auf das in der Arbeitsfuge verlaufende Fugenblech oder -band, KAB oder Duo-Fix 150 Plus aufgesteckt, siehe auch Abb. 14. Dabei sind Dichtrohre so einzubauen, dass die Rissführungslippen im 90° Winkel zur Bauteiloberfläche angeordnet sind.

Der Fußpunkt ist bei dem System »Dichtrohr« der kritische Punkt. Der Anschluss des Dichtrohres an die Fugenabdichtung in der Arbeitsfuge erfolgt nicht durch einen geklemmten oder geschweißten Anschluss als geschlossenes System, sondern dadurch, dass das Dichtrohr an der Unterseite, wie in Abb. 14 dargestellt, durch einen Betonpfropfen verschlossen ist.

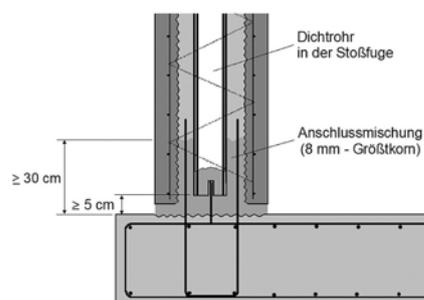


Abb. 14: Ausbildung des Fußpunktes beim Dichtrohr

Damit das untere Ende des Dichtröhres vollständig einbetoniert werden kann, ist darauf zu achten, dass zwischen der Unterkante des auf das Fugenblech oder -band aufgesteckten Dichtröhres und der Bodenplatte ein Mindestabstand von 50 mm eingehalten wird, siehe Abb. 14. Typische Beispiele für einen fachgerecht und nicht fachgerecht ausgeführten Fußpunkt beim Dichtröhr zeigt Abb. 15.



Abb. 15: Fachgerecht (links) und nicht fachgerecht (rechts) ausgeführter Fußpunkt beim Dichtröhr

3.4.2.2 Sollrissfugenschienen

Sollrissfugenschienen bestehen aus zwei Blechen, von denen eines mit einer Beschichtung versehen ist, während das andere Blech diese Beschichtung hingegen nicht aufweist und aus einem unbeschichteten Fugenblech besteht. Beispiele für Sollrissfugenschienen zeigt Abb. 16.



Abb. 16: Beispiele für Sollrissfugenschienen in einem Elementwandstoß (links: Sollrissfugenschiene, die an einer der Fertigteilplatten befestigt werden muss; rechts: Sollrissfugenschiene, die »selbsttragend« ist und am Wandkopf mit speziellen Bügeln fixiert wird)

Die Aufgabenteilung der beiden Bleche ist einfach. Das unbeschichtete Blech führt zu einer Schwächung der Konstruktion und ist parallel zum gewünschten Sollriss angeordnet. Durch diese Schwächung soll es den Trennriss hervorrufen. Das beschichtete Blech ist rechtwinklig zum geplanten Sollriss angeordnet und übernimmt die Aufgabe der Abdichtung des Trennrisses. Für Eckstöße werden spezielle Sollrissfugenschienen angeboten, siehe auch [4].

Sollrissfugenschienen müssen lage-richtig in der Sollrissfuge eingebaut und so befestigt sein, dass sie sich beim Betonieren nicht verschieben können. Am Fußpunkt sind sie wasserdicht an das in der Arbeitsfuge zwischen Bodenplatte und Elementwand eingebaute beschichtete Fugenblech anzuschließen. Der Stoß wird mit speziellen Stoßklammern gesichert, siehe Abb. 17.



Abb. 17: Fachgerechter Anschluss von Sollrissfugenschienen an das beschichtete Fugenblech in der Bodenplatte

3.4.3 Außenliegende Fugenabdichtungssysteme für Arbeits- und Stoßfugen

Bei streifenförmigen, vollflächig aufgeklebten Fugenabdichtungssystemen ist prinzipiell zu unterscheiden zwischen

- Systemen mit einer starren Verklebung, z. B. durch einen Epoxidharzkleber
- Systemen mit einer flexiblen Verklebung, z. B. auf Basis von silanmodifiziertem Polymerkleber
- Flüssigkunststoffabdichtung (Systemen, bei denen ein streifenförmiges, reaktionsharzgetränktes Polyestervlies appliziert wird)

Diese Systeme sind unabhängig von der Bauteildicke und dem Abstand der Fertigteilplatten der Elementwand (siehe auch Kapitel 3.3) und verhindern bei fachgerechter Anwendung das Eindringen von Wasser über die Fugen in die Konstruktion. Ein entsprechendes Beispiel für einen Elementwandkeller, bei dem die Fugen mit einem streifenförmigen, vollflächig

aufgeklebten Fugenabdichtungssystem abgeklebt wurden, zeigt Abb. 18.



Abb. 18: Abdichtung von Arbeits- und Stoßfugen mit einem streifenförmigen, vollflächig aufgeklebten Fugenabdichtungssystem

Da diese Systeme auf der Bauteilaußenseite aufgebracht werden und vor Anschütten des Arbeitsraums in Augenschein genommen werden können, ergeben sich Vorteile für die Qualitätssicherung in der Bauphase.

3.4.4 Abdichtung von Durchdringungen

Durchdringungen, wie z. B. Rohr- und Leitungsdurchführungen, sind bereits in der Planung zu berücksichtigen. Um einen Wasserdurchtritt zu verhindern, benötigen alle Durchdringungen zusätzliche Wassersperren. Hierfür eignen sich z. B. werksmäßig in die Elementwand eingebaute Rohrdurchführungen mit Doppelmuffen und Dichtelementen oder Futterrohre. Bei Letzteren erfolgt die Abdichtung der Rohrdurchführung mittels einer oder mehrerer Ringraumdichtungen.

Für den nachträglichen Einbau von Rohrdurchführungen in bereits aufgestellte und ausbetonierte Elementwände sind bauseits Kernbohrungen mit dem entsprechenden Durchmesser erforderlich. Wie bei Futterrohren erfolgt die Abdichtung der Rohrdurchführung mittels Ringraumdichtungen.

Die unterschiedlichen Abdichtungssysteme für Durchdringungen sind ausführlich in [16] beschrieben.

3.5 Typische Planungsfehler

Typische Planungsfehler beim Bauen mit Elementwänden sind u. a.

- das Fehlen oder die nicht rechtzeitige Ermittlung wichtiger Lastannahmen, wie z. B. des Bemessungswasserstands
- ein fehlendes Konzept für ein geschlossenes Fugenabdichtungssystem
- eine fehlende Detailplanung der Fugen und deren Abdichtung
- die Anordnung von Elektrodoesen und Leerrohren in Außenwänden
- die fehlende Abstimmung mit den Ver-

sorgern bezüglich Rohrdurchführungen (Höhenlage, Durchmesser, ...)

- die fehlende oder mangelhafte Zugänglichkeit der raumseitigen Oberflächen von Außenwänden im Sanierungsfall

Weitere Fehler und Hinweise zu deren Vermeidung sind u. a. in [15, 16] zu finden.

4 Handhabung und Montage von Elementwänden auf der Baustelle

Die Elementwandbauweise erfordert vom Bauausführenden spezielle Fachkenntnisse über die einzelnen Arbeitsschritte und eine große Sorgfalt beim Arbeiten. Dies gilt insbesondere für die Ausbildung und das Betonieren des Fußpunktes. So sind insbesondere Gefügestörungen im Fußpunktbereich der Elementwand häufig die Ursache für spätere Undichtigkeiten und Schäden.

4.1 Vorbereitende Arbeiten

4.1.1 Einbau der Fugenabdichtung und der Anschlussbewehrung

Bei der Herstellung der Bodenplatte ist auf den lagerichtigen und -stabilen Einbau der Anschlussbewehrung und der innenliegenden Fugenabdichtungssysteme zwischen Bodenplatte und Wand zu achten.

Fugenabdichtung lagerichtig mit Abstand zur Bewehrung einbauen

Der Abstand zwischen Fugenabdichtung und Bewehrung, aber auch den Fertigteilplatten, muss ein fehlstellenfreies Einbetonieren der Fugenabdichtung ermöglichen. Zwischen der Anschlussbewehrung und dem Fugenband, aber auch zu den Fertigteilplatten sollte daher möglichst ein Abstand von 50 mm nicht unterschritten werden. Ein nachträgliches Eindrücken der Fugenabdichtung in den frischen Beton ist nicht zulässig.

Stöße und Anschlüsse von Fugenabdichtungssystemen sind planmäßig wasserdicht herzustellen. So sind z. B. unbeschichtete Fugenbleche im Stoßbereich dicht miteinander zu verschweißen, zu verkleben oder mit dichtender Zwischenlage zu klemmen. Ein Überlappungsstoß ist nach WU-Richtlinie [4] nicht zulässig.

Stöße und Anschlüsse planmäßig wasserdicht ausführen

In der Baupraxis kommt es häufig zu einem fehlerhaften Einbau der Fugenabdichtung. Typische Fehler sind u. a.:

- zu geringer Abstand der Fugenabdichtung zur Anschlussbewehrung bzw. zu den Fertigteilplatten der Elementwände
- zu geringe oder zu große Einbindetiefe der Fugenabdichtung in die Bodenplatte
- mangelhafte Stöße und Anschlüsse
- Verschmutzung der Arbeitsfuge und des Fugenabdichtungssystems
- fehlerhaftes Einmessen der Anschlussbewehrung oder Fugenabdichtung

4.1.2 Säuberung von Arbeitsfuge und Fugenabdichtung

Vor der Montage der Elementwände ist die Arbeitsfuge zwischen Bodenplatte und Wand von Verschmutzungen, losen Bestandteilen, Drahtresten und sonstigen Baurückständen zu säubern. Die Qualität der Arbeitsfuge ist auf die gewählte Fugenabdichtung abzustimmen, ggf. ist eine ebene kornraue Oberfläche herzustellen.

4.2 Anlieferung und Entladen der Elementwände

Im Vorfeld der Anlieferung sind insbesondere folgende Punkte mit dem Fertigteilwerk abzustimmen bzw. zu bedenken:

- Transport- und Fahrzeugart stehender/liegender Transport, Tiefbettsattelaufleger mit U- oder A-Bock, Plateau-Sattelaufleger, Innenlader
- Platzbedarf für Transportbox mit Elementwänden, wenn diese mit Inlader angeliefert werden, ggf. für Zwischenlagerung der Elementwände bei einer liegenden Anlieferung der Elementwände
- Just-in-time-Montage oder Montage mit Zwischenlagerung der Elementwände
- Montagereihenfolge der Elementwände
- Zufahrtsmöglichkeit für den Lastzug und gegebenenfalls Autokran, LKW-Abladestandort
- ggf. Veranlassung einer teilweisen oder vollständigen Straßensperrung beim Entladevorgang

Elementwände müssen so transportiert, gelagert und montiert werden, sodass sie nicht beschädigt werden. Um Montage-lastfälle, die zu Rissbildung führen, beim Transport und Entladen zu vermeiden, empfiehlt [5] die Anlieferung der Elementwände in vertikaler Anordnung, z. B.

im U-Bock, Boxen, Transportrahmen für Innenlader oder geneigt im A- bzw. Schrägbock. Elementwände können auch liegend angeliefert werden.

Bei nicht fachgerechtem Entladen besteht die Gefahr, dass es zu Kantenabplatzungen oder Rissbildung kommt. Um dies zu vermeiden, kann z. B. der Zwischenraum zwischen den beiden Fertigteilplatten am Fußpunkt vor dem Aufrichten mit Hilfe von Kanthölzern und Holzkeilen ausgesteift werden. Dies gilt insbesondere für Elementwände mit größeren Abmessungen sowie für solche mit am Fußpunkt verkürzten Gitterträgern.

Um eine Beschädigung der oberen Fertigteilchale am Wandkopf, z. B. durch den Kranhaken oder die Kette, zu verhindern, ist diese mit einem Holzbrett oder mit einem Stahlwinkel zu schützen. Detaillierte Hinweise zu den Schutzmaßnahmen sind u. a. in [14, 16] zu finden.

4.3 Aufstellen und Montage der Elementwände

Die Montage der Elementwände erfolgt nach dem Montageplan. In diesem ist die genaue Lage jeder Elementwand mit der entsprechenden Positionsnummer angegeben.

4.3.1 Aufstellen und Montage der Elementwände

Elementwände sollten, wenn möglich, bei Anlieferung just-in-time montiert werden, ohne dass eine Zwischenlagerung erforderlich wird. Ist eine Zwischenlagerung erforderlich, so müssen die Elementwände so gelagert werden, dass sie nicht beschädigt werden oder unzulässigen Montagelastfällen ausgesetzt sind, die zu Rissen oder Abplatzungen führen. Beispiele für eine fachgerechte Zwischenlagerung zeigt Abb. 19, für eine nicht fachgerechte Zwischenlagerung Abb. 20.



Abb. 19: Fachgerechte Zwischenlagerung von Elementwänden



Abb. 20: Nicht fachgerechte Zwischenlagerung von Elementwänden

Elementwände sind so zu montieren, dass sie nicht beschädigt werden. Hierzu werden die einzelnen Elementwände vorsichtig vom Transportfahrzeug gehoben, positionsrichtig abgesenkt, langsam von oben in die Anschlussbewehrung eingefädelt und auf die Aufstellplättchen abgesetzt.

Elementwände mit Beschädigungen, die die Dichtigkeit beeinträchtigen, sind entweder auszusortieren oder fachgerecht instandzusetzen. Hinweise hierzu sind u. a. in [16] zu finden.

Nach der Montage und dem Ausrichten werden die Elementwände jeweils mit mindestens zwei Schrägsprießen fixiert. Der Beton der Bodenplatte muss zu diesem Zeitpunkt eine ausreichende Festigkeit besitzen. Maßgebend ist hier die in der Zulassung der Befestigungsschrauben geforderte Festigkeit des Betons.

Bevor die nachfolgende Elementwand montiert wird, muss die Stossfugenabdichtung eingebaut werden und fachgerecht an die in der Bodenplatte verlaufende Arbeitsfugenabdichtung angeschlossen werden.

Bei der Montage nachfolgender Elementwände ist darauf zu achten, dass bereits eingebaute Elementwände nicht beschädigt werden.

4.3.2 Aufständering der Elementwand

Um Unebenheiten der Bodenplatte auszugleichen, damit der Kernbeton die Elementwand unterlaufen kann und im Bereich der Anschlussfuge der volle Betonquerschnitt für die Lastabtragung zur Verfügung steht, sind Elementwände mindestens 30 mm, besser 40 mm aufzuständern.

Elementwände mindestens 30 mm aufständern

In der Praxis wird die Mindestaufstellhöhe oftmals unterschritten. Entsprechende Beispiele zeigt Abb. 21.



Abb. 21: Elementwände mit ausreichender (oben) und nicht ausreichender Aufständeringhöhe (unten)

4.3.3 Verschließen der Fugen

Vor dem Betonieren der Elementwände müssen horizontale Aufsetzfugen und vertikale Stoßfugen verschlossen werden, um ein Austreten von Beton und Feinanteilen und damit die Bildung von Kiesternen und Fehlstellen zu verhindern. Dies kann, wie in Abb. 22 gezeigt, z. B. durch Abschalen mit einem Brett erfolgen. Um einem Aufweiten an Ecken vorzubeugen, sind diese mit Stahlwinkeln zu sichern und ggf. gegen die Böschung abzustützen.



Abb. 22: Abschalen der Fugen

Das Ausschäumen der Stoßfuge mit Bauschaum statt einer Abschaltung mit einem Schalbrett ist nicht fachgerecht.

Keinen Bauschaum verwenden, sondern Abschalen!

Häufig reicht der Bauschaum – wie in Abb. 21 zu sehen – unkontrolliert in den Zwischenraum der Elementwand und reduziert dort den ohnehin schon geringen Ortbetonquerschnitt und verhindert im Regelfall nicht ein Auslaufen von Feinteilen des Betons aus der mit Bauschaum verschlossenen Stoßfuge.



Abb. 23: Bauschaum, der unkontrolliert in den Zwischenraum der Elementwand eingedrungen ist und den Ortbetonquerschnitt reduziert

4.3.4 Vornässen der Fertigteilplatten

Unmittelbar vor dem Betonieren des Kernbetons sind die Innenoberflächen der Fertigteilplatten – wie in Abb. 24 gezeigt – ausreichend vorzunässen. Hierdurch wird u. a. der Entzug des zur Hydratation des Betons erforderlichen Wassers verhindert, sodass sich bei ausreichender Rauigkeit der geforderte Verbund zwischen dem Ortbeton und den Elementwandplatten einstellen kann.



Abb. 24: Vornässen der Elementwandschalen vor dem Betonieren

Zum Zeitpunkt des Betonierens müssen die Innenoberflächen der Fertigteilplatte und die Arbeitsfuge Bodenplatte/Wand mattfeucht sein. Leider wird aber häufig in der Praxis auf ein ausreichendes Vornässen verzichtet oder es wird völlig unzureichend durchgeführt.

Die Fertigteilplatten sind fachgerecht vorzunässen

Die Oberflächentemperatur der Fertigteilplatten muss beim Vornässen und während des Betonierens über 0°C liegen.

4.3.5 Betonieren und Verdichten der Elementwände

Elementwände erfordern beim Betonieren und Verdichten eine besondere Sorgfalt. Beim Einbau des Betons in den Plattenzwischenraum der Elementwände darf sich dieser nicht entmischen.

Um Hohlräume, Kiesnester oder sonstige Fehlstellen zu vermeiden, sollte die freie Schütthöhe des Betons möglichst klein sein und im Regelfall 50cm nicht übersteigen. Bei freien Fallhöhen größer als 1,0 m (besser 0,50 m) sind Einbaurohre oder -schläuche zu verwenden, die erst unmittelbar über der Verarbeitungsstelle enden (Abb. 25 oben).

Kein Betonieren der Elementwände bei Frost

Bei Elementwänden mit Mindestwanddicke nach [4] sollte stets eine Anschlussmischung mit 8mm Größtkorn als Fallpolster verwendet werden. Bei größeren Wanddicken ist bei Fallhöhen über 1 m ebenfalls eine Anschlussmischung zu verwenden. Die Höhe der Anschlussmischung muss mindestens 30 cm betragen.



Abb. 25: Fachgerechtes Betonieren mit einem passenden Betonierschlauch und kleiner Fallhöhe (oben) bzw. nicht fachgerechtes Betonieren mit zu großer Fallhöhe (unten)

Der Beton ist im gesamten Betonierabschnitt gleichmäßig in ca. 30 – 50 cm hohen Lagen hochzuführen. Bei innenliegenden Abdichtungen ist darauf zu achten, dass die Abdichtung in den Stoßfugen nicht durch einseitiges Betonieren ihre Lage verändert.

Häufig sind Undichtigkeiten und Schäden bei Elementwänden auf Fehler beim Betonieren und Verdichten zurückzuführen, wie eine zu große Fallhöhe, den Verzicht auf eine Anschlussmischung oder ein falsches oder zu hastiges Verdichten. Die Folge sind Kiesnester und Gefügestörungen im Bereich des Sohle-Wand-Anschlusses. Ein typisches Beispiel zeigt Abb. 26.



Abb. 26: Kiesnester und Gefügestörungen im Bereich des Sohle-Wand-Anschlusses einer Elementwand

Beim Betonieren der Elementwand ist die in der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung [1, 2] angegebene Betoniergeschwindigkeit zu beachten. Wird der Beton mit einer größeren Betoniergeschwindigkeit in die Elementwand eingebracht, kann es – wie in Abb. 27 zu sehen – zu einem Ausreißen der Gitterträger und einem Aufbrechen der Elementwand kommen.

Betonieren mit möglichst kleiner Fallhöhe, dabei die zulässige Betoniergeschwindigkeit beachten!



Abb. 27: Aufbrechen der Elementwand infolge zu großer Betoniergeschwindigkeit

Beim Betonieren der einzelnen Betonierabschnitte darf es nicht zu längeren Unterbrechungen kommen, da hierdurch horizontale Arbeitsfugen zwischen den Geschossen entstehen würden, siehe auch Kapitel 3.2.

Keine horizontalen Arbeitsfugen innerhalb der Elementwand!

Um Kiesnester zu vermeiden und eine ausreichende Haftung zwischen Ortbeton und Fertigteilplatten herzustellen, muss der Kernbeton sorgfältig mit einem Innenrüttler verdichtet werden. Dabei sollte eine direkte Berührung der einbetonierten Fugenabdichtung mit dem Innenrüttler vermieden werden. Bei leicht zu verdichtendem Beton erfolgt die Verdichtung in der Regel durch vorsichtiges Stochern, z. B. mit einer Stange.

Beton sorgfältig verdichten!

Typische Fehler beim Verdichten des Kernbetons einer Elementwand mit einem Innenrüttler sind u. a.

- Verdichten mit zu großen Rüttelabständen
 - ungenügendes »Vernähen« der einzelnen Lagen
 - zu schnelles/hastiges Ziehen des Innenrüttlers aus dem Beton
 - Berühren der Fugenabdichtung oder der Gitterträger mit dem Innenrüttler
 - Unzureichendes oder fehlendes Verdichten der letzten Betonierlage
- Letzteres führte zu dem in Abb. 28 gezeigten Absetzen des Betons am Wandkopf und den Setzrissen zwischen Ortbeton und Fertigteilplatten.



Abb. 28: Absetzen des Betons am Wandkopf

4.3.6 Nachbehandlung

Um Schwind- und Ablösungsprozessen an der Wandkrone entgegenzuwirken, ist es sinnvoll, die Elementwandkrone nach dem Betonieren des Kernbetons – wie in Abb. 29 gezeigt – mit einer Folie abzudecken. Die Folie ist an den Kanten und Stößen gegen Durchzug zu sichern. Hierdurch soll sichergestellt werden, dass die Verdunstungsrate von Wasser an der Betonoberfläche gering bleibt.



Abb. 29: Nachbehandlung der Wandkrone durch Abdecken mit einer Folie

4.3.7 Abdichten von montagebedingten Rissen

Montagebedingte Risse sind nach [4] mit abdichtenden Füllstoffen nach der DAfStb-Richtlinie »Richtlinie für Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen« [21] zu schließen. Hinweise sind u. a. auch in [16] zu finden.

4.3.8 Dokumentation

Der Zeitpunkt von Anfang/Ende des Vornässens, der Entladung des Fahrmischers und des Betonierens sind zu dokumentieren. Prinzipiell geben Aktenvermerke und Fotos während der Bauausführung, insbesondere von Details wie Anschlüssen, Fußpunkten etc. bei einer ggf. später erforderlichen Sanierung wertvolle Hinweise für die Erstellung eines Sanierungskonzeptes.

Dokumentation nicht vergessen!

4.4 Typische Ausführungsfehler

Neben den bereits in Kapitel 4.1.1 genannten Fehlern sind es insbesondere folgende Fehler, die oftmals bei der Bauausführung auftreten:

- Beschädigung der Elementwände beim Entladen oder durch unsachgemäße Zwischenlagerung auf der Baustelle
- Beschädigung oder Rissbildung bei der Montage der Elementwände
- Falscher oder fehlender Verschluss der Fugen
- Einbaufehler bei Dichtrohren, v. a. beim Fußpunkt
- Fehlendes oder nicht ausreichendes Vornässen der Elementwände bzw. schon abgetrocknete Oberflächen zum Zeitpunkt des Betonierens
- Betonieren mit zu großer Fallhöhe, mit zu hoher Betoniergeschwindigkeit oder Betonieren ohne Anschlussmischung
- Geplante oder ungeplante Unterbrechung beim Betonieren/horizontale Arbeitsfuge in der Elementwand
- Fehlerhaftes Verdichten des Betons/nicht ausreichendes Vernähen der einzelnen Betonierlagen/Verdichten mit zu großen Rüttelabständen
- Fehlende oder unzureichende Nachbehandlung der Wandkrone

Ausführlich wird auf diese und weitere Ausführungsfehler beim Bauen mit Elementwänden in [4] eingegangen.

5 Fazit und Empfehlungen

Das Bauen mit Elementwänden ist eine wirtschaftliche Bauweise, erfordert aber die besondere Aufmerksamkeit von Planer, Ausführenden und Bauüberwachern. Die Dichtigkeit der Elementwand hängt maßgeblich von der Qualität der Ausführung und Dichtigkeit des Betons im Plattenzwischenraum ab. Aus diesem Grund sollten bei Beanspruchungsklasse

1 und Nutzungsklasse A bei innenliegender Fugenabdichtung im Regelfall Elementwände mit Dicken ≥ 30 cm, bei Nutzungsklasse A*** (nach [5]) mit Dicken ≥ 35 cm gewählt werden. Erfolgt die Abdichtung mit einem außenliegenden streifenförmigen vollflächig aufgeklebten Fugenabdichtungssystem, so sind auch dünnere Elementwände (Mindestwanddicken) im Regelfall möglich. Einige Hinweise zur fachgerechten Ausführung von Elementwänden sind in einer Checkliste im Anhang zusammengefasst.

6 Literatur

- [1] Allgemein bauaufsichtliche Zulassung (abZ) Z-15.2-100, Badische Drahtwerke GmbH, Kaiser-Omnia-Plattenwand mit Kaiser-Gitterträgern KT 800, KT 900 oder KTE, DIBt, 04 / 2014
- [2] Allgemein bauaufsichtliche Zulassung (abZ) Z-15.2-40, FILIGRAN Trägersysteme GmbH & Co. KG, Filigran-Gitterträger für Filigran-Elementwände, DIBt, 03 / 2014
- [3] Biscopig, M., Pickhardt, R.: Zement-Merkblatt Betontechnik B5 »Überwachen von Beton auf Baustellen« (Hrsg.: Verein Deutscher Zementwerke VDZ e.V., Düsseldorf), 06 / 2014
- [4] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (Hrsg.): Richtlinie Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton (WU-Richtlinie), 2017
- [5] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (Hrsg.): Erläuterungen zur DAfStb-Richtlinie Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton. Berlin: Beuth Verlag 2006; Heft 555
- [6] Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein e.V. (Hrsg.): Hochwertige Nutzung von Räumen in Untergeschossen – ... 2009
- [7] DIN 1045-2, Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton - Teil 2: Beton - Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität - Anwendungsregeln zu DIN EN 206. 08 / 2014
- [8] DIN 1045-3 Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 3: Bauausführung - Anwendungsregeln zu DIN EN 13670. 03 / 2012
- [9] DIN 18197, Abdichten von Fugen in Beton mit Fugenbändern. 1/2018
- [10] DIN 18541, Fugenbänder aus thermoplastischen Kunststoffen zur Abdichtung von Fugen in Beton. 11/2014
- [11] DIN EN 1992-1-1 / NA, Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau, 04 / 2013



Prof. Dr.-Ing. Rainer Hohmann

Fachhochschule Dortmund, Fachbereich Architektur - Fachgebiet Bauphysik
 Emil-Figge-Straße 40, 44227 Dortmund
 rainer.hohmann@fh-dortmund.de

Prof. Dr.-Ing. Rainer Hohmann ist Professor für Bauphysik an der Fachhochschule Dortmund. Er ist Mitglied im Sachverständigenausschuss »Bauwerks- und Dachabdichtung« des Deutschen Instituts für Bautechnik, Obmann im Ausschuss der DIN 18197 »Abdichten von Fugen in Beton mit Fugenbändern« und der DIN 18541 »Fugenbänder aus thermoplastischen Kunststoffen zur Abdichtung von Fugen in Ortbeton« sowie Mitglied im DAfStb-Unterausschuss »Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton« und in den DBV-Arbeitskreisen »Hochwertige Nutzung von Räumen in Untergeschossen als Beton« und »Injektionsschlauchsysteme und quellfähige Einlagen für Fugen«; er ist Autor und Referent zahlreicher Fachpublikationen und -vorträge u.a. zum Thema »Fugenabdichtung und -sanierung«.

[12] DIN EN 1992-1-1, Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau, 01 / 2011
 [13] DIN EN 206-1, Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität. 07 / 2014
 [14] Fachvereinigung Betonbauteile mit Gitterträgern (Hrsg.): Montageanleitung Elementwände. 09 / 2009
 [15] Hohmann, R.: Abdichtung bei wasserundurchlässigen Bauwerken aus Beton. Stuttgart, Fraunhofer IRB Verlag, 2009
 [16] Hohmann, R.: Elementwände im drückenden Grundwasser. Stuttgart, Fraunhofer IRB Verlag, 2016

Bildquellen

Abb. 7 unten, 9 unten: Abdichtungstechnik Napravnik, Göppingen; Abb. 18: Sika Deutschland GmbH, Stuttgart

Anlage

Viele der gezeigten Fehler können durch eine Qualitätskontrolle in den einzelnen Bauphasen vermieden werden. Die folgende Aufstellung soll dabei helfen und Anregungen geben. Sie erhebt jedoch keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Weiterführende Literaturhinweise sind in [16] zu finden.

Checkliste »Weiße Wannen mit Elementwänden«

		ja	nein
Einbau der Anschlussbewehrung und der Fugenabdichtung der Arbeitsfuge Sohle - Wand	Wurde die Anschlussbewehrung lagerichtig eingebaut?		
	Entspricht die eingebaute Fugenabdichtung dem planmäßig vorgesehenen Produkt?		
	Liegt für die Fugenabdichtung das allgemeine bauaufsichtliche Prüfzeugnis vor? (nicht erforderlich für Fugenbänder nach DIN 18541 und unbeschichtete Fugenbleche nach WU-Richtlinie)		
	Wurde die Fugenabdichtung zwischen Bodenplatte und Wand lagerichtig und -stabil eingebaut?		
	Wurde die Fugenabdichtung im vom Hersteller vorgegebenen Abstand durch Befestigungsbügel in ihrer Lage gesichert? Befestigungsabstand _____ cm		
	Ist der Abstand zwischen der Fugenabdichtung und der Bewehrung bzw. den Fertigteilplatten ausreichend groß (ca. 5 cm)?		
	Wurde die Fugenabdichtung im Eckbereich mittig und mit Abstand zur Bewehrung / Fertigteilplatten eingebaut?		
	Wurden die Stöße und Anschlüsse der Fugenabdichtung planmäßig wasserdicht ausgebildet?		
	Entspricht die Einbindetiefe der Fugenabdichtung den Vorgaben des allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnisses? Mindesteinbindetiefe (gemessen) _____ mm		
	Ist die Fugenabdichtung frei von Beschädigungen?		
	Entspricht die Einbindetiefe der Fugenabdichtung den Vorgaben Solleinbindetiefe _____ cm		
Vorbereitung der Arbeitsfuge	Wurde die Zementschlämme in der Arbeitsfuge am Tag nach dem Betonieren der Bodenplatte mit einem Kärcher / scharfen Wasserstrahl entfernt?		
	Ist die Arbeitsfuge frei von Verschmutzungen?		
	Ist die Fugenabdichtung frei von Verschmutzungen?		
	Ist der Grundriss des Wandverlaufes, in der Regel die raumseitige Außenkante der Elementwand, mit der Schlagschnur oder mit Ölkreide auf der Bodenplatte aufgerissen?		
	Wurden die einzelnen Elemente eingemessen?		
	Wurden die Aufstell- oder Unterlegplättchen positionsrichtig auf der Bodenplatte angeordnet und in der erforderlichen Höhe ausnivelliert? (Mindesthöhe der Aufstellplättchen: 30 mm!)		
	Wurde die Aufstellfuge mit Dränbrettern auf der Bodenplatte abgeschalt?		
Wurden die planmäßigen Breiten der Stoßfugen auf der Bodenplatte aufgetragen? Planmäßige Stoßfugenbreite _____ mm			

		ja	nein
Anlieferung der Elementwände	Wurden die Elementwände ohne Beschädigung oder Risse angeliefert und abgeladen?		
	Besitzen die Innenoberflächen der Elementwandplatten eine ausreichende Rauigkeit? Prüfung nach Sichtkontrolle, Prüfung im Zweifelsfall mit dem Sandfleckenverfahren		
	Wurden die Elementwände so abgeladen, dass keine Rissen und Beschädigungen durch den Entladevorgang aufgetreten sind?		
	Sind die einzelnen Elementwände frei von Rissen und Beschädigungen?		
Montage der Elementwände und Einbau der Sollrissabdichtung	Wurden die Elementwände just-in-time entladen und montiert?		
	Wurden die Elementwände fachgerecht zwischengelagert?		
	Sind die Elementwände mindestens 30 mm aufgeständert?		
	Hat der Beton der Bodenplatte zum Zeitpunkt der Befestigung die in der Zulassung der Befestigungsschrauben geforderte Festigkeit?		
	Wurde jede Elementwand mit mindestens zwei Schrägstützen befestigt?		
	Wurden die einzelnen Elemente aufgestellt, ohne bereits montierte Elementwände zu beschädigen?		
	Wurden Elementwände beim Ausrichten mit dem Stemmeisen beschädigt?		
	Wurde die Fugenabdichtung in den Stoßfugen (Dichtrohre, Sollrissfugenschienen) lagerichtig und -stabil eingebaut und am Fußpunkt an die Arbeitsfugenabdichtung angeschlossen? Verwendetes System (ankreuzen): ___ Dichtrohre ___ Sollrissfugenschienen (Lagesicherung durch Andübeln an der Fertigteilplatte) ___ Sollrissfugenschienen (Lagesicherung durch Befestigungsbügel)		
	Wurde das Dichtrohr/die Sollrissfugenschiene an der planmäßig vorgesehene Position eingebaut?		
	Wurde das Dichtrohr fachgerecht auf die in das Arbeitsfuge verlaufende Fugenblech oder -band aufgesteckt?		
	Wurde das Dichtrohr so eingebaut, dass die Rissführungslippen im 90°-Winkel zur Bauteiloberfläche angeordnet sind?		
	Ist das Dichtrohr / die Sollrissfugenschiene so in der Fuge fixiert, dass es / sie seine Lage während des Betonierens nicht verändern kann?		
	Sind der Fußpunkt und der Kopfpunkt des Dichtrohres / der Sollrissfugenschiene ausreichend lagegesichert?		
	Wurde beim Dichtrohr der Mindestabstand zwischen der Arbeitsfuge und der Dichtrohrunterkante von 5 cm eingehalten?		
	Wurden die Aufsetzfuge und die Stoßfugen fachgerecht verschlossen? (Abschalen, kein Bauschaum!)		
	Wurden die Elementwände an den Ecken ausreichend durch Winkel gegen Aufbrechen gesichert? Anzahl der Stahlwinkel pro Ecke: _____ Befestigung mit werksmäßig eingebauten Dübeln: ja / nein		
Betonieren und Verdichten	Liegt die Oberflächentemperatur der Fertigteilplatten beim Vornässen und während des Betonierens über 0 °C?		
	Wurden die Innenflächen der Elementwände vor dem Betonieren ausreichend vorgehäst?		
	Wurden beim Betonieren Einbaurohre oder -schläuche verwendet, die erst unmittelbar über der Verarbeitungsstelle enden?		
	Wurde mit einer maximalen freien Schütthöhe des Betons von ca. 50 cm betoniert?		
	Wurde beim Betonieren der Elementwände eine Anschlussmischung mit einem Größtkorn von 8 mm (Höhe mindestens 30 cm) verwendet? zulässige Betoniergeschwindigkeit _____ cm/h		
	Wurde der Beton in ca. 50 cm hohen Lagen eingebracht und im gesamten Betonierabschnitt bei sämtlichen Wänden stets gleichzeitig hochgeführt?		
	Wurde beim Betonieren die in der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung/dem Montageplan angegebene zulässige Betoniergeschwindigkeit eingehalten?		
	Wurden die einzelnen Betonierlagen mit einem Innenrüttler verdichtet und vernäht? (Faustformel: Eintauchabstand = 10 x Durchmesser der Rüttelflasche)		
	Wurde die oberste Betonierlage mit dem Innenrüttler verdichtet?		
Nachbehandlung	Wurde die Wandkrone mit Folie abgedeckt?		
Nacharbeiten	Wurden die Bohrungen in der Bodenplatte wasserdicht vergossen?		
Dokumentation	Wurde der Zeitpunkt von Anfang / Ende des Vornässens, der Entladung des Fahrmischers und des Betonierens dokumentiert?		

Norbert König

WU-Konstruktionen – Haftungsrisiken erkennen und vermeiden

1. Einer allein ist selten schuld

An der Errichtung oder Sanierung eines Bauwerks wirken unterschiedliche Beteiligte mit. Eine mangelfreie Erstellung oder Sanierung setzt eine koordinierte fehlerfreie Zusammenarbeit aller Beteiligten voraus. Fehler eines Baubeteiligten wirken sich häufig auf andere Beteiligte aus.

Jeden der Baubeteiligten trifft eine eigene Verantwortung für Fehler seiner Leistung, den ausführenden Unternehmer aufgrund der Erfolgshaftung des Werkvertragsrechts unabhängig von einem Verschulden. Die Folge ist, dass mehrere Baubeteiligte dem Besteller dafür einzustehen haben, dass Mängel des Bauwerks beseitigt werden oder jedenfalls dem Besteller die Mängelbeseitigungskosten zu ersetzen sind und Schadensersatz für die Folgen von Mängeln zu leisten ist.

Gerade bei gefahrträchtigen Baumaßnahmen, wie WU-Konstruktionen und jeder anderen Art der Abdichtung gegen Wasser, lauern unzählige Haftungsrisiken. Die Anforderungen, die der Markt an WU-Konstruktionen stellt, können nur durch intensive Zusammenarbeit aller Baubeteiligten erfüllt werden. Die neue WU-Richtlinie des DAfStb¹ gibt hierzu praktische Handlungsempfehlungen. Der nachstehende Beitrag soll Hilfestellung geben mögliche Haftungsrisiken zu erkennen und diese im Rahmen der jeweiligen Tätigkeit zu vermeiden.

2. Allgemeine Grundzüge der werkvertraglichen Haftung für Mängel

Auch im Rahmen des ab 1.1.2018 geltenden neuen Bauvertragsrechts richtet sich die Haftung für Mängel nach wie vor nach dem gesetzlichen Werkvertragsrecht der §§ 633 ff BGB oder bei wirksamer Vereinbarung der Geltung der VOB/B nach den inhaltlich identischen Regelungen der VOB/B (hier insbesondere den §§ 1 Abs. 1, 4 Abs. 2 und 3, 13 VOB/B). Dies gilt nach § 650q Abs. 1 BGB auch für den erstmals im BGB geregelten Architekten- und Ingenieurvertrag.

Ausgangspunkt und Voraussetzung für alle Mängelansprüche des Auftraggebers ist das Vorliegen eines Mangels. Für die

Mangelfreiheit der jeweiligen Leistung ist zunächst in erster Linie der Inhalt der Parteivereinbarung und nicht die objektive Verkehrsanschauung maßgebend (**subjektiver Mangelbegriff**).

Danach ist das Werk frei von Sachmängeln, wenn es die nach dem Vertrag geschuldete Beschaffenheit aufweist also Ist-Beschaffenheit und Soll-Beschaffenheit übereinstimmen.

Zur Ermittlung dieser Soll-Beschaffenheit nach dem Vertrag sieht das Gesetz eine dreistufige Prüfung vor:

1. Zunächst ist auf die **konkrete Parteivereinbarung** abzustellen. Sofern dem Werk eine Eigenschaft fehlt, die es nach dem Inhalt des Vertrages haben sollte, liegt ein Sachmangel vor und zwar unabhängig davon, ob das Fehlen dieser Eigenschaft den Wert oder die Tauglichkeit des Werkes ausschließt oder mindert.
2. Wurde das Vorhandensein von Eigenschaften nicht ausdrücklich vereinbart, ist auf die **nach dem Vertrag vorausgesetzte Verwendungseignung** abzustellen. Im Wege der Auslegung sämtlicher Vertragsunterlagen ist also danach zu fragen, welcher konkrete Verwendungszweck nach dem übereinstimmenden Parteiwillen mit der Werkleistung erzielt werden soll.
3. Lässt sich aus dem Inhalt des Vertrages oder aus der Vereinbarung ein konkreter Verwendungszweck nicht entnehmen, ist das Werk frei von Sachmängeln, wenn es sich für den **gewöhnlichen Verwendungszweck** eignet. Das Werk muss dann die Beschaffenheit aufweisen, die bei Werken gleicher Art üblich ist und die der Besteller nach der Art des Werkes erwarten kann. Die gewöhnliche Verwendung ist gerade diejenige, die nach der Art des Werkes üblich ist und daher vom Besteller redlicherweise erwartet werden kann. Hier findet letztlich die Prüfung statt, ob die allgemein anerkannten Regeln der Technik eingehalten wurden oder nicht.

Zur vereinbarten Beschaffenheit gehören alle Eigenschaften des Werks, die nach der Vereinbarung der Vertragsparteien im Leistungsverzeichnis, der Leistungsbeschreibung oder den Plänen den geschuldeten Erfolg herbeiführen sollen. Der vertraglich geschuldete Erfolg bestimmt sich jedoch gerade nicht allein nach der zu seiner Erreichung vereinbarten Leistung oder Ausführungsart, sondern auch danach, welche Funktion das Werk nach

¹ DAfStb-Richtlinie Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton (WU-Richtlinie), Ausgabe 2017

dem Willen der Vertragspartner erfüllen soll. Der Auftragnehmer schuldet immer die **vereinbarte Funktionstauglichkeit** für den vertraglich vorausgesetzten oder gewöhnlichen Gebrauch. Ist dieser Erfolg mit der vertraglich vereinbarten Leistung oder Ausführungsart oder den allgemein anerkannten Regeln der Technik nicht zu erreichen, liegt ein Mangel vor und schuldet der Unternehmer (mangelrechtlich) die vereinbarte Funktionstauglichkeit (**funktionaler Mangelbegriff**).²

Unabhängig von der vereinbarten Ausführungsart muss also etwa ein Keller eines Gebäudes dicht und für eine übliche »hochwertige« Nutzung eines Kellers brauchbar sein. Hierzu erging etwa folgende Entscheidung:

Hochwertige Nutzung: Erfordert WU-Betonbodenplatte eine weitere Horizontalabdichtung?

1. Die Abdichtung des Gebäudes gegen Feuchtigkeit jeder Art (damit auch die horizontale Abdichtung eines nicht unterkellerten Gebäudes gegen Dampfdiffusion), insbesondere gemäß DIN 18195, gehört jedenfalls von den Grundzügen und Grundlagen her bereits zur Entwurfsplanung.
2. Zur planerischen und tatsächlichen Realisierung einer hochwertigen Nutzung eines Praxisgebäudes war sowohl im Planungszeitpunkt 1997/1998 und ist auch im Jahre 2011 eine horizontale Abdichtung der Bodenplatte gegen Dampfdiffusion nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik notwendig.

OLG Düsseldorf, Urteil vom 22.02.2011 – 23 U 218/09, IBR 2011, 649

Ob bei einer weißen Wanne oder jedenfalls einer aus wasserundurchlässigem Beton ausgeführten Bodenplatte tatsächlich noch eine weitere Horizontalabdichtung erforderlich ist, ist unter Fachleuten umstritten.³

In einem früheren Fall des LG Berlin⁴ ging nicht nur der Gerichtssachverständige, sondern auch der verurteilte Bauträger davon aus, dass wasserundurchlässige Stahlbetonkonstruktionen bei hochwertiger Nutzung eine zusätzliche Abdichtung benötigen. Damit war das Urteil aus juristischer Sicht richtig, da das Gericht unstreitigen Sachverhalt seiner Entscheidung zugrunde zu legen hat, selbst wenn die Behauptung technisch fehlerhaft ist. Alle Verfahrensbeteiligten gingen daher aus heutiger Sicht von falschen physikalischen Annahmen aus.

Bei wasserundurchlässigen Bauwerken aus Beton nach der WU-Richtlinie ist davon auszugehen, dass ein kapillarer Wassertransport durch die Bauteildicke hindurch unabhängig von hydrostatischen Druck und vom Schichtenaufbau nicht erfolgt und deswegen die im Urteil beschriebene aufsteigende Feuchtigkeit ausgeschlossen werden kann. Zur Langzeitbewährung von WU-Beton-Konstruktionen im Wohnungs- und hochwertig genutzten Gewerbebau hat das Aachener Institut für Bauschadensforschung (AIBau) unter Leitung von Prof. Oswald 14 Objekte untersucht, die deutlich länger als fünf Jahre genutzt werden, nachweislich außenseitig mit drückendem Wasser belastet sind und über keine zusätzliche Abdichtung verfügen. Trotz der nur zeitweisen Nutzung als Hobbyräume in den als Wochenendhaus bzw. als Gästezimmer dienenden Untergeschossräumen

2 BGH, Urteil vom 16.07.1998 – VII ZR 350/96; BGH, Urteil vom 11.11.1999 – VII ZR 403/98

3 Dagegen z. B. Zöller, IBR 2012, 243, IBR 2010, 193; IBR 2006, 7; anders der Sachverständige im oben zitierten Fall des LG Berlin, IBR 2006, 21

4 LG Berlin, Urteil vom 29.07.2005 – 34 O 200/05

mit entsprechend geringer Lüftung sind nach ca. 10 Jahren jeweiliger Nutzungsdauer keine Schäden aufgetreten, die auf durch die Betonkonstruktion hindurchdringendes Wasser (weder in flüssiger noch in gasförmiger Form) zurückgeführt werden können. Selbst innenseitige dampfdichte Abdeckungen haben zu keiner nennenswerten Erhöhung des Feuchtigkeitsgehalts in den raumnahen Betonschichten geführt.⁵

Aus technischer Sicht ist die Aussage, dass eine horizontale Abdichtung der Bodenplatte gegen Dampfdiffusion nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik notwendig ist, fehlerhaft. Bei einer hochwertigen Nutzung muss – unabhängig vom Feuchtigkeitsschutz – ohnehin Feuchtigkeit durch einen Luftaustausch abgeführt werden.⁶ Die Richtlinie Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton (WU-Richtlinie) des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton gibt relativ genaue Hinweise zur Ausführung von weißen Wannen. Weiterhin werden hochwertige (z. B. Wohnräume) und untergeordnete Nutzungen unterschieden. Damit existiert ein Regelwerk, das die Anforderungen an weiße Wannen beschreibt. Für Bauwerke aus wasserundurchlässigem Beton mit hochwertiger Nutzung werden explizit keine zusätzliche Dampfsperren oder gar hautförmige Abdichtungen gefordert z. B. mit Bitumenbahnen, die in dem genannten Urteil als Nacherfüllungsmaßnahme dem Bauträger auferlegt wurde. Mit diesem Regelwerk, das die allgemein anerkannten Regeln der Technik wiedergibt, sind weiße Wannen ohne zusätzliche Abdichtungsmaßnahmen auch im Wohnungsbau nicht grundsätzlich mangelhaft.⁷

Die genannten Fälle dokumentieren die Schwierigkeit mit der Baujuristen täglich leben. Entscheidungen der Gerichte werden häufig von dem das Gericht beratenden öffentlich bestellten und vereidigten Sachverständigen geprägt. Bestehen also in der Fachwelt unterschiedliche Aussagen muss dies auch den mit einem Rechtsfall befassten Baujuristen von technischer Seite mitgeteilt werden. Bestehen noch heute ernsthaft fachliche Zweifel muss der Architekt den Bauherrn hierüber aufklären und belehren und im Zweifel die sicherere Variante planen.⁸

2.1 »Beschaffensvereinbarung nach unten oder oben«

Die Parteien sind nicht gehindert, eine sogenannte »Beschaffensvereinbarung nach unten« zu treffen. Sie können vereinbaren, dass das Qualitätsniveau unterhalb des sich aus den sonstigen Umständen ergebenden Niveaus liegen soll. Wegen des damit einhergehenden Verzichts auf eine übliche Beschaffenheit sind strenge Anforderungen an die Annahme einer solchen Vereinbarung zu stellen.⁹

Soll eine Beschaffenheit mit einem niedrigeren Niveau als die allgemein anerkannten Regeln der Technik vereinbart werden, muss der Unternehmer den Besteller deutlich auf die Abweichung hinweisen und ihn über die Folgen einer solchen Bauwei-

5 Dipl.-Ing. Architekt Matthias Zöller, ö.b.u.v. Sachverständiger für Schäden an Gebäuden, Neustadt/Weinstraße, IBR Interview (erschieden in IBR 2006, 7) Sind weiße Wannen ohne zusätzliche Abdichtung stets mangelhaft? – Nein!, IBR 2012, 243 zum vorliegenden Urteil OLG Düsseldorf

6 vgl. hierzu im Detail Denis Kiltz, Planung und Ausführung von hochwertig genutzten Untergeschossen, Der Bausachverständige Sonderdruck Sika-Seminar Bau und Praxis 2017

7 Dipl.-Ing. Architekt Matthias Zöller, aaO Fn 4

8 Dr. Heiko Fuchs, Anmerkung zu OLG Düsseldorf, Urteil vom 22.02.2011 – 23 U 218/09 in IBR 2011, 649

9 OLG Celle, Urteil vom 16.05.2013 – 13 U 11/09, (rechtskräftig durch BGH, Beschluss vom 07.05.2015 – VII ZR 155/15), BauR 2016, 840, 843

se für die Wohnqualität entsprechend aufklären.¹⁰ Die Beweislast für die Vereinbarung einer Beschaffenheit nach unten, die also qualitativ unter die nach den Umständen übliche Beschaffenheit absinkt, trägt derjenige, der sich darauf beruft.¹¹

Die Parteien können selbstverständlich auch höhere Anforderungen, als nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik vereinbaren, in dem sie etwa bei wasserundurchlässigen Bauwerken zusätzliche Sicherheiten als ergänzende Maßnahmen zu einer WU-Konstruktion gemäß WU-Richtlinie vereinbaren.¹²

2.2 Geltung der allgemein anerkannten Regeln der Technik als Mindestbeschaffenheitsvereinbarung auch im BGB-Vertrag

2.2.1 Was ist eine allgemein anerkannte Regel der Technik?

Unter den allgemein anerkannte Regeln der Technik wird üblicherweise die Gesamtheit derjenigen technischen Regeln für die Konstruktion und Ausführung von Bauleistungen verstanden, die in der Wissenschaft als theoretisch richtig anerkannt sind und sich in der Baupraxis als zutreffend bewährt und allgemein durchgesetzt haben.¹³

Die allgemein anerkannten Regeln der Technik normieren in der Regel Mindestanforderungen, die an eine ordnungsgemäße Leistung des Auftragnehmers zu stellen sind.

Was eine anerkannte Regel der Technik ist, lässt sich nicht einfach feststellen. Dazu können zwar Indizien herangezogen werden, etwa Fachliteratur, Lehrbücher, Ausbildungsinhalte der Berufsschulen, Auskunft von Kammern und Innungen oder Sachverständigengutachten. Die Ausbildungsliteratur in einem Baugewerk ist besonders dann hilfreich, wenn es um tradierte handwerkliche Regeln geht. Deutlich einfacher ist es freilich, wenn die anerkannte Regel der Technik schriftlich in einer Norm fixiert ist, vor allem in Normen des Deutschen Instituts für Normung (DIN).

Die Richtlinie Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton (WU-Richtlinie) des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton gibt die allgemein anerkannten Regeln der Technik wieder.¹⁴

In der Praxis ist es selbst für Sachverständige oftmals schwierig, die allgemein anerkannten Regeln der Technik für ein bestimmtes Gewerk verbindlich zu bestimmen. Letztlich sind die Juristen hier auf sachkundige Sachverständige angewiesen. Vereinfacht ausgedrückt kann man sagen, dass allgemein anerkannte Regel der Technik für das mit einer gerichtlichen Entscheidung befasste Gericht ist, was nach den Ausführungen des gerichtlich bestellten Sachverständigen als allgemein anerkannte Regel der Technik gilt.

Die DIN-Normen und die Bestimmungen des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton sind keine Rechtsnormen, sondern private technische Regelungen mit Empfehlungscharakter.¹⁵ In der

Rechtsprechung ist anerkannt, dass DIN-Normen zunächst die – wenn auch widerlegbare – Vermutung für sich haben, die allgemein anerkannten Regeln der Technik wiederzugeben.¹⁶

Ist die DIN-Norm eingehalten, besteht zu Gunsten des ausführenden Unternehmers die Vermutung, dass er seiner beruflichen Sorgfaltspflicht genügt hat. Demgegenüber stellt die Abweichung von DIN-Normen in der Regel einen Verstoß gegen eine vertragliche Pflicht dar, der zu Mängelrechten und bei Verschulden auch zu Schadensersatzansprüchen führen kann.¹⁷ Der ausführende Unternehmer hat deshalb bei einer Abweichung seiner Ausführung von gültigen DIN-Normen darzulegen und zu beweisen, dass seine Leistung dennoch den allgemein anerkannten Regeln der Technik entspricht. Umgekehrt ist der Bauherr darlegungs- und beweispflichtig dafür, dass der Auftragnehmer eine anerkannte Regel der Technik verletzt hat, wenn die kodifizierte Norm eingehalten ist.¹⁸

Da die technische Entwicklung und die wissenschaftliche Erkenntnis in einem ständigen Fortschritt begriffen sind, ändern sich die anerkannten Regeln der Baukunst/Technik laufend, was die Baubeteiligten einkalkulieren müssen. Die bauausführenden Kreise müssen sich jeweils über die fortlaufenden Entwicklungen orientieren und ihren Auftraggeber rechtzeitig über moderne Baumaßnahmen, die sich am Markt durchgesetzt haben, informieren.¹⁹ Gleichzeitig obliegt es ihnen aber auch, auf die Risiken einer wissenschaftlich noch nicht hinreichend gesicherten Brauchbarkeit eines neuen Baustoffes oder –methode hinzuweisen bzw. im Hinblick auf die fehlende jahrelange Bewährung der Methode oder des Materials dem Einsatz in der Praxis dann besondere Aufmerksamkeit zu widmen.²⁰

2.2.2 Bauleistung, die nicht den allgemein anerkannten Regeln der Technik entspricht ist mangelhaft

Ob bekannt oder nicht gelten die allgemein anerkannten Regeln der Technik stets als Mindestvoraussetzungen im Hinblick auf den vom Auftragnehmer geschuldeten Werkerfolg. Liegt also eine Beschaffenheitsvereinbarung vor, die von den allgemein anerkannten Regeln der Technik abweicht, muss der bauausführende Unternehmer hierauf im Wege eines Bedenkenanmeldens reagieren.²¹

Eine Bauleistung, die nicht den allgemein anerkannten Regeln der Technik entspricht, ist allein deshalb auch ohne einen konkreten Schadenseintritt mangelhaft. Ob der Regelverstoß zu einer Wert- oder Gebrauchsbeeinträchtigung der Bauleistung führt, ist zunächst unerheblich.²²

Den Sonderfall, dass der Regelverstoß nicht zu einem Schadensrisiko und zu keiner Beeinträchtigung der Gebrauchstauglichkeit führt, muss der Auftragnehmer beweisen.²³ Der Auf-

10 BGH, Urteil vom 04.06.2009 – VII ZR 54/07

11 BGH, Urteil vom 29.09.2011 – VII ZR 87/11; OLG Brandenburg, Urteil vom 30.03.2011 – 13 U 16/10; Prof. Dr. Rolf Kniffka, *ibr-online-Kommentar Bauvertragsrecht*, Stand 12.05.2017, § 633 Rn 17/1;

12 vgl. nachstehende Ausführungen zu 2.2.4

13 OLG Brandenburg, BauR 2001, 283; Werner/Pastor, *Der Bauprozess*, 15. Auflage 2017, Rn 1459; Seibel, BauR 2004, 266 zur Abgrenzung der drei deutschen Technikstandards »Stand der Technik«, *allgemein anerkannte Regel der Technik und Stand von Wissenschaft und Technik*

14 Werner/Pastor, aaO., Rn 1967; Dipl.-Ing. Architekt Matthias Zöllner, ö.b.u.v. Sachverständiger für Schäden an Gebäuden, Neustadt/Weinstraße, *IBR Interview*, erschienen in *IBR 2006*, 7: Sind weiße Wannen ohne zusätzliche Abdichtung stets mangelhaft? – Nein!

15 BGH, Urteil vom 14.05.1998 – VII ZR 184/97, BauR 1998, 872, 873

16 OLG Stuttgart, Urteil vom 25.07.2007 - 6 U 242/03, BauR 1977, 129; OLG Hamm, Urteil vom 13.04.1994 – 12 U 171/93, BauR 1994, 767; Werner/Pastor, aaO, Rn 1461 mit weiteren Hinweisen

17 BGH, Urteil vom 03.11.2004 – VIII ZR 344/03, BauR 2005, 552, *IBR 2005*, 141

18 OLG Düsseldorf, NJW RR 1999, 1731; OLG Stuttgart, BauR 1977, 129; OLG Hamm, NJW RR 1998, 668, 669

19 KG, Urteil vom 05.06.2001 – 7 U 6697/00, *IBR 2002*, 203

20 OLG Brandenburg, Urteil vom 11.01.2000 – 11 U 197/98, BauR 2001, 283, 284, *IBR 2001*, 129; OLG Hamm, Urteil vom 27.10.2005 – 21 U 77/00, BauR 2006, 861, *IBR 2006*, 152; Werner/Pastor, aaO, Rn 1971

21 BGH, Urteil vom 14.05.1998 – VII ZR 184/97, NJW 1998, 2814

22 Merl, in: *Handbuch des privaten Baurechts*, 4. Auflage 2009, § 15 Rn 245; OLG Düsseldorf, Urteil vom 14.07.1995 – 22 U 46/95, NJW RR 1996, 146, *IBR 1995*, 467; Werner/Pastor aaO Rn 1513

23 OLG Nürnberg, Urteil vom 25.07.2002 – 13 U 979/02, *IBR 2002*, 602

tragnehmer hat nachzuweisen, dass die gewählte Ausführungsart im Vergleich zu den allgemein anerkannten Regeln der Technik technisch zumindest gleichwertig ist und durch die abweichende Ausführung kein Schaden und keine Beeinträchtigung der Gebrauchstauglichkeit entstehen können. Dieser Nachweis gelingt nur in den wenigsten Fällen.

2.2.3 Frischbetonverbundsysteme (FBV-Systeme) in Kombination mit einer WU-Konstruktion

Unter bestimmten Randbedingungen (z. B. Zugänglichkeit zu Betonkonstruktionen nicht dauerhaft sichergestellt, Rissbildung während der Nutzung konzeptionell nicht auszuschließen, Wasserwechselzone, Undichtigkeiten vor Nutzungsbeginn wegen fehlendem Wasser nicht erkennbar) werden **Frischbetonverbundsystemen (FBV-Systeme)** in Kombination mit einer WU-Konstruktion eingesetzt.

Die Bauart der Frischbetonverbundtechnologie stellt keine normativ geregelte Bauweise dar. Die Verwendung von FBV-Systemen ist derzeit weder in den Abdichtungsnormen noch in der WU-Richtlinie geregelt. Planung, Ausschreibung und Ausführung erfolgt daher auf der Grundlage bauaufsichtlicher Prüfzeugnisse in denen die zugelassenen Einsatzbereiche, Anwendungsgrenzen und Rahmenparameter geregelt sind.²⁴

Frischbetonverbundsysteme werden nach inzwischen zehnjähriger bewährter Praxis in Deutschland immer häufiger eingesetzt. Die Bauart der Frischbetonverbundkonstruktion greift die Vorteile der etablierten WU-Konstruktion auf und verbindet diese mit einem rissüberbrückenden und druckwasserdicht hinterlaufsicHERen Verbundsystem.²⁵ Durch diese Kombination erfolgt nach hiesiger Ansicht keine von den allgemein anerkannten Regeln der Technik abweichende Ausführung, solange die Anforderungen der WU-Richtlinie eingehalten werden. Es entsteht vielmehr eine über die aus den allgemein anerkannten Regeln der Technik nach der WU-Richtlinie folgenden Anforderungen hinaus eine höhere Sicherheit oder liegt eine vorweggenommene Abdichtung nicht auszuschließender Risse vor. Der Bauherr erhält also letztlich ein Mehr als bei der Ausführung nach den durch die WU-Richtlinie vorgegebenen allgemein anerkannten Regeln der Technik.

Da bei Verwendung von FBV-Systemen noch strittig ist, ob diese Bauweise den anerkannten Regeln der Technik entspricht, empfiehlt es sich grundsätzlich, dass der Bauherr von der Planungsseite über den Einsatz eines Frischbetonverbundsystems und dessen Vor- und Nachteile umfassend aufklärt wird und seine Zustimmung erteilt.²⁶ Hierbei ist dringend zu empfehlen, diese Abstimmung und die Zustimmung des Bauherrn zur Verwendung von FBV-Systemen schriftlich zu dokumentieren.

Eine entsprechende Aufklärung schuldet der Planer bei allen WU-Konstruktionen auch sonst bei Abweichungen von Forderungen der WU-Richtlinie, wie z. B. Zugänglichkeit für die Sanierung unerwarteter wasserführender Risse oder die Unterschreitung von Mindestdicken.

24 DBV-Heft 37 »Frischbetonverbundfolie«, August 2016; Expertenpapier, Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton, 2017; Dipl.-Ing. Marco Bloch, Planung und Ausführung von WU-Konstruktionen mit Frischbetonverbundsystemen, Bau & Praxis 2018

25 Dipl.-Ing. Marco Bloch, Planung und Ausführung von WU-Konstruktionen mit Frischbetonverbundsystemen, Bau & Praxis 2018

26 Dipl.-Ing. Marco Bloch, Planung und Ausführung von WU-Konstruktionen mit Frischbetonverbundsystemen, Bau & Praxis 2018

2.2.4 Einhaltung der einschlägigen Gesetze

Ohne besondere Vereinbarung verspricht der Planer/Unternehmer ferner stillschweigend bei Vertragsschluss auch die Einhaltung der einschlägigen Gesetze. Entspricht die Werkleistung dem nicht, liegt regelmäßig ein Werkmangel vor. Nicht nur der Werkerfolg und die Qualität der verwendeten Bauprodukte müssen stimmen. Die verwendeten Bauprodukte müssen (mindestens) den bauordnungsrechtlichen Vorschriften entsprechen und die gesetzlich vorgeschriebenen Kennzeichnungen tragen.

Ein Unternehmer hat seine Arbeiten so auszuführen, dass die öffentlich-rechtlichen Vorschriften eingehalten werden und die Errichtung in baupolizeilich ordnungsgemäßer Weise erfolgt, da der Bauherr andernfalls mit ordnungsbehördlichen Verfügungen rechnen muss und das Werk dementsprechend nicht ordnungsgemäß nutzen kann.²⁷ Das gilt sowohl beim BGB-Werkvertrag als auch beim VOB-Vertrag (§ 4 Abs. 2 Nr. 1 VOB/B).

Zusammenfassung

Planer und ausführende Unternehmer müssen dafür haftungsrechtlich einstehen, dass das von ihnen erbrachte Werk

- der vertraglich vereinbarten Beschaffenheit entspricht,
- für die bestimmungsgemäße oder vorgesehene Art der Nutzung funktional tauglich ist,
- den allgemein anerkannten Regeln der Technik und
- den öffentlich rechtlichen Vorschriften entspricht.

3. Haftung des planenden Architekten

Der **vom Architekten geschuldete Erfolg** ist das Entstehenlassen des mangelfreien Bauwerks. Aufgabe des Architekten ist es, durch die Wahrnehmung der ihm obliegenden Aufgaben das Bauwerk mangelfrei entstehen zu lassen.²⁸

Spezielle Regelungen zum Architekten- bzw. Werkvertrag waren bislang im BGB nicht enthalten. Die Haftung richtet sich nach wie vor nach den Regelungen des Werkvertragsrechts (§ 650q Abs. 1 BGB), auch wenn nun Architekten- und Ingenieurverträge in Titel 9 – Werkvertrag und ähnliche Verträge – in einem eigenen Untertitel zusammengefasst werden. In § 650p BGB werden nun die vertragstypischen Pflichten aus Architekten- und Ingenieurverträgen definiert.

Der Architekt ist danach verpflichtet, die Leistungen zu erbringen, die nach dem jeweiligen Stand der Planung und Ausführung des Bauwerks oder der Außenanlage erforderlich sind, um die vereinbarten Planungs- und Überwachungsziele zu erreichen. Mit dieser Formulierung wird zum Ausdruck gebracht, dass Architekten- und Ingenieurverträge typischerweise eine Reihe verschiedener Pflichten umfassen und zwischen dem Planungserfolg und den Planungs- und Leistungsschritten zu unterscheiden ist.

3.1 Grundlagenermittlung

Der Architekt muss mit seiner Leistung im Rahmen der Grundlagenermittlung die **Grundlage für eine später mangelfreie Baumaßnahme** schaffen, indem eine sorgfältige, insbesondere vollständige Bedarfserkundung erfolgt. Erst die Ergebnisse der

27 OLG Stuttgart, Urteil vom 31.03.2015 – 10 U 46/14, IBR 2015, 482; LG Mönchengladbach, Urteil vom 17.06.2015 – 4 S 141/14, IBR 2015, 483; OLG Düsseldorf, Urteil vom 29.03.2011 – 21 U 6/07, IBR 2011, 632

28 BGH, Urteil vom 26.11.1959 – VII ZR 120/58, NJW 1960, 431; ständige Rechtsprechung des BGH, Urteil vom 30.09.1999 – VII ZR 162/97, BauR 2000, 128, IBR 2000, 30

Grundlagenermittlung vermitteln dem Bauherrn die Erkenntnisse, welche baulichen Maßnahmen überhaupt möglich und wirtschaftlich sinnvoll sind. Eine ordnungsgemäße Grundlagenermittlung ist damit der **erste vom Architekten geschuldete Teilerfolg zur Herbeiführung des letztlich mangelfrei geschuldeten Bauerfolgs**. Ergebnis der Grundlagenermittlung muss sein, welches Vorhaben, wo unter welchen Nutzungsfunktionalen, ästhetischen, finanziellen und sonstigen Anforderungen geplant und umgebaut werden soll.

Der Architekt schuldet als Teilerfolge seiner Leistung im Rahmen der Grundlagenermittlung, Vor- und Entwurfplanung u.a. die Zusammenfassung, die Erläuterung und die Dokumentation der Ergebnisse (§ 34 Abs. 3 Nr. 1, 2 und 3 HOAI 2013 i.V.m Anlage 10 Lph 1 e), Lph 2 i) und Lph 3 g)). Es ist dringend anzuraten, dass diese Unterlagen schriftlich als Urkunden vorliegen und diese dem Auftraggeber auch nachweisbar zugehen. Durch diese Unterlagen soll der Auftraggeber nach der Rechtsprechung des BGH in die Lage versetzt werden, eventuelle Sachmängelansprüche gegen den Planer wie auch die beteiligten Unternehmer mit Aussicht auf Erfolg geltend zu machen. Die genannten Dokumente sind jedoch nicht nur Beweismittel für den Auftraggeber, sondern zugleich Inhalt einer schuldrechtlichen Verpflichtung und dokumentieren die diesbezügliche Vertragserfüllung für den Architekten; fehlen diese Dokumente, kann die Vertragserfüllung häufig nicht auf andere Weise bewiesen werden.²⁹

Ziel einer ordnungsgemäßen Bestandserkundung ist die darauf aufbauende richtige Wahl der Bauausführung. Im Rahmen der Grundlagenermittlung hat der Planer gerade die Voraussetzungen zur fachgerechten Lösung der Bauaufgabe zu ermitteln. Dies bedeutet im Allgemeinen die sachgerechte Beratung des Auftraggebers, bevor überhaupt mit der eigentlichen planerischen Arbeit des Planers im Sinne der Lösung architektonischer Fragen begonnen wird.³⁰

Teil 4 der WU-Richtlinie zeigt die Aufgaben der Planung einer WU-Konstruktion auf.

Um bei einer WU-Planung grundsätzlich ein funktionierendes Konzept erstellen zu können, das den Ansprüchen des Bauherrn an die beabsichtigte Nutzung seiner Tiefgeschosse gerecht wird, ist eine gut abgestimmte Zusammenarbeit aller am Projekt beteiligten Fachleute zwingend notwendig. Nach Abschnitt 4.2 der WU-Richtlinie obliegt die Koordination für ein WU-Bauwerk dem Objektplaner, der die Planung unter Beteiligung von Fachplanern durchzuführen hat. Die Notwendigkeit der Hinzuziehung erforderlicher Sonderfachleute (z. B. Bodengutachter, Bauphysiker, Tragwerksplaner, TGA-Planer, WU-Fachplaner) und deren Leistungen muss bereits im Rahmen der Grundlagenermittlung mit dem Bauherrn abgesprochen werden.

3.2 Beratung des Bauherrn zur notwendigen Einschaltung von Sonderfachmännern

Es gehört zu einer der Hauptpflichten des Architekten im Rahmen der Grundlagenermittlung den Bauherrn darüber zu beraten, dass die Einschaltung eines Sonderfachmanns notwendig ist.

Sofern der Architekt sich etwa zu einer WU-Fachplanung fachlich nicht in der Lage sieht, hat er zwingend beim Bauherrn

auf die Notwendigkeit eines WU-Fachplaners hinzuwirken. Bestellt der Bauherr den für erforderlich erachteten Fachplaner (WU-Fachplaner, Bodengutachter, Tragwerksplaner, Bauphysiker, TGA-Fachplaner, sachkundiger Planer) nicht, hat der Objektplaner Bedenken anzumelden.³¹

Schaltet der Bauherr auf Empfehlung des Architekten einen Sonderfachmann ein, **haftet der Architekt nur**, wenn er entweder einen unqualifizierten Sonderfachmann empfiehlt oder das Gutachten/die Planung des Sonderfachmanns auch für den Architekten erkennbar falsch oder unvollständig ist.³² Dies ist etwa dann der Fall, wenn die Planung des Sonderfachmanns gegen Grundwissen eines Architekten verstößt, der Fehler also mit dem Wissen, das von jedem Architekten verlangt werden muss, erkennbar gewesen wäre.

So entbindet etwa die Beauftragung eines Tragwerksplaners den Architekten nicht davon, die Statik auf für ihn erkennbare Mängel zu prüfen.³³ Gleiches gilt auch für die Leistungsbereiche anderer Sonderfachleute. Für eine fehlerhafte Planung des Sonderfachmanns ist er mitverantwortlich, wenn er nach den von ihm als Architekten zu erwartenden Kenntnissen den Mangel erkennen konnte.³⁴

Der Bauherr erhält bei der Beauftragung eines Sonderfachmanns für sein zusätzliches Honorar einen weiteren Verantwortlichen, sollte ein Mangel entstehen, der auch vom Objektplaner hätte erkannt werden müssen. So führt etwa das OLG Naumburg³⁵ zur Haftung von Architekt und Statiker zutreffend aus:

Angaben zu Dehnungsfugen fehlen: Architekt und Statiker haften!

1. Die Anlegung von Dehnungsfugen im Baukörper gehört zu den konstruktiven Aufgaben. Für deren Einplanung ist in erster Linie der Statiker verantwortlich, daneben der planende und – falls sie nicht in den Bauzeichnungen vorgesehen sind – auch der die Bauleitung oder die Bauaufsicht führende Architekt.
2. Der Bauherr darf sich bei der Beauftragung eines Statikers und eines Architekten darauf verlassen, dass diese in der erforderlichen Weise zusammenwirken.

Einem mit der Ausführungsplanung betrauten Architekten müssen die einschlägigen Fachregeln der Technik, insbesondere die DIN-Vorschriften und die Richtlinien für die Erstellung eines Brüstungsmauerwerks, bekannt sein. Gemessen daran war vom Architekten zu erwarten, dass er das Fehlen von Dehnungsfugen und der Rückverankerung im Bereich der Balkonbrüstung erkannte und er für deren Planung sorgte.

Regelmäßig ist der Statiker, soweit es um die Bereitstellung der Tragwerksplanung geht, nicht Erfüllungsgehilfe des Bau-

31 siehe hierzu auch Ausführungen unter nachstehend 3.3

32 Prof. Dr. Peter Fischer Anmerkung zu BGH, Urteil vom 14.02.2001 – VII ZR 176/99 in IBR 2001, 319; BGH, Urteil vom 19.12.1996 – VII ZR 233/95, BauR 1997, 488, IBR 1997, 244

33 OLG Hamm, Urteil vom 29.11.2011 – 24 U 35/09

34 OLG Düsseldorf, Urteil vom 06.03.2014 – 5 U 84/11, IBR 2014, 355

35 OLG Naumburg, Urteil vom 12.11.2014 – 5 U 132/14; BGH, Beschluss vom 21.05.2015 – VII ZR 8/15 (Nichtzulassungsbeschwerde zurückgewiesen), IBR 2015, 495

29 Motzke/ Bauer/ Seewald, Prozesse in Bausachen, § 4 Rn 241,243

30 Zur Grundlagenermittlung für WU-Konstruktionen vgl. etwa Claus Flohrer, Von der Bedarfsermittlung zu der geeignetsten Bauweise, Sika Seminar Bau und Praxis 2016, Der Bausachverständige Sonderdruck

herrn in dessen Vertragsverhältnis mit dem Architekten.³⁶ Der Bauherr muss sich deshalb die Fehlleistungen des Statikers nicht als Mitverschulden gemäß §§ 254, 278 BGB zurechnen lassen. Nach ständiger Rechtsprechung haften Statiker und Architekt dem Bauherrn eigenständig für die von ihnen vertraglich übernommenen Verpflichtungen.³⁷ Es entsteht ein Gesamtschuldverhältnis, wenn ein Mangel sowohl auf der Schlechtleistung des Architekten als auch des Sonderfachmanns zurückzuführen ist.

Beauftragt der Architekt die Sonderfachleute in eigenem Namen, haftet er für deren Fehler, wenn die von den Sonderfachleuten zu klärenden Fragen zu seinem Pflichtenkreis gehören. Andernfalls besteht eine Haftung des Architekten nur, wenn seine Vorgaben an die Sonderfachleute unzureichend sind, ihm ein Auswahlfehler unterläuft oder er offenkundige Fehler der Sonderfachleute nicht erkennt.³⁸

3.3 Einholung eines Baugrundgutachtens grundsätzlich unverzichtbar

Das Thema »Baugrund« ist für Architekten besonders haftungsrelevant. Es gehört daher zu den elementaren Pflichten eines Architekten, bereits in der Grundlagenermittlung die Eignung des Baugrunds für das Bauvorhaben zu prüfen oder prüfen zu lassen und den Bauherrn entsprechend zu beraten. Spätestens bei der Vorplanung (Leistungsphase 2) hat der beauftragte Architekt grundsätzlich eine sorgfältige Untersuchung der Boden- und Wasserverhältnisse anzustellen.³⁹ Sofern der Architekt sich hierzu nicht fachlich in der Lage sieht, hat er zwingend auf die Erstellung eines Baugrundgutachtens hinzuwirken. Der Architekt ist verpflichtet, den Auftraggeber darauf hinzuweisen, dass bei der Errichtung eines Neubaus die Einholung eines Baugrundgutachtens grundsätzlich unverzichtbar ist.⁴⁰ Eine erhebliche Zahl von Baustreitigkeiten hat ihre Ursache in der fehlenden Begutachtung des Baugrunds. Deshalb versuchen die Haftpflichtversicherer in letzter Zeit immer wieder, ihrem Versicherungsnehmer den Versicherungsschutz mit der Begründung zu verweigern, er habe den Schaden grob pflichtwidrig verursacht, weil er ohne ein Baugrundgutachten geplant habe.⁴¹

Maßgebend für die WU-Konstruktion sind insbesondere der während der Nutzung zu erwartende höchste Wasserstand (Bemessungswasserstand), die Art der Wasserbeanspruchung (Beanspruchungsklasse), sowie die chemische Zusammensetzung des

36 BGH, Urteil vom 04.07.2002 – VII ZR 66/01, IBR 2002, 553; OLG Hamm, Urteil vom 09.07.2010 – 19 U 43/10, IBR 2010, 1363 - nur online; BGH, Urteil vom 10.7.2003 – VII ZR 329/02, IBR 2003, 552, Bodengutachter; aA Statiker als Erfüllungsgehilfe des Bauherrn OLG Hamburg, Urteil vom 17.05.2000 – 11 U 125/96, IBR 2001, 73

37 OLG Düsseldorf, Urteil vom 23.10.2014 – 5 U 84/10, IBR 2015, 151

38 BGH, Urteil vom 19.12.1996 – VII ZR 233/95, IBR 1997, 244

39 OLG München, Beschluss vom 23.07.2015 – 9 U 4888/14 mit Anm. Dr. Heiliger in IBR 2016, 156; OLG Düsseldorf, Urteil vom 08.02.2008 – 23 U 58/07, IBR 2008, 665; OLG München, Urteil vom 29.01.2008 – 13 U 3811/07, IBR 2008, 1119 - nur online

40 OLG Naumburg, Urteil vom 29.01.2014 – 12 U 149/13, IBR 2014, 284; OLG Naumburg, Urteil vom 16.11.2010 – 9 U 196/09, IBR 2011, 471; OLG Rostock, Urteil vom 03.03.2010 – 2 U 68/07, IBR 2012, 273; OLG Zweibrücken, Urteil vom 20.01.2009 – 8 U 43/07, IBR 2010, 639; BGH, Urteil vom 08.03.2012 – VII ZR 116/10, IBR 2012, 256, Bodenuntersuchung nicht vorgenommen: Gründungsmangel arglistig verschwiegen!

41 Prof. Dr. Mathias Preussner, Konstanz, Anm. zu BGH, Urteil vom 15.05.2013 – VII ZR 257/11, IBR 2013, 474; OLG Karlsruhe, Urteil vom 15.12.2005 – 12 U 150/05, IBR 2006, 422; OLG Oldenburg, Urteil vom 04.09.1996 – 2 U 130/96, IBR 1996, 518 Deckungsausschluß bei bewusstem Verstoß gegen DIN-Vorschriften!

anstehenden Wassers. Diese Informationen müssen aus einem Baugrundgutachten hervorgehen, das vom Bauherrn vorzulegen ist.⁴²

3.4 Planungsfehler des Objektplaners

Der vom Planer geschuldete Erfolg ist das Entstehenlassen des mangelfreien Bauwerks. Aufgabe des Architekten ist es, durch die Wahrnehmung der ihm obliegenden Aufgaben das Bauwerk mangelfrei entstehen zu lassen.⁴³

Haftungsrechtlich schuldet der Architekt daher alle Leistungen, die für die Herstellung eines dem Vertrag entsprechenden funktionstauglichen Bauwerks erforderlich sind. Kann er dies mit den ihm übertragenen Leistungen nicht erreichen, hat er hierauf seinen Auftraggeber entsprechend hinzuweisen.

Eine fachgerechte Planung muss so beschaffen sein, dass das ausführende Unternehmen die Wünsche des Bauherrn ohne Rückfrage, in Übereinstimmung mit dem öffentlichen Baurecht umsetzen und nach ihr ein mangelfreies Bauwerk errichten kann.

Eine WU-Planung muss zu einem **gebrauchstauglichen Bauwerk** führen. Die WU-Fachplanung hat dem Bauherrn sehr frühzeitig die zur vorgesehenen Nutzung passenden möglichen Ausführungsvarianten einer WU-Konstruktion darzulegen und die jeweiligen Vor- und Nachteile (z. B. mögliche Undichtigkeiten infolge Rissbildung, ggf. erforderliche Zugänglichkeit des Bauteils von innen) zu erläutern. Die WU-Fachplanung soll den Bauherrn auch über das Risiko des Auftretens und dem Umgang mit unplanmäßigen Undichtigkeiten informieren und aufklären.

Architekt muss über verschiedene technisch machbare Varianten beraten!

1. Ein Architektenwerk muss unter Berücksichtigung aller planungsrelevanten Umstände, der Wünsche des Bauherrn sowie der technisch zur Verfügung stehenden Möglichkeiten ein insgesamt zweckentsprechendes und funktionstaugliches Gesamtwerk (hier: Schwimmhallenanbau nebst deren Ein-/Anbindung an weitere angrenzende bauliche Anlagen bzw. an das angrenzende Außengelände) jeweils unter Berücksichtigung der maßgeblichen Höhenlagen bzw. Flächen und des infolgedessen anfallenden bzw. anflutenden Oberflächenwassers gewährleisten. Diese Grundsätze gelten im Bereich der Abdichtung des Gebäudes gegen unterirdische bzw. oberirdische Wasserlasten umso mehr, als es sich dabei um einen besonders schadensträchtigen Bereich handelt, in dem ein Architekt zu besonderer Sorgfalt verpflichtet ist.
2. Den Architekten treffen insbesondere bereits im Rahmen der Grundlagenermittlung (Leistungsphase 1), aber auch in den folgenden Leistungsphasen Koordinierungs-, Beratungs- und Aufklärungspflichten, die ihn verpflichten, die Gestaltungsmöglichkeiten/Optionen in die Gebäudeplanung derart einzubeziehen, dass die Funktionstauglichkeit des zu planenden Schwimmhallenbaus – insbesondere dessen hinreichende Absicherung/Abdichtung gegen anfallendes bzw. anflutendes Oberflächenwasser – hinreichend sicher gewährleistet ist.

OLG Düsseldorf, Urteil vom 17.02.2017 – 22 U 187/13

42 detaillierte Ausführungen zum Bemessungswasserstand siehe Erläuterungen zur DAfStb-Richtlinie Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton, Heft 555, Beuth Verlag, 2006; Abschnitt 3.3 DAfStb-Richtlinie Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton (WU-Richtlinie), Ausgabe 2017; Expertenpapier, Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton, 2017

43 BGH, NJW 1960, 431; ständige Rechtsprechung des BGH BauR 2000, 128

Ein immer wieder vorkommender Planungsfehler ist die **unzureichende oder fehlende Detailplanung** eines Teils, der der Planung bedurft hätte. Wie detailliert die Ausführungsplanung sein muss, hängt von den Umständen des Einzelfalls ab. Sind **Details** der Ausführung **besonders schadensträchtig**, wie etwa bei allen Abdichtungsdetails, müssen diese im Einzelnen geplant und dem Unternehmer in einer jedes Risiko ausschließenden Weise verdeutlicht werden.⁴⁴

Für die im Bereich der Gebäudeplanung als auch der Objektüberwachung besonders haftungsträchtigen Abdichtungsarbeiten stellt die Rechtsprechung hohe Anforderungen an die erforderliche Detailplanung. So fordert der BGH eine Planung, die dem ausführenden Unternehmer besonders schadensträchtige Details einer Abdichtung gegen drückendes Wasser (hier: Abdichtung mit Dickbeschichtung) in einer jedes Risiko ausschließenden Weise verdeutlichen.⁴⁵

Die Rechtsprechung geht deshalb bei allen die Abdichtung von Gebäuden betreffenden Planungen von gesteigerten Pflichten des Architekten aus. Dieser schuldet bei beauftragter Gebäudeplanung eine solche Planung, die unter Erforschung der konkreten Boden- und Wasserverhältnisse ein in sich schlüssiges Abdichtungskonzept und planerische Vorgaben für eine funktionstaugliche Abdichtung gegen Grundwasser, Erdfeuchtigkeit und Oberflächenwasser gewährleistet. Bei vorgesehener Dickbeschichtung gehören hierzu etwa eindeutige Vorgaben, die dem ausführenden Unternehmer zweifelsfrei verdeutlichen, welche Anforderungen die Dickbeschichtungen im konkreten Fall erfüllen müssen. Angaben zu deren Stärke und zum entsprechenden Materialverbrauch sind – entsprechend der konkret bestehenden Wasserlast – danach jedenfalls dann erforderlich, wenn eine Abdichtung gegen Bodenfeuchtigkeit geringere Stärken erlaubt. Weil der Architekt auch Leistungsverzeichnisse zu erstellen hat, müssen diese detailliert und vollständig sein, das planerisch vorgesehene Abdichtungskonzept darf nicht auslegungsbedürftig, sondern muss eindeutig sein. Dazu gehört grundsätzlich auch, dass der Architekt dem Unternehmen die Dicke der Abdichtung vorgibt.⁴⁶

4. Haftung des bauüberwachenden Architekten

Die Objektüberwachung umfasst vor allem das Überwachen der Ausführung des Objekts auf Übereinstimmung mit der Baugenehmigung, den Ausführungsplänen und Leistungsbeschreibungen mit den anerkannten Regeln der Baukunst/Technik⁴⁷ und den einschlägigen Vorschriften sowie das Koordinieren der am Bau fachlich Beteiligten. Dabei ist es die Aufgabe des bauüberwachenden Architekten durch Anwesenheit auf der Baustelle zur rechten Zeit und fachgerechtes Anweisen der ausführenden Unternehmen für eine mangelfreie Ausführung Sorge zu

tragen.⁴⁸ Es genügt nicht, was häufig übersehen wird, bereits entstandene Mängel festzustellen und auf deren Beseitigung zu dringen. Vielmehr geht es in erster Linie um **Fehlervermeidung**, nicht um Mängelbeseitigung.⁴⁹

Ausgangspunkt für eine Haftung des bauleitenden Architekten ist dabei immer ein aufgetretener Baumangel. Der bauleitende Architekt haftet für einen Baumangel, der dadurch verursacht wurde, dass er seine Kontroll- und Überwachungspflichten nicht ordnungsgemäß erfüllt hat. Grobe Mängel bei kritischen Arbeiten begründen hierbei den Anschein einer Pflichtverletzung des bauüberwachenden Architekten.⁵⁰ Mangelhaft ausgeführte Abdichtungsarbeiten sprechen insoweit für unzureichende Bauüberwachung.⁵¹

Um zur rechten Zeit am richtigen Ort zu sein, bedarf es einer sauberen Detailplanung und fachgerechten Anweisungen an die Unternehmer, so etwa die Anweisung, nicht vor einer Kontrolle die Arbeiten durch Baufortschritt verdecken zu lassen.

Der Umfang der Kontroll- und Aufsichtspflichten richtet sich nach dem Schwierigkeitsgrad der Bauaufgaben und des jeweiligen Bauabschnitts. Bei so genannten **»Arbeiten mit Signalwirkung«** ist eine erhöhte Bauaufsichtspflicht erforderlich, bei so genannten **»handwerkliche Selbstverständlichkeiten«** reichen Stichproben und Kontrollen am Ende der Arbeiten aus.

Bei erhöhter Bauaufsichtspflicht müssen die Arbeiten durch häufige Kontrollen überprüft werden, damit sichergestellt werden kann, dass die erforderlichen Arbeiten und Anweisungen sachgerecht erledigt werden. Bei wichtigen oder kritischen Baumaßnahmen, die erfahrungsgemäß ein hohes Mängelrisiko aufweisen, ist der Architekt zu erhöhter Aufmerksamkeit und zu einer intensiveren Wahrnehmung der Bauaufsicht verpflichtet.⁵²

Zu den Arbeiten mit Signalwirkung gehören beispielsweise:

Ausführung einer »Weißen Wanne«⁵³, Abbrucharbeiten⁵⁴, Arbeiten an erdberührten Bauteilen, insbesondere Abdichtungsarbeiten⁵⁵, Arbeiten an der Wärmedämmung⁵⁶, Arbeiten im konstruktiven Dachbereich⁵⁷, Balkonsanierung⁵⁸, Bitumendickbe-

44 OLG Celle, BauR 2007, 1602; BGH, Urteil vom 15.06.2000 – VII ZR 212/99 BauR 2000, 1330; OLG Celle, Urteil vom 18.10.2006 – 7 U 69/06, BauR 2007, 1602, IBR 2008, 165

45 BGH, Urteil vom 15.06.2000 – VII ZR 212/99, IBR 2000, 446; KG, Beschluss vom 09.04.2010 – 7 U 144/09, BauR 2010, 1112, IBR 2010, 402

46 OLG Düsseldorf, Urteil vom 22.06.2004 – 21 U 225/03, BauR 2005, 128, IBR 2004, 704; OLG Düsseldorf, Urteil vom 20.08.2001 – 23 U 191/00, IBR 2002, 319, BauR 2002, 652

47 BGH, Urteil vom 06.07.2000 – VII ZR 82/98, BauR 2000, 1513, IBR 2000, 506; OLG Frankfurt, Urteil vom 04.02.2004 – 1 U 52/03, BauR 2004, 1329, IBR 2004, 330

48 BGH, Urteil vom 09.11.2000 – VII ZR 362/99, BauR 2001, 273, 274; Werner/Pastor, aaO, Rn 2014

49 BGH, Urteil vom 06.07.2000 – VII ZR 82/98, BauR 2000, 1513, IBR 2000, 506; OLG Celle, Beschluss vom 28.09.2016 – 7 U 77/16, IBR 2017, 206 mit kritischer Leseranmerkung von Prof. Dr. Heiko Fuchs; KG, Urteil vom 27.11.2012 – 27 U 25/09; BGH, Beschluss vom 23.04.2015 – VII ZR 49/13 (Nichtzulassungsbeschwerde zurückgenommen), IBR 2016, 22

50 OLG Saarbrücken, Urteil vom 11.12.2006 – 8 U 274/01, IBR 2007, 314

51 OLG Brandenburg, Urteil vom 30.03.2017 – 12 U 71/16, IBR 2017, 384

52 BGH, Urteil vom 06.07.2000 – VII ZR 82/98, BauR 2000, 1513, IBR 2000, 506; BGH, Urteil vom 09.11.2000 – VII ZR 362/99, BauR 2001, 273, IBR 2001, 69

53 OLG Düsseldorf, Urteil vom 07.04.2016 – 5 U 135/14, IBR 2016, 709

54 OLG Oldenburg, Urteil vom 29.05.1991 – 2 U 31/91, BauR 1992, 258, IBR 1992, 194

55 OLG Hamm, BauR 1977, 876, 880; BauR 1990, 638, BauR 2000, 757; OLG Düsseldorf, BauR 2002, 336, 337; OLG Saarbrücken, IBR 2007, 314

56 KG, BauR 2000, 1362; OLG Köln, IBR 1994, 289; BGH, NJW 1977, 898; OLG Dresden, IBR 2010, 463

57 BGH, BauR 1970, 62; OLG Düsseldorf, BauR 1998, 810; BGH, IBR 2000, 506

58 OLG Düsseldorf, Urteil vom 19.04.2016 – 21 U 102/15, IBR 2017, 267

schichtung⁵⁹, Isolierungs- und Abdichtungsarbeiten⁶⁰, Dachkonstruktion und ihre Verankerung⁶¹, Arbeiten an der Gebäudehülle (Fensterbauarbeiten), Isolierungs- und Abdichtungsarbeiten⁶², Arbeiten am Trittschallschutz⁶³, Estricharbeiten⁶⁴, Belegereife Estrich⁶⁵, Gefälleestrich⁶⁶, Verlegung von Trockenestrichplatten⁶⁷, Änderungsmaßnahmen⁶⁸, Zementestrich vor Verlegung Parkettarbeiten⁶⁹, Ringdränage⁷⁰, Überprüfung der Bewehrung bei der Herstellung von Ortbeton⁷¹, Unterfangungsarbeiten⁷², grundsätzlich Arbeiten, die durch den Baufortschritt verdeckt werden⁷³, Umbaumaßnahmen⁷⁴, Altbausanierung⁷⁵, Aufbringung von Sanierputz⁷⁶, Außenputz auf Porenbeton⁷⁷, Innenputz für Wasserbehälter oder Nassraum⁷⁸, Pflasterarbeiten, insbesondere deren Unterbau.⁷⁹

Im sensiblen Bereich des Brandschutzes hat der Architekt die Bauabläufe so zu koordinieren, dass die dort tätigen Handwerker durch Sonderfachleute überwacht werden und die handwerkliche Leistung in technischer Hinsicht überprüft wird.⁸⁰

Zu den Arbeiten mit Signalwirkung gehören also grundsätzlich alle wichtigen und kritischen Baumaßnahmen mit einem hohen Mängelrisiko.

Zu den handwerklichen Selbstverständlichkeiten gehören beispielsweise:

- 59 BGH, Urteil vom 15.06.2000 – VII ZR 212/99, BauR 2000, 1330, IBR 2000, 446
- 60 OLG Brandenburg, BauR 2001, 283, 285; Werner/ Pastor, aaO, Rn 1501; OLG Dresden, Urteil vom 26.08.2010 – 10 U 178/07; BGH, Beschluss vom 26.04.2012 – VII ZR 160/10 (Nichtzulassungsbeschwerde zurückgewiesen), IBR 2012, 464; aA für einfache standardisierte Abdichtungsarbeiten eines Fachunternehmens OLG Stuttgart, Urteil vom 30.11.2010 – 10 U 67/10, BauR 2012, 1987, BauSV 2013, 73-74, IBR 2012, 588
- 61 OLG Rostock, IBR 2012, 338
- 62 OLG Brandenburg, IBR 2009, 342; OLG Celle, IBR 2007, 630
- 63 KG, BauR 2006, 400; OLG Stuttgart, BauR 2001, 671
- 64 BGH, BauR 1994, 392; OLG Nürnberg, BauR 2005, 1220 Nr.2; OLG Hamm, IBR 1991, 236; OLG Stuttgart, BauR 2001, 671; OLG Bamberg, Urteil vom 16.05.2017 – 5 U 69/16, IBR 2017, 568
- 65 OLG Stuttgart, BauR 2001, 671, IBR 2001, 380
- 66 OLG Düsseldorf, IBR 1992, 369
- 67 OLG Rostock, IBR 2009, 527
- 68 OLG Brandenburg, BauR 2001, 283, 285
- 69 OLG Oldenburg, IBR 1999, 487
- 70 OLG Hamm, IBR 2002, 149, BauR 2002, 1882
- 71 OLG Stuttgart, NJW RR 1989, 1428
- 72 BGH, Urteil vom 09.11.2000 – VII ZR 362/99, BauR 2001, 273, IBR 2001, 69
- 73 Schmalz/Lauer/Wurm, Haftung des Architekten und Bauunternehmers 2006, Rn 465; OLG Schleswig, Urteil vom 06.07.1999 – 6 U 69/97; BGH, Beschluss vom 23.11.2000 – VII ZR 217/99 (Revision nicht angenommen), IBR 2001, 131; OLG München, Urteil vom 08.06.2010 – 28 U 2751/06; BGH, Beschluss vom 12.01.2012 – VII ZR 105/10 (Nichtzulassungsbeschwerde zurückgewiesen), IBR 2012, 401
- 74 BGH, Urteil vom 18.05.2000 – VII ZR 436/98, BauR 2000, 1217, 1219; KG, Urteil vom 11.11.1999 – 4 U 5624/98, BauR 2000, 1362, IBR 2000, 510
- 75 KG, Urteil vom 11.11.1999 – 4 U 5624/98, IBR 2000, 510
- 76 OLG Dresden, Urteil vom 01.07.2008 – 10 U 736/07, IBR 2008, 661; OLG Rostock, Urteil vom 11.07.2006 – 4 U 128/04, IBR 2007, 144
- 77 OLG Brandenburg, Urteil vom 01.02.2007 – 12 U 138/06, IBR 2007, 379; LG Itzehoe, Urteil vom 01.08.2005 – 2 O 221/04, IBR 2005, 609
- 78 OLG Bamberg, Urteil vom 09.11.1994 – 8 U 133/93, BauR 1996, 284, IBR 1996, 251
- 79 OLG Naumburg, Urteil vom 13.05.2005 – 6 U 4/05, IBR 2006, 36; OLG Celle, Urteil vom 20.03.2002 – 7 U 45/01, IBR 2003, 427
- 80 OLG Düsseldorf, Urteil vom 17.11.2011 – 5 U 8/11, IBR 2012, 402

einfache Putzarbeiten⁸¹, Malerarbeiten⁸², Beschichtung von WDVS oder Putzoberflächen⁸³, das Eindecken eines Dachs mit Dachpappe⁸⁴, Verlegen von Platten⁸⁵, Montage von Oberlichtern⁸⁶, Verlegung von Estrich⁸⁷, Herstellung von nachträglichen Rohrdurchführungen und Bodeneinläufen.⁸⁸

Bei Arbeiten, die zu den handwerklichen Selbstverständlichkeiten gehören, kann sich der Architekt grundsätzlich auf eine hinlängliche Beherrschung durch den Fachunternehmer verlassen, solche Arbeiten müssen nicht besonders überwacht werden.⁸⁹ Der Architekt kann sich hier vielmehr in der Regel darauf verlassen, dass der Unternehmer sie ohne seine ständige Überwachung ordnungsgemäß ausführt. Zu Stichproben und Kontrollen am Ende der Arbeiten bleibt der Architekt auch hier verpflichtet.⁹⁰ auch

Eine pflichtgemäße Bauüberwachung erfordert nach der BGH Rechtsprechung eine unverzügliche und umfassende Aufklärung der Ursachen sichtbar gewordener Baumängel sowie die sachkundige Unterrichtung des Bauherrn vom Ergebnis der Untersuchung und der sich daraus ergebenden Rechtslage. Dies gilt auch für Planungs- oder Aufsichtsfehler und die sich daraus ergebende eigene Haftung des Architekten. Verletzt er diese Untersuchungs- und Beratungspflicht schuldhaft, ist er dem Bauherrn schadensersatzpflichtig. Der Anspruch geht dahin, dass der werkvertragliche Schadensersatzanspruch gegen den Architekten als nicht verjährt gilt (sog. Sekundärhaftung).⁹¹

4.1 Bauüberwachender Architekt muss auch Sonderfachleute überwachen!

Der bauüberwachende Architekt hat im Rahmen seiner Überwachungspflicht zu prüfen, ob ein beauftragter Sonderfachmann die von diesem geschuldete Überwachung und fachtechnische Abnahme durchgeführt hat.⁹²

Die allgemeine Koordinierungspflicht des umfassend beauftragten Architekten erfasst auch diejenigen Leistungsbereiche, für die besondere Fachbauleiter eingesetzt sind. Auch wenn dem Architekten für das Fachgebiet des Sonderfachmanns die spezielle Sachkunde fehlt, so hat er gleichwohl die fachtechnische Abnahme dieser Arbeiten, das heißt die Überprüfung der Bauarbeiten und Baustoffe auf Mängel, entsprechend dem Baufortschritt zu koordinieren und gegebenenfalls durch Fachingenieure zu veranlassen. Gerade in sensiblen und später verdeckten Bereichen müssen die dort tätigen Handwerker überwacht und ihre Leistungen in technischer Hinsicht überprüft werden. Dies gilt auch bei WU-Konstruktionen, da auch hier die allgemeine Koordination beim bauüberwachenden Architekten

- 81 LG Köln, VersR 1981, 1191; OLG Rostock, IBR 2009, 527; OLG Dresden, IBR 2011, 283; KG, IBR 2007, 631
- 82 OLG Rostock, IBR 2009, 527; KG, BauR 2007, 932
- 83 KG, NJW-RR 2001, 1167, IBR 2001, 436
- 84 BGH, WM 1969, 666; Beispielsfälle aus Roland Kesselring, Die Architektenhaftung ARBER Verlag Seite 15 f
- 85 OLG Hamm, BauR 1990, 638; BGH, VersR 1966, 488
- 86 OLG Rostock, IBR 2009, 527 mit zutreffend kritischer Anm. Bröker
- 87 OLG Rostock, IBR 2009, 527 mit zutreffend kritischer Anm. Bröker; vgl. aber auch Fn 117
- 88 OLG Köln, IBR 2007, 86
- 89 KG, Urteil vom 15.02.2006 – 24 U 29/05, IBR 2007, 631
- 90 Locher/Koebler/Frik, HOAI, 9. Auflage, § 15 Rn. 206; OLG Brandenburg, Urteil vom 18.03.2009 – 3 U 37/08
- 91 BGH, Urteil vom 26.10.2006 – VII ZR 133/04, IBR 2007, 85
- 92 OLG Düsseldorf, Urteil vom 17.11.2011 – 5 U 8/11, IBR 2012, 402

liegt. Die Checkliste für die empfohlenen Zuständigkeiten in Tabelle A der WU-Richtlinie 2017 unterscheidet hier nicht zwischen dem Objektplaner und dem bauüberwachenden Architekten.

Es geht hier nicht um die Frage, ob der Architekt den Mangel hätte erkennen müssen. Wird ein Sonderfachmann gerade deshalb beauftragt, weil es sich um eine Spezialmaterie handelt, darf sich ein Architekt grundsätzlich auf das Wissen des Sonderfachmanns verlassen.⁹³ Die Beauftragung von Sonderfachleuten befreit den Architekten aber nicht von der Überwachung dieses Gewerks. Vielmehr bleibt er dafür verantwortlich, dass die Sonderfachleute ihren Überwachungspflichten nachkommen und ihr Sonderwissen einbringen.

5. Haftung des ausführenden Unternehmens

Im Vertragsverhältnis mit dem jeweils ausführenden Unternehmen gilt grundsätzlich das **Werkvertragsrecht** des BGB. Wird im Bauvertrag wirksam die Geltung der VOB/B einbezogen, gelten die Regelungen der VOB/B.

Im Bauvertragsrecht gilt der **Grundsatz der verschuldensunabhängigen Mängelhaftung**. Der ausführende Unternehmer schuldet daher beim Vorliegen eines Mangels in seiner Werkleistung eine Nacherfüllung seines Werkes ohne dass ihm eine schuldhaft Pflichtenverletzung vorgeworfen werden muss.

Jeder ausführende Unternehmer schuldet mit dem Abschluss eines Werkvertrages als Erfolg seiner Tätigkeit die Herstellung eines mangelfreien Werkes. Dieser Verpflichtung zur ordnungsgemäßen Werkherstellung kommt er nicht nur nach, wenn er die ihm übertragene Werkleistung vertrags- und fachgerecht erbringt, sondern nur dann, wenn er auch die ihm obliegenden Prüf- und Hinweispflichten erfüllt. Er haftet auch dann, wenn der Mangel auf die Leistungsbeschreibung oder auf Anordnungen des Auftraggebers, auf die von diesem gelieferten oder vorgeschriebenen Stoffe oder Bauteile oder die Beschaffenheit der Vorleistung eines anderen Unternehmers zurückzuführen ist. Etwas anderes gilt nur dann, wenn der Unternehmer nachweisbar seiner Prüf- und Hinweispflicht nachgekommen ist.

Die Prüf- und Hinweispflicht gilt als zentrale Unternehmerpflicht im Rahmen der geschuldeten Leistungspflicht zur Erstellung eines mangelfreien Bauwerks.

Insoweit gehören die in § 4 Abs. 3 VOB/B geregelten Verpflichtungen des Unternehmers zur Prüfung und Unterrichtung des Auftraggebers zu den wirtschaftlich bedeutendsten vertraglichen Pflichten des Unternehmers im Rahmen der Ausführungsphase seiner Werkleistung.

Der BGH⁹⁴ hat entgegen bisweilen missverständlichen Formulierungen in der Literatur und einigen Gerichtsentscheidungen klargestellt, dass die Verletzung der Prüf- und Hinweispflicht kein Tatbestand ist, der die Mängelhaftung begründet. Die verschuldensunabhängige Mängelhaftung kann nur durch einen Mangel des vom Unternehmer hergestellten Werkes begründet werden. Die Erfüllung der Prüf- und Hinweispflicht ist jedoch ein

Tatbestand, der den Unternehmer von der Sach- oder Rechtsmängelhaftung befreit. Erfüllt der Auftragnehmer die ihm obliegenden Prüf- und Hinweispflichten, ist ihm der Mangel nicht zurechenbar, er haftet für den entstandenen Mangel also nicht.

Diese Regelung in § 13 Abs. 3 und § 4 Abs. 3 VOB/B ist Ausdruck eines allgemein für das Bauvertragsrechts aus Treu und Glauben abgeleiteten Rechtsgedankens. Sie gilt deshalb grundsätzlich inhaltlich auch im BGB-Vertrag. Ihr Zweck ist es, den Auftraggeber vor Schaden zu bewahren.⁹⁵

Hat der Unternehmer den Auftraggeber auf die Bedenken hingewiesen, die ihm bei der gebotenen Prüfung gegen die Geeignetheit der verbindlichen Vorgaben, der gelieferten Stoffe oder Bauteile oder der Vorleistung anderer Unternehmer gekommen sind, haftet er für einen später entstehenden Mangel auf den er in seiner Bedenkenanmeldung hingewiesen hat, nicht. Gleiches gilt, wenn der Unternehmer trotz ordnungsgemäßer Prüfung die zum Mangel führenden Umstände nicht erkennen konnte und ihm daher keine Bedenken kommen mussten.

WU-Konstruktionen erfordern besondere Sorgfalt bei der Ausführung und sollten deshalb nur von Fachunternehmen ausgeführt werden.

5.1 Haftung für eigene Vorschläge

Grundsätzlich hat der Auftraggeber dem Unternehmer eine einwandfreie Planung zur Verfügung zu stellen.⁹⁶

Dem Unternehmer steht es jedoch frei (von einer Fachfirma wird man eine entsprechende Empfehlung gar verlangen können), Vorschläge für eine anderweitige und richtige Handhabung zu geben. Der Unternehmer übernimmt damit jedoch (kostenlos) Planungsverantwortung und Haftungsrisiken, wenn er Vorschläge zur Bauausführung unterbreitet, die über eine bloße Bedenkenanmeldung hinausgehen.⁹⁷ Ferner verliert der Unternehmer aufgrund seines eigenen Vorschlags die Möglichkeit der Haftungsbefreiung gemäß § 13 Abs. 3 VOB/B.

Macht der Unternehmer in einer Bedenkenmitteilung Vorschläge zur Abhilfe, wozu er nicht verpflichtet ist, sollte er sich der Geeignetheit seines Vorschlages sicher sein. Sonst bringt der ungeeignete Vorschlag ihn in eine Haftungssituation, ohne dass er letztlich für seine Planungstätigkeit ein Honorar erlangt. Will der Auftragnehmer Vorschläge unterbreiten, ist er sich aber nicht zweifelsfrei sicher, sollte er dies auch entsprechend formulieren und den Auftraggeber grundsätzlich ausdrücklich darauf hinweisen, dass der Vorschlag durch einen Architekten/Sonderfachmann abschließend geprüft werden müsste. Wer auf diesen Hinweis verzichtet und mehr tut, als er tun muss, erhält dafür nicht nur kein Geld, sondern geht dafür ganz erhebliche Haftungsrisiken ein. Insoweit ist also äußerste Vorsicht geboten.

Grundvoraussetzung für den Erfolg von WU-Konstruktionen sind qualitativ hochwertige Produktsysteme, eine ausgereifte und abgestimmte Planung, eine fachgerechte und qualifizierte Ausführung und deren lückenlose Überwachung. Gerade bei WU-Konstruktionen kommt es entscheidend auf eine ganzheitliche Umsetzung der geplanten Baukonstruktion an, die die Eignung und Funktionstauglichkeit aller verwendeten Details, Übergänge und Materialkombinationen berücksichtigt. Bei der Auswahl und Ausschreibung der Produkte muss neben den er-

93 OLG Braunschweig, Urteil vom 11.12.2008 – 8 U 102/07, IBR 2009,461; OLG Frankfurt, Urteil vom 23.08.2006 – 23 U 138/01, IBR 2009,593; OLG Düsseldorf, Urteil vom 23.06.2009 – 23 U 140/08, IBR 2009, 530; OLG Hamm, Urteil vom 09.07.2010 – 19 U 43/10, IBR 2010, 1363 - nur online; OLG Schleswig, Urteil vom 22.09.2009 – 3 U 4/09, IBR 2010, 464

94 BGH, Urteil vom 08.11.2007 – VII ZR 183/05, BauR 2008, 344, NJW 2008, 511, IBR 2008, 78 (Forsthausfall)

95 BGH, Urteil vom 08.11.2007 – VII ZR 183/05, BauR 2008, 344, NJW 2008, 511, IBR 2008, 78

96 Soergel, ZfBR 1995, 165

97 OLG Celle, Urteil vom 23.12.1999 – 22 U 15/99, IBR 2000, 68

ZUVERLÄSSIGE ABDICHTUNG VON ARBEITS- UND DEHNFUGEN Tricoflex® Abklebesystem



- **DICHTSTREIFEN UND FUGENBANDPROFILE**
Anwendbar bei Ortbeton- und Fertigteilbauweise
- **DRUCKWASSERDICHTHE AUSBILDUNG**
von Arbeits-, Sollriss-, und Dehnfugen
- **HOHE SICHERHEIT**
durch geprüftes System mit allgemein bauaufsichtlichem Prüfzeugnis

www.sika.de/sikaproof

forderlichen Zulassungen auch immer die jeweilige Funktion klar definiert sein. Spätere Abweichungen von diesen Vorgaben, zum Beispiel durch den Bauunternehmer, stellen nicht nur für diesen, sondern aufgrund der weiter bestehenden Haftung der beteiligten Planer und bauüberwachenden Architekten ein erhebliches Risiko dar, da mit jeder Abweichung die Erfolgssicherheit der Konstruktion gefährdet ist. Jede Abweichung vom ursprünglichen WU-Konzept stellt einen Eingriff in die WU-Planung dar, der letztlich eine komplette Änderung der bisherigen Planung darstellt. Hierauf sollte sich der fachkundige Planer nicht ohne Mehrvergütungsverlangen und Bedenkenanmeldung einlassen. Ebenso muss auf die damit einhergehende Bauzeitverlängerung hingewiesen werden.

6. Zusammenfassung

WU-Bauwerke stellen für alle am Bau Beteiligten eine anspruchsvolle und haftungsträchtige Bauaufgabe dar, die nur bei einer alle Aspekte berücksichtigenden fachgerechten Planung im kooperativen Zusammenwirken mit allen am Bauvorhaben Beteiligten mangelfrei gelingen kann. Entscheidend sind, wie häufig, eine klare Definition der Schnittstellen und Zuständigkeiten und die Koordination der notwendigerweise ineinandergreifenden Aufgaben. Viel Erfolg beim erfolgreichen Kampf gegen das Wasser.

Der Autor



Rechtsanwalt Norbert König

Herr König ist Rechtsanwalt und Fachanwalt für Bau- und Architektenrecht sowie Schlichter und Schiedsrichter SOBau. Er ist Inhaber einer überwiegend zivilrechtlich orientierten Kanzlei in Ludwigsburg. Seit 1985 ist er forensisch wie auch beratend schwerpunktmäßig auf dem Gebiet des privaten Bau- und Architektenrechts tätig. Herr König ist Mitglied der Arbeitsgemeinschaft für Bau- und Immobilienrecht im Deutschen Anwaltsverein und hält regelmäßig Fachvorträge und führt Mitarbeiterschulungen durch.

Bollacher – Lang – König Rechtsanwaltskanzlei

Asperger Straße 40
71634 Ludwigsburg
Tel. 07141/299 89-10
E-Mail: koenig@rae-blk.de
www.rae-blk.de

Marco Bloch, Thomas Zitzelsberger

Planung und Ausführung von WU-Konstruktionen mit Frischbetonverbundsystemen

Abstract

Als innovative Bauart greift die Frischbetonverbundtechnologie Vorzüge bestehender Konstruktionen auf und erreicht im Zusammenspiel mit einem rissüberbrückenden, druckwasserdichten und hinterlaufsicheren Verbundsystem ein erhöhtes Sicherheitsniveau. Seit 2005 wird sie in Deutschland angewendet und hat sich in der Praxis bereits vielfach bewährt. Der Einsatz erfolgt im Regelfall in Kombination mit einer WU-Konstruktion, vor allem bei hochwertig genutzten Tiefgeschossen. Der Hauptvorteil liegt in der sicheren Nutzung der erstellten Bauwerke vom ersten Tag an. Die Grundlagen einer erfolgreichen Umsetzung dieses Abdichtungskonzeptes sind hier – wie bei jeder WU-Konstruktion – eine fachkundige WU-Planung, welche die Betonbauweise und die FBV-Technologie mit allen Detailpunkten als Gesamtsystem betrachtet. Ferner selbstverständlich ist die fachgerechte Umsetzung und Qualitätsüberwachung auf der Baustelle erforderlich.

1 Einleitung

Bei der Planung und Ausführung von Tiefgeschossen stellt die Bauwerksabdichtung einen der wichtigsten Parameter zur Sicherstellung der geforderten Nutzungseigenschaften dar. Die Auswahl einer geeigneten Konstruktion – zugeschnitten auf die Bedürfnisse des Bauherren – die Auswahl geeigneter qualitativvoller Produktsysteme und schlussendlich die Umsetzung, also der fachgerechte Einbau, müssen die gestellten Anforderungen sicherstellen.

2003 wurde vom Deutschen Ausschuss für Stahlbeton die DAfStb-Richtlinie »Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton« [1] veröffentlicht. Im Jahr 2006 folgte »Heft 555« mit den ergänzenden Erläuterungen dazu [2]. Die bis dahin klassische Abdichtungsform der Schwarzen Wanne wurde nach und nach von der Weißen Wanne verdrängt, bei der die Betonkonstruktion neben der lastabtragenden Funktion auch die abdichtungstechnischen Eigenschaften sicherstellt. In der Folge hat sich die Weiße Wanne in kürzester Zeit zu einem allgemein anerkannten Qualitätsstandard entwickelt. Im Zuge der Modernisierung unserer Gesellschaft steigen die Anforderungen an die Nutzungseigenschaften von Tiefgeschossen stetig weiter. Mit nicht zu vernachlässigenden Auswirkungen – denn in der Folge entsprechen viele Planungen, die gestern noch den allgemein angesetzten Standard bedeuteten, heute nicht mehr dem Stand der Technik

und führen zu nicht kalkulierbaren Risiken und Mängeln. Die Veränderung des Anforderungsprofils erfordert ein Umdenken und eine Weiterentwicklung der Konstruktionen. Nahezu alle Tiefgeschosse werden heutzutage hochwertig genutzt. Der Anspruch ist eine dauerhafte und uneingeschränkte Nutzung vom ersten Tag an. Das DBV-Merkblatt »Hochwertige Nutzung von Untergeschossen« [3] gibt dazu hilfreiche Informationen zur weiteren Klassifizierung und Planung solcher Konstruktionen.

Um der zuvor beschriebenen Aufgabenstellung gerecht zu werden, sind Lösungen gefragt, die eine baustellengerechte Technologie darstellen und die erhöhten Ansprüche zuverlässig umsetzen können. Eine Lösungsmöglichkeit dafür sind Frischbetonverbundsysteme (FBV-Systeme). Die Frischbetonverbundtechnologie ist aktuell ein zentrales Thema in der Branche, wenn es um die Planung hochwertig genutzter Bauwerke geht. Die Technologie selbst ist nicht so neu, wie sie für viele auf den ersten Blick scheint. So gibt es in Deutschland sowie international schon langjährige Erfahrungen mit FBV-Systemen, und sie haben sich in der Praxis bewährt. Die Bauart der Frischbetonverbundkonstruktion greift die Vorteile der etablierten WU-Konstruktion auf und verbindet diese mit einem rissüberbrückenden und druckwasserdicht hinterlaufsicheren Verbundsystem. Durch diese Kombination wird ein neues Niveau erreicht, das dem Bauherrn maximale Nutzungssicherheit vom ersten Tag an gewährleistet. Grundvoraussetzung für den Erfolg sind selbstverständlich die eingangs erwähnten qualitativ hochwertigen Produktsysteme, eine ausgereifte und abgestimmte Planung sowie eine fachgerechte und qualifizierte Ausführung.

2 Frischbetonverbundtechnologie

Eine erfolgreiche Abdichtungswirkung zeigt sich erst, wenn an der Konstruktion auch die entsprechende Wasserbeanspruchung ansteht. Dies ist aber in der Regel nicht umgehend der Fall, sondern tritt meist erst zeitversetzt ein, zum Beispiel, wenn eine Konstruktion für einen Hochwasserlastfall bemessen ist. Ebenso bei Wasserwechselzonen – gegebenenfalls ist das Gebäude dann bereits voll in der Nutzung, die Bauteiloberflächen also nicht mehr kontrollierbar und zugänglich, was wiederum ein erhöhtes Risiko darstellt. Hier liegt der Vorteil der Frischbetonverbundtechnologie darin, dass diese sich bei fachgerechter Planung und Ausführung durch eine hohe Erfolgssicherheit auszeichnet und somit das Risiko senkt. Immer dann, wenn kons-

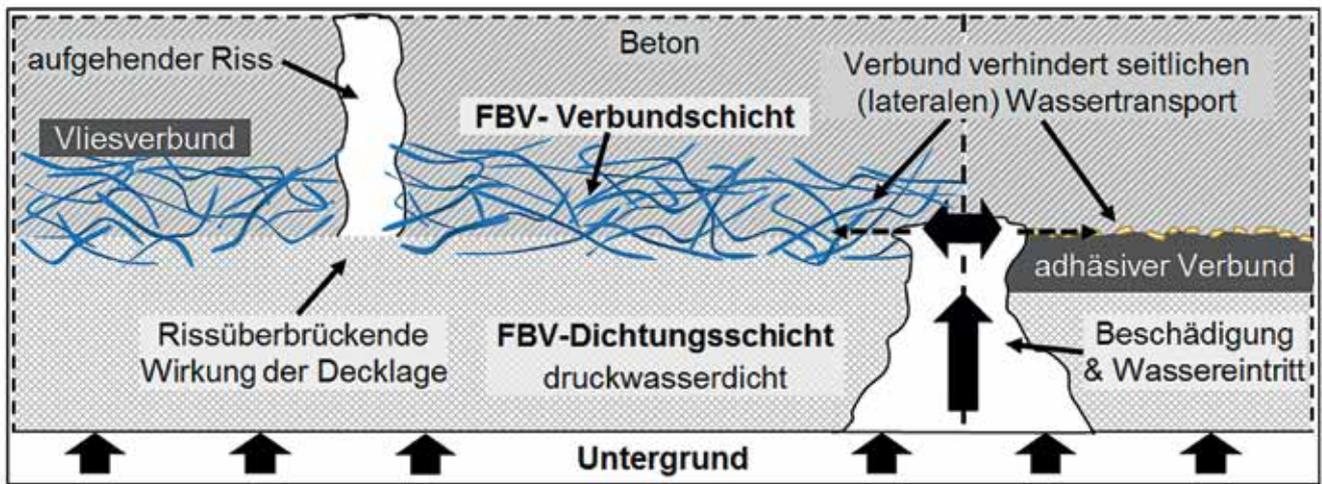


Abb. 1: Schematische Darstellung der Wirkung von FBV-Systemen mit mechanischem Verbund (links) oder adhäsivem Klebeverbund (rechts). Unmaßstäbliche Darstellung [4]

truktionsseitig ein schwer oder nicht kontrollierbarer Zwang vorliegt und somit der »Entwurfsgrundsatz a« [1] einer rissfreien Konstruktion riskant oder auch die nachträgliche Sanierung wasserführender Risse während und nach der Bauzeit nicht möglich oder nicht erwünscht ist, kommen Frischbetonverbundsysteme zum Einsatz. Um den hohen Ansprüchen gerecht zu werden und die gewünschte maximale Sicherheit gewährleisten zu können, müssen Frischbetonverbundsysteme somit gewisse Anforderungen erfüllen. Dazu ist es erforderlich, die Konstruktion ganzheitlich zu betrachten und ein System auszuwählen, welches alle Bereiche und Details zuverlässig ausbilden kann.

Auf dem deutschen Markt steigt die Anzahl der Anbieter von FBV-Systemen. Weitere Informationen hierzu, zu Materialaufbau und Wirkungsmechanismen finden sich bei Freimann [4], Haack [5] sowie Bloch/Zitzelsberger [6]. Die Gemeinsamkeit der verschiedenen Systeme liegt in ihrer Wirkungsweise. Vereinfacht dargestellt bestehen FBV-Systeme aus einer dehnfähigen Kunststoffbahn (Dichtungsschicht) mit einer darauf aufgetragenen Verbundschicht.

Ein FBV-System muss folgende Kernfunktionen erfüllen:

- vollflächiger Verbund mit dem Beton
- Druckwasserdichtigkeit
- Rissüberbrückung
- Hinterlaufschutz

Das Grundportfolio besteht beispielsweise beim SikaProof®-Gesamtsystem aus den drei Komponenten:

- Frischbetonverbundbahn
- nachträglich applizierbare Verbundbahn
- streifenförmig applizierbares Fugenabklebesystem

Mit ergänzenden Zubehör- und Kombinationsprodukten wie Fugenbändern, Kleb- und Dichtstoffen, Schutzbahnen etc. können alle Anforderungen an die fachgerechte Ausbildung der Konstruktion abgedeckt werden.

2.1 Wirkungsweise von Frischbetonverbundsystemen

Moderne Frischbetonverbundsysteme bestehen aus einem mehrschichtigen Aufbau, einer flexiblen Kunststoffbahn als Dicht- und Trägerlage sowie einer Funktionsschicht. Dabei übernehmen die einzelnen Schichten verschiedene Funktionen. Die Kunststoffbahnen sollen möglichst flexibel sein und somit wirksam die Rissüberbrückung auch bei Druckwasserbeanspruchung sicherstellen. Funktionsschichten stellen dagegen den dauer-

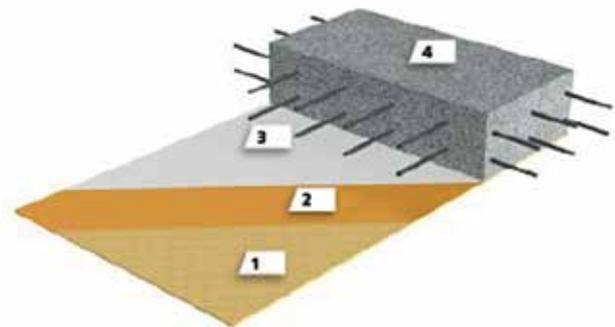


Abb. 2: Systemaufbau am Beispiel von SikaProof® A:
 1. Hochflexible Kunststoffbahn auf Basis hochflexibler Polyolefine
 2. Gitternetzartige Prägung mit polyolefinem Dichtstoff
 3. Polypropylenvlies
 4. Betonkonstruktion



Abb. 3: Schichtaufbau unter mikroskopischer Betrachtung

haften Verbund mit dem erhärtenden Frischbeton sicher und werden daher auch als Verbundschicht bezeichnet. Die Verbundwirkung kann entweder aufgrund einer mechanischen Verkrallung oder einer chemisch adhäsiven Verbindung der Verbundschicht mit der Betonkonstruktion erfolgen. Ferner muss das System durch den Aufbau und die Eigenschaften der Funktions- und Grenzschichten einen druckwasserdichten Hinterlaufschutz ausbilden, um im Beschädigungsfall eine laterale Wasserausbreitung zwischen den Bahnen und dem Betonkörper zu unterbinden. Während der Haftverbund lediglich das notwendige »Mittel zum Zweck« ist, stellen die Rissüberbrückung und der Hinterlaufschutz die unverzichtbaren Eigenschaften eines

Frischbetonverbundsystems dar.

Erforderliche Kernfunktionen eines FBV-Systems:

- flächiger Verbund mit dem Betonkörper
- druckwasserdichter Hinterlaufschutz
- rissüberbrückend

Bei der Frischbetonverbundtechnologie werden die Bahnen vor der Betonage auf einem geeigneten Untergrund verlegt. Erst danach erfolgen die Bewehrungsarbeiten und die Betonage direkt gegen die Bahnen – es handelt sich somit um ein vorzuintstallierendes System. In der Folge ermöglicht diese Bauweise einen Einsatz unter Bodenplatten sowie in ein- oder zweihäufig ausgeführten Wänden.

2.2 Wirkungsweise von nachträglichen Verbundsystemen

Überall dort, wo zum Zeitpunkt der Betonage kein wirksamer Betondruck ansteht und somit ein flächiges Anbinden des FBV-Systems nicht gewährleistet ist, werden nachträgliche Verbundsysteme erforderlich. Das bezieht sich grundsätzlich auf alle Flächen der Oberseite horizontaler Bauteile.

Aber auch in Wandbereichen sind diese Systeme einsetzbar und je nach gegebenen Randbedingungen eine sinnvolle und gute Alternative. Der Unterschied zur Frischbetonverbundbauweise besteht darin, dass bei diesem System die Betonkonstruktion bereits erstellt und nachträglich mit den Bahnen ausgestattet wird. Der Verbund erfolgt über eine Kontaktverklebung im Kaltverfahren. Dazu wird der vorbereitete Betonuntergrund mit einem Systemprimer vorbehandelt und anschließend die Verbundbahn aufgeklebt.

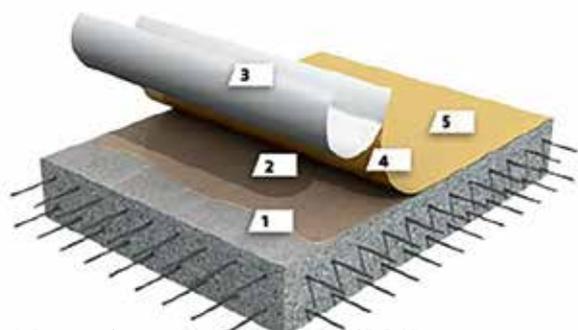


Abb. 4: Systemaufbau am Beispiel von SikaProof® P-12

1. Bestehende Betonkonstruktion
2. System-Primer
3. Abziehbarer Schutzliner
4. Kleb- und Dichtstoffbeschichtung auf Basis von Polyolefin
5. Hochflexible Kunststoffbahn auf FPO-Basis

Die Kontaktverklebung erzeugt eine dauerhaft flexible Verbundwirkung mit der Betonkonstruktion. Durch den Aufbau können mit dem nachträglich applizierbaren System die gleichen gewünschten Eigenschaften des dauerhaften Verbundes, der



Abb. 5: Kontaktverklebung einer nachträglich applizierbaren Verbundbahn

wirksamen Rissüberbrückung und des druckwasserdichten Hinterlaufschutzes sichergestellt werden wie beim Neubau.

2.3 Wirkungsweise von Fugenabklebesystemen

Als weiteren wichtigen Baustein im Rahmen eines Gesamtsystems sollen an dieser Stelle auch kurz Aufbau und Ausbildung eines streifenförmigen Fugenabklebesystems am Beispiel des Tricoflex® Abklebesystems aufgezeigt werden. Diese Produkte werden für die druckwasserdichte Abklebung von Arbeits-, Sollriss- und Dehnfugen eingesetzt. Der Aufbau erfolgt aus einem epoxidharzbasierten Systemkleber, in den ein Dichtstreifen aus thermoplastischem Elastomer eingebettet wird.

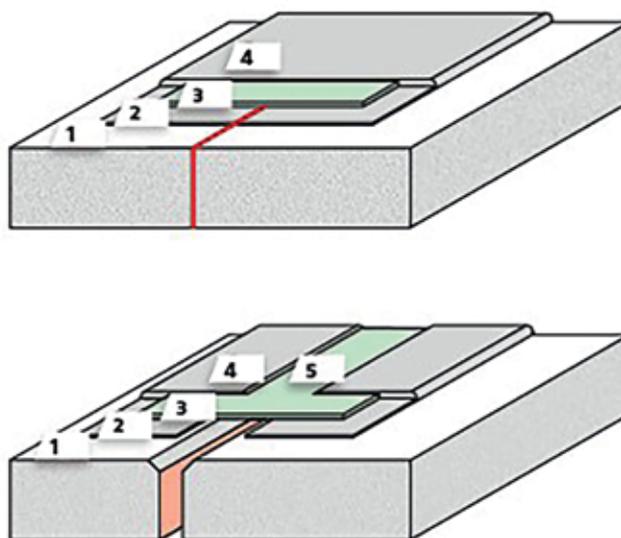


Abb. 6: Systemaufbau am Beispiel des Tricoflex®-Abklebesystems:

- 1 Betonuntergrund
- 2 Grundauftrag mit dem Tricoflex®
- Systemkleber FU 60
- 3 Tricoflex® Dichtstreifen
 - 1 mm bei Arbeitsfugen
 - 2 mm bei Dehnfugen
- 4 Deckauftrag mit dem Tricoflex® Systemkleber FU 60
- 5 Bei Dehnfugen: Dehnbereich zur Aufnahme von Fugenbewegungen (Verlegung auch als Omegaschlaufe möglich)

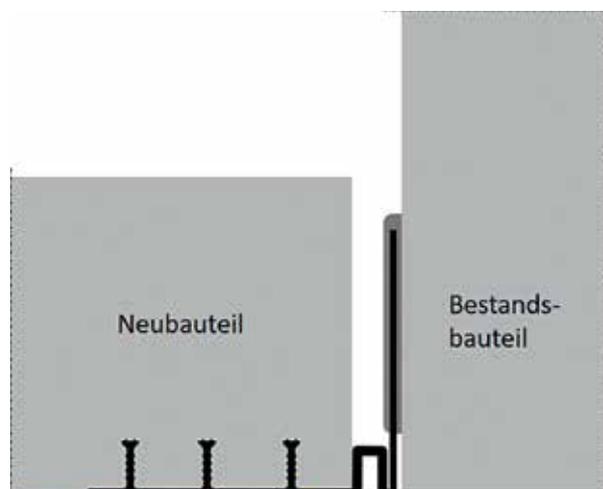


Abb. 7: Anschluss an Bestandsbauteil mit dem Tricoflex®-Fugenbandprofil DFT 330/3K1

Ferner gibt es für dieses System TPE-Fugenbandprofile mit einem ausgebildeten Dehnschlauch. Diese sind in verschiedenen Geometrien und Varianten mit Einbetonier- und Klebeschenkeln verfügbar. Somit können Dehnfugen im Bodenplattenbereich zwischen Neubauteilen wie auch Dehnfugen im Anschlussbereich von Neu- an Bestandsbauwerke realisiert werden.

2.4 Prüfung und Zulassung der Systeme

Grundsätzlich ist festzuhalten, dass die Bauart der Frischbetonverbundtechnologie keine normativ geregelte Bauweise darstellt. Frischbetonverbundsysteme werden von der aktuell geltenden DIN 18533 [7] nicht erfasst und können folglich nicht im Rahmen dieser Norm Anwendung finden. Auch die WU-Richtlinie [8] regelt die Bauweise zum aktuellen Zeitpunkt nicht. 2017 wurde seitens des DBV ein Ausschuss gegründet, welcher sich mit der Bauweise näher befasst und derzeit einen Sachstandsbericht sowie ein Merkblatt erarbeitet. Mit Veröffentlichung wird Letzteres dann ein Dokument mit Regelwerkscharakter darstellen.

Aus vorgenannten Gründen erfolgt der Einsatz von Frischbetonverbundsystemen auf Basis allgemein bauaufsichtlicher Prüfzeugnisse (abPs), in denen die zugelassenen Einsatzbereiche, Anwendungsgrenzen und Rahmenparameter geregelt sind. Wichtig für eine erfolgreiche Umsetzung der geplanten Baukonstruktion ist die Berücksichtigung aller notwendigen Detailausbildungen. Da FBV-Systeme Teil der Betonkonstruktion sind, dürfen sie nicht nur in der reinen Fläche betrachtet werden. Entscheidend ist die Ausbildung der Gesamtkonstruktion. Deshalb ist die Eignung und Funktionstauglichkeit aller verwendeten Details, Übergänge und Materialkombinationen vollständig nachzuweisen.

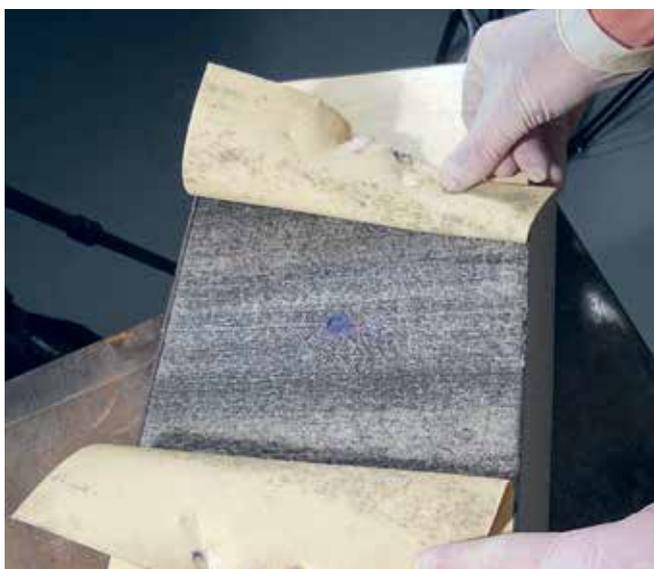


Abb. 8: ASTM-Prüfung zum Nachweis der Hinterlaufsicherheit mit gefärbtem Wasser über einen Zeitraum von 14 Tagen, Druckstufe von 7 bar

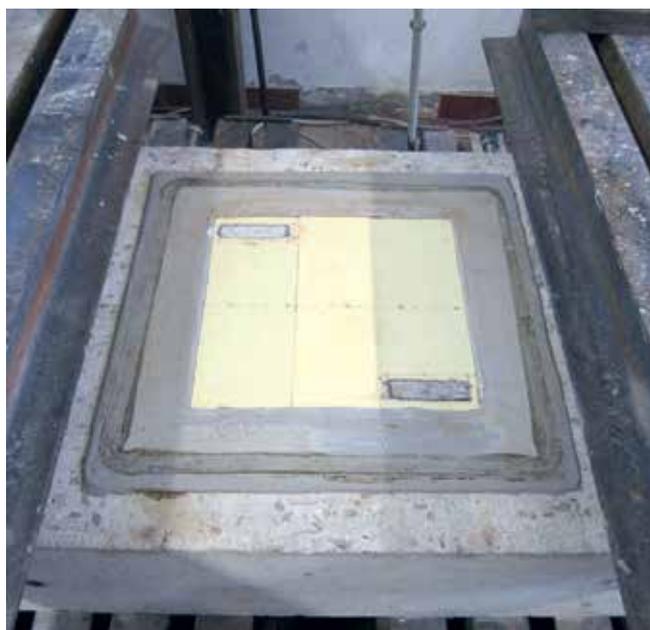


Abb. 9: Funktionsprüfung mit Überlappungsstoß und Fugenüberbrückung inklusive beidseitiger Kontrollfenster zur Sicherstellung des zulässigen freien Rands und des Hinterlaufschatzes, Druckstufe 5 bar, Prüfdauer 28 Tage

3 Planung

Um bei einer WU-Fachplanung grundsätzlich ein funktionierendes Konzept erstellen zu können, das den Ansprüchen des Bauherren an die hochwertige Nutzung seiner Tiefgeschosse gerecht wird, ist eine gut abgestimmte Zusammenarbeit aller am Projekt Beteiligten Fachleute zwingend notwendig. Die anspruchsvolle Planung von WU-Konstruktionen erfordert also ein fundiertes und detailliertes Fachwissen. Aus diesem Grund werden in der Praxis vermehrt WU-Fachplaner eingesetzt. Das ist nicht nur sinnvoll, sondern bietet auch die klaren Vorteile, dass neben den spezialisierten Kenntnissen in der Detailplanung meist auch die unumgängliche Qualitätssicherung und Überwachung auf der Baustelle aus einer Hand erfolgt. Genauso ist diese Vorgehensweise auch bei FBV-Konstruktionen sinnvoll.

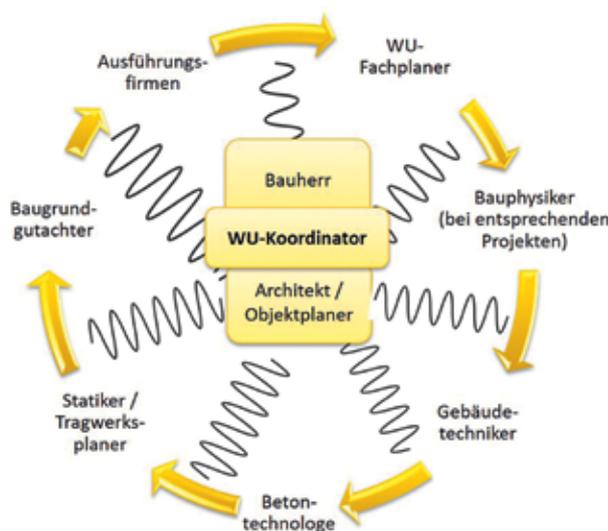


Abb. 10: Zusammenarbeit der Beteiligten bei Planung und Ausführung [5]

Für FBV-Systeme stehen in Deutschland aktuell zwei mögliche allgemein bauaufsichtliche Prüfzeugnisse zur Verfügung, eines für die flächige Ausbildung in Normalbeton als »Anwendung über die Bauart« und eines als »streifenförmige Ausbildung in Beton mit hohem Wassereindringwiderstand«. Auf Grundlage dieser abPs können FBV-Systeme in der Praxis eingesetzt werden. Unabhängig von der Ausführungsvariante erfordert die Planung große Sorgfalt. Die Herstellung des FBV-Systems als elementarer Teil der Betonkonstruktion muss ganzheitlich betrachtet werden, um verlässlich eine rissüberbrückende und hinterlaufsichere Abdichtung zu erreichen. Dies betrifft alle Detailausbildungen, wie zum Beispiel Rohrdurchführungen, die Ausbildung der Dehnfugen oder ggf. den Übergang an Bestandsgebäude.

Während international häufig der Weg des »alleinigen Abdichtungssystems« verfolgt wird, setzt sich in Deutschland die Ausschreibung als ergänzende Maßnahme zu einer WU-Konstruktion gemäß WU-Richtlinie durch. Gründe dafür sind technische wie auch juristische Risiken der alleinigen Abdichtungsvariante bei Planung, Ausschreibung und Ausführung. Die Planung und Ausschreibung von FBV-Systemen nach DIN 18533 beinhaltet Risiken für Planer und Ausführende, da die Norm diese Bauweise grundsätzlich nicht regelt und die Randbedingungen der DIN 18533, zum Beispiel für Abdichtungen gegen drückendes Wasser, nicht eingehalten werden können. Das betrifft insbesondere die Vorgaben für die Stoffe, Durchdringungen, Übergänge, Schutzbetone, Abschottungen sowie die Verschweißung der Nähte. Die zulässige Wassereinwirkungsklasse richtet sich nach dem einzusetzenden Bahnentyp, wobei die Materialkennwerte der aktuellen FBV-Systeme nur den Einsatz bei Bodenfeuchte erlauben würden.

Im Regelfall erfolgt die Planung von FBV-Systemen in Kombination mit WU-Konstruktionen nach:

- »Entwurfsgrundsatz **a**« – bei fehlender Zugänglichkeit für eine nachträgliche Injektion wenn ein nur schwer beherrschbarer Zwang anliegt und die Ausbildung der reinen Betonkonstruktion ein erhöhtes Risiko darstellt, oder:
- »Entwurfsgrundsatz **c**« zur planmäßigen Sicherung auftretender Trennrisse (unabhängig davon, wann diese sich einstellen)

Der »Entwurfsgrundsatz **b**« ist für den Ansatz bei hochwertig genutzten Tiefgeschossen im Regelfall nicht geeignet, da er für den gewünschten Selbstheilungseffekt einen Wasserdurchtritt über eine bestimmte Zeitspanne benötigt. In den meisten Fällen greift man in der Praxis in der Praxis auf die Ausbildung nach »Entwurfsgrundsatz **c**« zurück.

Obwohl sich das Frischbetonverbundsystem bereits seit vielen Jahren in zahlreichen Bauvorhaben bewährt hat, ist derzeit noch strittig, ob diese Bauweise den anerkannten Regeln der Technik entspricht. Somit empfiehlt es sich grundsätzlich, dass der Bauherr von der Planungsseite über den Einsatz eines Frischbetonverbundsystems umfassend über die Vor- und Nachteile aufklärt wird und seine Zustimmung erteilt.

Für die Nutzungssicherheit sind zusätzlich zu einem dichten Bauteil oft auch bauphysikalische Maßnahmen erforderlich. Der Feuchtetransport durch eine Konstruktion aus FBV-System und Beton ist vernachlässigbar gering [9]. Hier sind alle FBV-Systeme gleichermaßen geeignet, die gemäß DIN 4108-3 in den Bereich einer wasserdampfdiffusionshemmenden Schicht fallen (s_d -Wert $\geq 0,5$ m und ≤ 1500 m). Allerdings müssen im Regelfall bei einer hochwertigen Nutzung, aufgrund von auftretender Baufeuchte,

weiterhin zusätzliche bauphysikalische Maßnahmen vorgesehen werden [10], insbesondere ist der Umgang mit Baufeuchte in den ersten beiden Nutzungsjahren zu berücksichtigen. Entsprechende Informationen sind dem DBV-Merkblatt »Hochwertige Nutzung von Untergeschossen« zu entnehmen.

Einer der wichtigsten Punkte im Rahmen der Planung einer WU-Konstruktion ist die Definition und Dokumentation einer geeigneten Qualitätsüberwachung auf der Baustelle.

4 Ausschreibung

Im Rahmen der Ausschreibung sollte explizit darauf hingewiesen werden, dass das ausgewählte FBV-System fester Bestandteil der WU-Planung ist. Bei der Auswahl und Ausschreibung der Produkte muss neben den erforderlichen Zulassungen auch immer die jeweilige Funktion klar definiert sein. Spätere Abweichungen dieser Vorgaben, zum Beispiel durch den Bauunternehmer, können die Erfolgssicherheit der Konstruktion und somit die vorgegebene Nutzung gefährden. Dies beinhaltet auch eine deutliche Wertminderung des geplanten Bauwerks. Somit ist jede Abweichung vom ursprünglichen WU-Konzept ein signifikanter Eingriff in die WU-Planung mit technischen wie auch juristischen Risiken.

5 Ausbildung des Frischbetonverbundsystems

Die allgemein anerkannten Anwendungsregeln für die Ausbildung und Erstellung einer WU-Konstruktion sollten prinzipiell berücksichtigt werden. Darüber hinaus sind weitere wichtige Punkte zu beachten, welche speziell bei einer Kombination mit FBV-Systemen betrachtet werden sollten. Dazu gibt es von den jeweiligen Herstellern entsprechende Unterlagen, die bei der Planung und Ausführung unterstützen. In diesem Artikel wird lediglich auf neuralgische Punkte eingegangen, auf die besonderes Augenmerk zu legen ist.

Alle WU-Konstruktionen und Bauarten haben spezielle Anforderungen, die es zu beachten gilt. So muss zum Beispiel ein Fugenband bei einer herkömmlichen WU-Konstruktion ebenso geschützt und gereinigt werden, wie der Anschlussbereich eines FBV-Systems. Bei näherer Betrachtung der Thematik stellt man fest, dass die meisten Punkte ohnehin im Rahmen der fachgerechten Erfüllung einer WU-Konstruktion zu erbringen sind. Darüber hinausgehende Punkte sind bei entsprechender Vorbereitung und Umsetzung meist mit relativ überschaubarem Aufwand umzusetzen. Entscheidend dabei ist natürlich eine ordentliche Planung sowie die Baustellen- und Arbeitsvorbereitung im Vorfeld der Bauausführung. Hilfreiche Empfehlungen und unterstützende Informationen bieten hier der Sonderdruck der Zeitschrift Beton- und Stahlbetonbau »Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton – Empfehlungen für die Zusammenarbeit von Bauherr, Planer, Fachplaner und Ausführenden« [12] sowie die Checkliste für die Qualitätssicherung aus dem Kapitel WU-Konstruktionen mit Frischbetonverbundsystemen aus dem Bauphysik-Kalender 2018 [6].

5.1 Verlegeuntergrund

Alle Verlegeuntergründe müssen grundsätzlich von ihrer Oberfläche so beschaffen sein, dass sie die nachfolgend zu installierende FBV-Bahn während der Bauzeit und der Gebäudenutzung nicht beschädigen und beeinträchtigen. Je nach Hersteller gibt es dazu unterschiedliche Anforderungen in den Produktunterlagen. Generell gilt jedoch, dass die Oberfläche frei von spitzen



Abb. 11 und 12: Verlegung von FBV-Bahnen auf Perimeterdämmung und Magerbetonsauberkeitsschicht

Steinen, Graten oder Hohlstellen sein sollte. Dazu ist nicht zwingend eine geglättete Sauberkeitsschicht erforderlich. Im Regelfall reicht das Einbringen einer entsprechend plastischen Sauberkeitsschicht mit anschließendem Schwabbeln oder auch das Abziehen mit einer Rüttelpatsche. Dass Verlegeuntergründe vor der Montage abzukehren sind, versteht sich von selbst. Genügen die örtlichen Oberflächenverhältnisse nicht den Untergrundanforderungen, so müssen diese nachgebessert werden. Hierzu können zum Beispiel einzelne Steine abgestoßen oder flächige Bereiche bei Bedarf mit einer Schutzlage aus einem Geotextil verbessert werden.

5.2 Witterungseinflüsse

Grundsätzlich können FBV-Systeme in einem relativ breiten Witterungsspektrum eingesetzt werden. In Bezug auf Temperaturverhalten und zentrische Zugdehnung wurde in Untersuchungen von Prof. Dr.-Ing. Thomas Freimann von der Technischen Hochschule Nürnberg Georg Sigmund Ohm ein Gebrauchstauglichkeitsbereich von ca. -30°C bis zu $+70^{\circ}\text{C}$ ermittelt [14]. Natürlich gibt es, je nach Rohstoff und Materialauswahl der einzelnen Hersteller, gewisse Unterschiede bezogen auf Flexibilität und Steifigkeit und somit auf die Verarbeitungsfreundlichkeit. Aus diesem Grund werden in den Verarbeitungsrichtlinien und Unterlagen allgemeingültige Temperaturgrenzen angegeben. Zu beachten ist, dass allgemein bei niedrigen Temperaturen die Haftungseigenschaften, zum Beispiel von Selbstklebestößen und Tapes, abnehmen. Deshalb werden unterhalb der allgemeingültigen Temperaturgrenze zusätzliche Maßnahmen, wie zum Beispiel ein Erwärmen der Stoßnähte vor dem Anreiben, erforderlich. Denn dann kann das System unter Berücksichtigung besonderer handwerklicher Maßnahmen auch in der kalten Jahreszeit verlegt werden. Bei nasser Witterung ist zu beachten, dass stehendes Wasser entfernt und zum Zeitpunkt der Stoßausbildung der Fügebereich ausreichend abgetrocknet werden muss. Feuchte Untergrundoberflächen stellen in der Regel kein Problem dar.

In den Sommermonaten beeinflussen starke Sonneneinstrahlung und in den Übergangsmonaten große Temperaturschwankungen die Verarbeitung der Frischbetonverbundbahnen. Gewisse Längenänderungen sind eine Nebenerscheinung der Werkstoffeigenschaften, welche für die gewünschte enorm hohe Flexibilität der Bahnen verantwortlich ist. Diese physikalisch bedingten Wellenbildungen sind somit unvermeidbar, stellen aber grundsätzlich keinen Mangel dar und beeinflussen das System in seiner

Gesamtwirkung nicht. Um diese Wellenbildung auf ein möglichst geringes Maß zu reduzieren, sollten die Bewehrungsarbeiten relativ zeitnah auf der verlegten FBV-Fläche beginnen. Die Abstandhalter der Bewehrung spannen die Fläche ein, minimieren die Ausdehnung und sorgen für eine gleichmäßige Verteilung.

Da Frischbetonverbundsysteme für den erdangefüllten Bereich konzipiert sind, werden sie nur mit einem temporären UV-Schutz für den Zeitraum der Verarbeitung ausgestattet. Deshalb sind je nach System die maximal zulässigen Offenliegezeiten zu berücksichtigen. Können diese in Anschlussbereichen oder bei möglichen Baustellenunterbrechungen nicht eingehalten werden, sind diese Anschlussflächen beispielsweise mit Folienabdeckungen zu verwahren.

5.3 Ausbildung von Arbeitsfugen

Einer der neuralgischsten Punkte ist der Bereich der Arbeitsfugen. Bereits bei der Vorbereitung des Verlegeuntergrundes ist darauf zu achten, dass Anschlussbereiche ausreichend großflächig hergerichtet werden, um die Bahnen aus dem ersten Abschnitt entsprechend weit in den zweiten Abschnitt vorstrecken zu können. Damit später ein fachgerechter Anschluss möglich ist, sollte sich dieser Bereich mindestens 20 Zentimeter über die längste Anschlussbewehrung erstrecken.

Dass alle Arbeitsfugen grundsätzlich mit einem geeigneten Fugenabdichtungssystem mit Verwendbarkeitsnachweis ausgebildet werden müssen, sollte grundsätzlich klar sein. Besonderes Augenmerk im Zusammenhang mit FBV-Systemen gilt zudem der Vermeidung von Verschmutzungen durch Betonspritzer und Betonschlempe in Anschlussbereichen der weiterführenden Bauteile. Alle störenden Verschmutzungen müssen im frischen Zustand gereinigt und entfernt werden. Um Verunreinigungen zu unterbinden bzw. auf ein Mindestmaß zu reduzieren, empfehlen sich die in den nachfolgenden Kapiteln aufgeführten Maßnahmen.

5.3.1 Arbeitsfugen in Bodenplattenbereichen

Bei Taktfugen innerhalb der Bodenplatte ist ein Auslaufen der Betonmatrix zu vermeiden. Neben einer bedarfsgerechten Betonzusammensetzung und Betonieranweisung eignet sich dazu der Einsatz sogenannter »Spacer«. Denn diese Faserzementleisten sorgen für den Unterlaufschutz der untersten Bewehrungslage. Spacer verhindern wirksam das Unterlaufen der Arbeitsfugenabstellung und ermöglichen somit qualitativ hochwertige



Abb. 13 und 14: Faserzementleiste als Unterlaufschutz im Bereich der Arbeitsfugenabstellung

Fugenausbildungen. Weiterhin empfiehlt sich die Abdeckung des Anschlussbereiches mit einer Schutzfolie, damit Betonspritzer und Verunreinigungen aus den benachbarten Arbeitsbereichen aufgefangen werden können.

5.3.2 Arbeitsfugen im Übergang Bodenplatte zu Wand

Für die Ausbildung der Arbeitsfuge Bodenplatte zu Wand stehen generell zwei Varianten zur Verfügung:

1. Abstellen und Ausklinken des FBV-Systems, um beidseitig der Arbeitsfuge einen freien Betonrand auszubilden. Dieser wird später mit einer nachträglichen Fugenabdichtung versehen und auf der angrenzenden FBV-Fläche überlappend angeschlossen. Diese Ausführung ist in zweihäutig geschalteten Bauteilen mit und ohne Bodenplattenüberstand möglich und bietet den deutlichen Vorteil, dass Anschlussbereiche der FBV-Bahn während der Bauzeit nicht vorgestreckt werden, freiliegen und entsprechend verwahrt werden müssen.
2. Durchlegen der FBV-Bahn und Vorstrecken in den Wandbereich. Diese Ausführung ist in ein- und zweihäutig geschalteten Bauteilen (jedoch nur bei durchgehender Flucht, also ohne Bodenplattenüberstand) möglich. Nachteil hierbei ist im Umkehrschluss das Freiliegen der Anschlussbereiche mit der damit einhergehenden Verletzungs- und Verschmutzungsgefahr. Ferner müssen die Verlegeuntergründe ausreichend hoch vorbereitet und vorgehalten werden.



Abb. 15: Abklebung von Arbeitsfugen mit dem Tricoflex® Abklebesystem

5.4 Bewegungsfugen

In der Kombination mit FBV-Systemen müssen Bewegungsfugen mit außenliegenden Fugenbandsystemen abgedichtet werden. So wird die Dehnfugenabdichtung an die angrenzende FBV-Fläche angeschlossen. Dabei finden in der Regel thermoplastische Fugenbandsysteme gemäß DIN 18541 [15] und DIN 18197 [16] oder Systeme mit einem gültigen Verwendbarkeitsnachweis in Form eines abP Anwendung.

5.5 Bewehrung und Betonage

Nach Fertigstellung der Verlegearbeiten des FBV-Systems beginnen die Bewehrungsarbeiten für die Stahlbetonkonstruktion. Da diese Arbeiten direkt auf der Funktionsseite der FBV-Bahnen erfolgen, sollten hierbei folgende Punkte zur Vermeidung von Beschädigungen beachtet werden.

Zunächst sollte der Bewehrungsstahl nicht direkt auf der ungeschützten FBV-Fläche, sondern auf Lagerhölzer (einfache Kanthölzer) oder sonstige geeignete verfügbare Unterlagen abgelegt werden.

Bei Arbeiten mit großer Hitzeentwicklung oder starkem Funkenflug, beispielsweise bei Schweißarbeiten oder dem Einsatz von Trennschleifern, sollten insbesondere bei entsprechend geringem Abstand zur FBV-Fläche Schutzmaßnahmen durch Schutzbleche oder Schutztafeln getroffen werden. Bei aller Vorsicht können natürlich gerade bei den Bewehrungsarbeiten klei-



Abb. 16: Außenliegendes Dehnfugenband, Typ Tricoflex® DFT 330/3



Abb. 17: Lagerung von Bewehrungsstahl auf fertig verlegter Fläche

nerer Beschädigungen nicht vollständig ausgeschlossen werden. Diese können jedoch einfach umgehend mit einem geeigneten Zubehör wie zum Beispiel einem Innentape repariert werden.

Als Abstandshalter im Bodenplattenbereich dürfen keine Einzelabstandshalter eingesetzt werden, sondern ausschließlich lineare Abstandshalter aus Faserzement. Die Abstandshalter sind entsprechend der zulässigen Auflast so zu wählen, dass die Belastung schadfrei in den Untergrund abgeleitet wird. Um Kapillaren vorzubeugen, sollten die Abstandshalter immer auf die abgerundete spitze Seite gelegt und lageversetzt angeordnet werden. Auch abgerundete genoppte Faserzementschlaufen, wie sie im Sichtbetonbereich eingesetzt werden, begünstigen ein Unterlaufen mit Zementleim und vermeiden so wirkungsvoll Kapillaren.



Abb. 18: Lageversetzt angeordnete Abstandshalter aus Faserzement

Nach den Bewehrungsarbeiten erfolgt die Betonage nach den geltenden Regeln (DIN 1045 und WU-Richtlinie) sowie den ggf. zusätzlich planerisch festgelegten Vorgaben. Um einen ausreichend sicheren Verbund mit dem FBV-System und eine Funktionstauglichkeit des Hinterlaufschutzes zu gewährleisten, müssen die vom Hersteller vorgegebenen Konsistenzklassen eingehalten werden. Diese sind aus den Produktunterlagen und dem allgemein bauaufsichtlichen Prüfzeugnis zu entnehmen. Ein fachgerechter Einbau und ordnungsgemäße Verdichtung ist selbstverständlich vorauszusetzen. Im Zuge der Betonagearbeiten sollte bei allen Anschlussbereichen und benachbarten Flächen auf Sauberkeit und sorgsames handwerkliches Vorgehen geachtet werden. Durch den Einsatz von Schutzfolien kön-



Abb. 19 und 20: Die eingesetzte Schutzfolie zeigt ihre Wirkung.

nen zum Beispiel Anschlussflächen vor Betonspritzern und Verschmutzungen wirkungsvoll geschützt werden. Eventuelle Verschmutzungen der Anschlussflächen des FBV-Systems müssen umgehend im noch frischen Zustand gereinigt werden.

Die Ausschulfristen sind systemabhängig, sollten jedoch grundsätzlich unter Einhaltung der Ausschulfristen gemäß DIN 1045 Teil 3 [17], beziehungsweise nach den Empfehlungen des DBV-Merkblatts »Betonschalungen und Ausschulfristen« [18] erfolgen.

5.6 Abschließende Arbeiten, Dämmung und Anfüllschutz

Vor der Verfüllung des Arbeitsraumes müssen zuerst alle abschließenden Arbeiten erfolgen, zum Beispiel das Verschließen

und Abkleben der Spannstellen oder ggf. das Abkleben der Arbeitsfugen. Weiterhin sind die Flächen mit einem geeigneten Anfüllschutz zu versehen. Dafür eignen sich Schutzbahnen, Geotextilien oder auch Dämmstoffe. Ein Großteil der heutigen Bauwerke wird ohnehin aufgrund hochwertiger Nutzung mit einer Wärmedämmung aus druckstabilen Perimeterdämmstoffen ausgestattet. Im drückenden Grundwasser müssen diese vollflächig mit dem Bauwerk verklebt werden. Dies erfolgt im Regelfall mit zweikomponentigen lösemittelfreien Bitumendickbeschichtungen (PMBC) als Klebstoff. Grundvoraussetzung sind natürlich die Kompatibilität und Beständigkeit der Werkstoffe untereinander, die im Vorfeld durch Anwender und Hersteller überprüft und bewertet werden müssen.

6 Sauberkeit

Das Thema Sauberkeit ist zur Gewährleistung der Funktionstauglichkeit einer Konstruktion mit Frischbetonverbundsystem elementar. Dabei ist es entscheidend, die Funktionsseite des FBV-Systems vor störender Verschmutzung zu schützen, damit ein wirksamer Verbund und Hinterlaufschutz hergestellt werden kann. Untersuchungen zur Praxistauglichkeit verschiedener Verschmutzungen haben ergeben, dass FBV-Systeme grundsätzlich mit entsprechender Reinigung ihre Funktionstauglichkeit sicherstellen [19]. Erstes Ziel sollte aber stets die Vermeidung, beziehungsweise Minimierung einwirkender Verschmutzungen sein. In der Praxis haben sie dafür einige Möglichkeiten bestens bewährt, die bei Bedarf angewendet werden können:

- Herstellen einer Kies- oder Sauberkeitsschicht aus Magerbeton im Arbeitsraumbereich außerhalb der Bodenplatten Grundfläche. Damit werden saubere Arbeitswege geschaffen, die den Schmutzeintrag in die Fläche reduzieren.
- Klar definierte Laufwege und Zugangspunkte zur Baugrube und auf die Bodenplattengrundfläche schaffen. Durch Treppentürme, Abtreppungen mit Magerbeton, Stege aus Holzbohlen oder Gitterroste können Schmutzeinträge auch bei bindigen Böden wirksam reduziert werden. Diese Maßnahmen sind sehr effizient und nicht besonders aufwendig.

Rein optische Verschmutzungen wie beispielsweise Staub- und Schuhabdrücke oder Verfärbungen durch Rost sind nicht relevant. Solange die Funktionsschicht des FBV-Systems frei für die Aufnahme und den Verbund mit dem Frischbeton ist, haben diese Verschmutzungen keine negativen Auswirkungen. Beeinträchtigend sind alle Verschmutzungen, die eine Trennwirkung zur Funktionsschicht verursachen, zum Beispiel bindige Böden, Laub, Zementschlempe, Sägespäne oder Ähnliches. Diese Verschmutzungen sind unbedingt vor der Betonage zu entfernen. Alle aushärtenden Substanzen müssen selbstverständlich unmittelbar im noch frischen Zustand mit einem möglichst druckarmen Wasserstrahl gereinigt werden.

7 Qualifikation des Baustellenpersonals

Wie so oft gilt: »Das schwächste Glied der Kette bestimmt seine Belastbarkeit«. Im vorliegenden Fall könnte man auch sagen: »Die durchdachtesten Konstruktionen und qualitativ hochwertigsten Produkte können ihre Leistungsfähigkeit nur ausspielen, wenn sie auf der Baustelle auch fachlich richtig angewendet werden«. Gewährleisten kann das aber nur ein qualifiziertes Baustellenpersonal. Deshalb sollten alle verarbeitenden Monteure einen Zertifizierungslehrgang des Herstellers besucht haben.

Letzterer muss die fachlichen Fähigkeiten in Theorie und Praxis vermitteln und das Rüstzeug für eine fachgerechte Ausführung liefern. Um auf dem aktuellen Stand zu bleiben, sollten solche Lehrgänge nicht länger als zwei Jahre zurückliegen. Gemäß den allgemein bauaufsichtlichen Prüfzeugnissen (abPs) darf die Ausführung ohnehin nur durch geschulte und zertifizierte Verarbeiter erfolgen. Diese Vorgabe hat sich in der Praxis bestens bewährt und es empfiehlt sich, dies ausdrücklich in der Ausschreibung zu fordern. Nur so stellt der Auftraggeber sicher, dass er ein erfahrenes Unternehmen beauftragt, welches sich mit den Besonderheiten der eingesetzten Materialien und deren Verarbeitung auskennt.

Doch nicht nur das klassische Verlegepersonal hat Einfluss, denn für eine erfolgreiche Ausführung sind alle betroffenen Gewerke und Beteiligten zu koordinieren. So muss selbstverständlich das Vorgänger- wie auch das Nachfolgewerk wissen, was bei der Ausführung einer solch komplexen Bauweise zu beachten ist. Aus diesem Grund empfiehlt sich vor Beginn der Maßnahme ein Koordinierungs- und Informationstermin durch den Planer und die Fachbauleitung mit dem verantwortlichen Baustellenpersonal. Gleichzeitig ist mit der Bauüberwachung ein Qualitätssicherungsplan per Checkliste [6] und Dokumentation festzulegen. So kann sichergestellt werden, dass zum Beispiel auch Nachfolgewerke die hier ausgeführten Themen beachten können, da zum Zeitpunkt ihrer Arbeiten das Verlegepersonal häufig nicht mehr auf der Baustelle anwesend ist.

8 Qualitätssicherung

Qualitätssicherung sollte in mehreren Stufen vor und nach den zentralen Arbeitsschritten erfolgen:

1. Kontrolle vor der Verlegung,
2. Kontrolle nach der Verlegung,
3. Kontrolle nach Verlegung der Bewehrung und vor der Betonage,
4. Abschließende Kontrolle nach dem Ausschalen vor der Verfüllung des Arbeitsraumes.

Zur Qualitätskontrolle bei der Ausführung eines FBV-Systems empfiehlt sich eine Checkliste [6] in individuell angepasster Form als verlässliche Unterstützung der Qualitätssicherung.

9 Zusammenfassung

Frischbetonverbundsysteme werden nach inzwischen zehnjähriger bewährter Praxis in Deutschland immer häufiger eingesetzt. Sie bieten interessante und erfolgreiche Lösungen bei der Planung von hochwertig genutzten WU-Konstruktionen. Erhöhte Sicherheiten durch einen druckwasserdichten Hinterlaufschutz in Kombination mit einer funktionierenden Rissüberbrückung sind die Hauptvorteile des FBV-Systems. Wirkungsweise, Planung und Ausführung dieser innovativen Technologie sind in diesem Artikel beschrieben. Sie dokumentieren deren Verlässlichkeit bei fachgerechter Planung und Ausführung.

Literatur

- [1, 8] DAfStb-Richtlinie (2003) Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton (WU-Richtlinie), Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Beuth-Verlag, Berlin
- [2] Erläuterungen zur DAfStb-Richtlinie Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton (2006) Heft 555 der Schriftenreihe des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton, Beuth-Verlag, Berlin
- [3, 10] DBV-Merkblatt (2009) Hochwertige Nutzung von Untergeschossen – Bauphysik und Raumklima, Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein, Berlin
- [4] Freimann, T., Heinlein, U. (2017): Planung und Anwendung der Frischbetonverbundsysteme bei wasserundurchlässigen Baukonstruktionen aus Beton, Beton-Kalender 2018, Ernst W. + Sohn Verlag, Berlin
- [5] Haack, A., Kessler, D. (2013): Abdichtung bei unterirdischen Bauwerken. Beton-Kalender 2014 (Seite 525-583), Ernst W. + Sohn Verlag, Berlin
- [6] Bloch, M. Zitzelsberger, T. (2018): WU-Konstruktionen mit Frischbetonverbundsystemen. Bauphysik-Kalender, Ernst W. + Sohn Verlag, Berlin
- [7] DIN 18533 (2017) Teil 1 bis 3 Abdichtung von erdberührten Bauteilen, Ausgabe 07.2017
- [9, 12] Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton – Empfehlungen für die Zusammenarbeit von Bauherr, Planer, Fachplaner und Ausführenden, Beton- und Stahlbetonbau Spezial 113 (Februar 2018), Supplement 1
- [11] Handbuch Frischbetonverbund Technologie – SikaProof Gesamtsystem, Sika Deutschland GmbH, 2017
- [14] Freimann, T., Hohmann, R. (2016): Leitfaden Wasserundurchlässige Bauwerke, Eigenverlag Fakultät Bauingenieurwesen, TH Nürnberg, 2. Ausgabe 02.2016
- [15] DIN 18541 (2014) Teil 1 und 2: Fugenbänder aus thermoplastischen Kunststoffen zur Abdichtung von Fugen in Beton, Ausgabe 11.2014
- [16] DIN 18197 (2011) Abdichtung von Fugen in Beton mit Fugenbändern, Ausgabe 04.2011
- [17] DIN 1045 (2012) Teil 3: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton, Teil 3: Bauausführung – Anwendungsregeln zu DIN EN 13670, Ausgabe 03.2012
- [18] DBV Merkblatt (2013) Betonschalungen und Ausschallfristen, Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein, Berlin
- [19] DBV-Heft 37 (2016) Frischbetonverbundfolie, Abschnitt: Freimann, T., Frischbetonverbundfolie – Technologie und eigene Untersuchungen, Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein, Berlin, Ausgabe 08.2016

Die Autoren

Dipl.-Ing. (FH) Marco Bloch

Sika Deutschland GmbH
Kornwestheimer Str. 103, 70439 Stuttgart
Tel. 01722136258

bloch.marco@de.sika.com



Studium des Bauingenieurwesens/Projektmanagement an der Fachhochschule Biberach an der Riß (2000-2004), Bauleiter im Bereich Tiefbau für die Ingenieurgesellschaft Assfalg-Gaspard & Partner (2004-2007), Fachbauleitung im Bereich Bauwerksabdichtung mit Schwerpunkt Fugenabdichtung von WU-Konstruktionen, Sanierungen sowie Frischbetonverbundkonstruktionen für die Tricosal Bauwerksabdichtungs GmbH (2007-2010), seit 2010 Produktionstechniker im Bereich Bauwerksabdichtung mit Schwerpunkt der Fugenabdichtung und Frischbetonverbundkonstruktion für die Sika Deutschland GmbH, Mitglied des DBV-Arbeitskreises Frischbetonverbundtechnologie, Mitglied des DUD Industrieverband der Produzenten von Kunststoff-, Dach- und Dichtungsbahnen DUD e.V., Mitglied im Normenausschuss DIN 18533 (Deutsches Institut für Normung), Gastreferent bei verschiedensten Fachtagungen sowie an der bayerischen Bauakademie in Feuchtwangen, weitere Qualifikationen: Sachkundiger für Bauschäden und Baufehler (TÜV Süd), Sicherheits- und Gesundheitsschutzkoordinator (Bauakademie Biberach an der Riß), Handwerksgehilfe des Estrich und Bodenlegerhandwerks (Handwerkskammer Sachsen)

Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtschaftsing. (FH) Thomas Zitzelsberger

Sika Deutschland GmbH
Tel. 01735767773

zitzelsberger.thomas@de.sika.com



Studium des Bauingenieurwesens an der Bergischen Universität Wuppertal und Wirtschaftsingenieurwesen an der Hochschule Niederrhein, 1995, Tätigkeit als Produktmanager für Sonderbaustoffe bei der Readymix Baustoffgruppe, 2001, Leitung der Technik und des Vertriebs der Stratec Strahl- und Fasertechnik GmbH, 2006, Tätigkeit als Gebietsleiter der Betontechnik GmbH und Mapei Deutschland GmbH. Seit 2011 tätig für die Sika Deutschland GmbH mit der Aufgabe Marktaufbau Frischbetonverbundsysteme und Bauberatung für Bauwerksabdichtung, Mitglied des VDB und des DBV-Arbeitskreises Frischbetonverbundtechnologie.

Rainer Hohmann

Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton

Fugenabdichtungssysteme für WU-Bauwerke

Abdichtungssysteme – Wirkungsprinzip – Einsatzbereiche
Anwendungsbedingungen – Verwendbarkeitsnachweise –
Chancen und Risiken

1 Einleitung

Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton finden sich in vielen Bereichen des Ingenieurbaus, des Hoch- und Industriebaus und des Wasser- und Tiefbaus. Ein typisches Beispiel zeigt Abb. 1. Bewegungs- und Arbeitsfugen sowie Sollrissquerschnitte müssen fachgerecht abgedichtet werden. Dies gilt sowohl für die Ortbetonbauweise als auch für das Bauen mit Elementwänden und Betonfertigteilen.

- Welche Fugenabdichtungssysteme gibt es zur Abdichtung der unterschiedlichen Fugenarten in Abhängigkeit der Bauart?
- Welche Nachweise sind bei Verwendung der Systeme erforderlich?
- Wo liegen die Risiken und Chancen bei der Verwendung der unterschiedlichen Systeme?
- Was ist bei der Planung und Ausführung der verschiedenen Fugenabdichtungssysteme zu beachten?

Der Beitrag gibt einen Überblick über Fugenabdichtungssysteme für WU-Konstruktionen, zeigt Problempunkte auf und gibt Antworten auf die obigen Fragen.



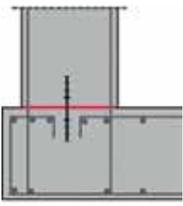
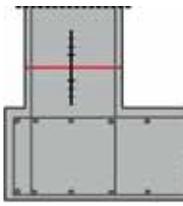
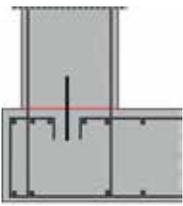
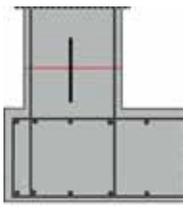
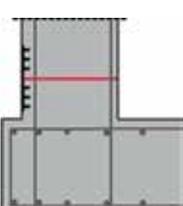
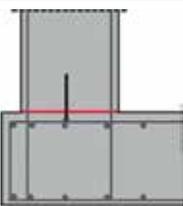
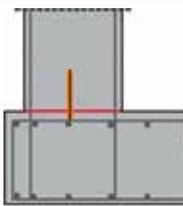
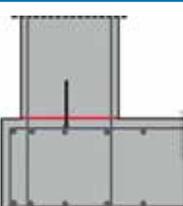
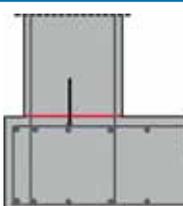
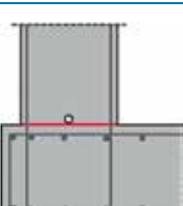
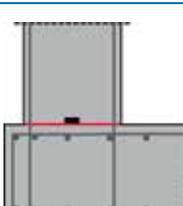
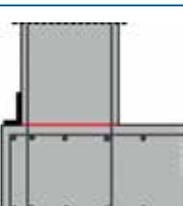
Abb. 1: Wasserundurchlässiges Bauwerk aus Beton

2 Abdichtungssysteme für Fugen in WU-Bauwerken im Überblick

Für die Abdichtung der Dehn- und Arbeitsfugen sowie Sollrissquerschnitte in wasserundurchlässigen Bauwerken aus Beton stehen verschiedene Systeme zur Auswahl. Neben den klassischen Fugenabdichtungssystemen, wie Fugenbändern und unbeschichteten Fugenblechen, werden heute oftmals Systeme eingesetzt, die Vorteile beim Einbau bieten und damit zu einer Zeit- und Kostenersparnis führen. Beispiele hierfür sind beschichtete Fugenbleche, Kombi-Arbeitsfugenbänder, Arbeitsfugenbänder Duo-Fix 150 Plus und AF 15 M, quellfähige Fugeneinlagen, verpresste Injektionsschlauchsysteme und vollflächig aufgeklebte streifenförmige Fugenabdichtungsbänder. Dabei handelt es sich um Fugenabdichtungen, für die es technische Baubestimmungen **oder** allgemein anerkannte Regeln der Technik nicht gibt **oder** die wesentlich von den bekanntgegebenen technischen Baubestimmungen abweichen. Für diese Fugenabdichtungssysteme ist als Verwendbarkeitsnachweis ein allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis (abP) erforderlich. Aus diesem geht hervor, für welche Fugen- und Beanspruchungsart, welchen Wasserdruck und ggf. welche Verformung das Fugenabdichtungssystem eingesetzt werden kann. Hierin sind auch Hinweise zur Eignung für Wasserwechselbeanspruchung und zur Handhabung (Temperatur- und Feuchtebedingungen, Untergrundvorbehandlung, Einbaubedingungen, etc.) zu finden. Zu einem abP gehört auch die Verarbeitungsvorschrift des Herstellers. Ein abP darf nur von einer vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) benannten Prüfstelle ausgestellt werden.

In Tabelle 1 sind verschiedene Fugenabdichtungssysteme und ihre Anwendungsbereiche angegeben. Gleichzeitig ist in der Tabelle auch aufgeführt, für welches der Systeme ein allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis als Verwendbarkeitsnachweis erforderlich ist und in welchen Regelwerken Anforderungen an die Systeme formuliert sind. Informationen über derzeit gültige allgemeine bauaufsichtliche Prüfzeugnisse (abPs) mit Angabe der abP-Nr., der Produktbezeichnung, des Anwendungsbereichs, des Herstellers/Auftraggebers für das abP, der Laufzeit und der ausstellenden Prüfstelle sind unter www.abp-fugenabdichtungen.de nachzulesen.

Tabelle 2: Beispiele für Fugenabdichtungssysteme für Arbeitsfugen 1)

Fugenabdichtungssystem	Besonderheiten		Bauweise		
			Orbeton	Elementwände	Betonfertigteile
innenliegendes Arbeitsfugenband			Bewehrungsanpassung (Bewehrungsunterbrechung oder Abbiegen der oberen Bewehrungslage) oder Betonaufkantung erforderlich; die Betonaufkantung muss mit der Bodenplatte geschalt und in einem Arbeitsgang betoniert werden.		
unbeschichtetes Fugenblech			Bewehrungsanpassung (Bewehrungsunterbrechung oder Abbiegen der oberen Bewehrungslage) oder Betonaufkantung erforderlich; eine Betonaufkantung muss mit der Bodenplatte geschalt und in einem Arbeitsgang betoniert werden.		
außenliegendes Arbeitsfugenband			Betonaufkantung erforderlich, nachträglich aufgesetzte Betonaufkantungen sind nach WU-Richtlinie [5] nicht zulässig; die Betonaufkantung muss mit der Bodenplatte geschalt und in einem Arbeitsgang betoniert werden.		
Kombi-Arbeitsfugenband bzw. beschichtete Fugenbleche			Keine Betonaufkantung oder Bewehrungsanpassung erforderlich; das Fugenabdichtungssystem steht auf der oberen Bewehrung der Bodenplatte und bindet 3 – 5 cm in die Bodenplatte ein		
Arbeitsfugenband Duo-Fix 150 Plus und AF 15 M			Keine Betonaufkantung oder Bewehrungsanpassung erforderlich; das Fugenabdichtungssystem steht auf der oberen Bewehrung der Bodenplatte und bindet 3,5 – 5 cm in die Bodenplatte ein		
Verpresste Injektionsschlauchsysteme bzw. dichtende Fugeneinlage			Keine Betonaufkantung oder Bewehrungsanpassung erforderlich; das Fugenabdichtungssystem wird nach Fertigstellung des Bauwerks außenseitig aufgebracht.		
Abklebesysteme			Keine Betonaufkantung oder Bewehrungsanpassung erforderlich; das Fugenabdichtungssystem wird nach Fertigstellung des Bauwerks außenseitig aufgebracht.		

1) Beispiel: Arbeitsfuge zwischen Bodenplatte und Wand 2) Nur ohne Betonaufkantung 3) nur nicht quellfähige Fugeneinlagen

Bei der Wahl der Fugenabdichtungssysteme sollte jedem Planer und Anwender bewusst sein, dass den Abdichtungssystemen durch ein abP keine Gleichwertigkeit bescheinigt wird, sondern bauordnungsrechtlich gesehen lediglich der Nachweis, dass es prinzipiell verwendet werden darf. Die Fugenabdichtungssysteme unterscheiden sich z.T. deutlich in der Wirkungsweise und Wirksamkeit, dem Anwendungsbereich, den Anwendungs- und Verarbeitungsvoraussetzungen, den erforderlichen bauwerkspezifischen Randbedingungen, den Witterungsbedingungen beim Einbau, der Dauerhaftigkeit und der Langzeiterfahrung, der Fehlerempfindlichkeit beim Umgang und der Anforderung an Qualifikation der Ausführenden. So steigt z.B. bei innenliegenden Fugenabdichtungssystemen wie Fugenbändern, beschichteten Fugenblechen u.a. das Risiko einer Wasserrückführung infolge von Einbaufehlern und -ungenauigkeiten mit abnehmender Profilhöhe.

2.1 Fugenabdichtung für Arbeitsfugen

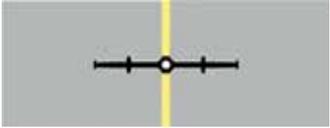
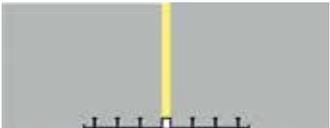
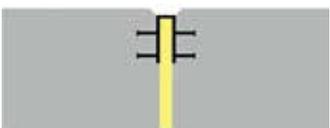
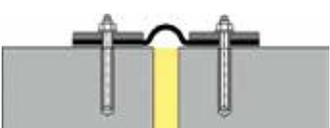
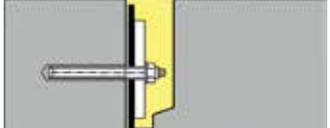
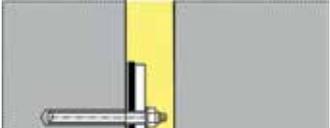
Für die Abdichtung der Arbeitsfugen stehen unterschiedliche Fugenabdichtungssysteme zur Auswahl, u. a. werden

- Arbeitsfugenbändern
- unbeschichteten Fugenblechen
- beschichtete Fugenblechen
- Kombi-Arbeitsfugenbänder KAB
- Arbeitsfugenbänder Duo-Fix 150 Plus und AF 15 M
- verpresste Injektionsschlauchsysteme
- quellfähige Fugeneinlagen
- Adhäsions- oder Abklebedichtungen (vollflächig aufgeklebte streifenförmige Fugenabdichtungsbänder)

eingesetzt. Für diese Systeme gibt es, anders als bei Fugenbändern, bislang weder Produkt- noch Ausführungsnormen. Thermoplastische Fugenbänder sind in DIN 18541 [8], Elastomerfugenbänder in DIN 7865 [9] geregelt. Bei Fugenbändern, die wesentlich von den genannten DIN-Normen abweichen, ist ein allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis als Verwendbarkeitsnachweis erforderlich. Die Anwendung von Fugenbändern nach DIN 7865 [9] und DIN 18541 [8] ist in DIN 18197 [7], die von unbeschichteten Fugenblechen in der WU-Richtlinie [4] geregelt.

In Tabelle 2 sind Beispiele für die Abdichtung von Arbeitsfugen gegeben. Weiterführende Hinweise zu den einzelnen Systemen sind u. a. in [11, 12] zu finden.

Tabelle 3: Beispiele für Fugenabdichtungssysteme für Bewegungsfugen

Fugenabdichtungssystem			Bauweise		
			Ortbeton	Elementwände	Betonfertigteile
geregelt	innenliegendes Dehnfugenband		x	x	
	außenliegendes Dehnfugenband		x		
	Fugenabschlussband		x		
nicht geregelt	vollflächig aufgeklebtes, streifenförmiges Fugenabdichtungsband		x ¹⁾	x ¹⁾	x ¹⁾
			x	(x)	x
	Klemmfugenband		x		
			x		

¹⁾ systemabhängig

2.2 Fugenabdichtung für Dehn- und Bewegungsfugen

Zur Abdichtung von Bewegungs- oder Dehnfugen sind Abdichtungselemente erforderlich, die die Fugenbewegung schadlos aufnehmen und gleichzeitig die Fuge abdichten können. Dabei handelt es sich im Regelfall um innen- oder außenliegende Dehnfugenbänder aus Elastomer nach DIN 7865 [9] oder Thermoplast nach DIN 18541 [8]. In Sonderfällen werden auch Fugenabschlussbänder, Klemmkonstruktionen oder vollflächig aufgeklebte streifenförmige Fugenabdichtungsbänder (Abklebesysteme) eingebaut. Bei Anschlüssen von WU-Neubauten an bestehende WU-Bauwerke, bei der Sanierung und Abdichtung undichter Dehn- und Bewegungsfugen oder wenn auswechselbare Fugenbänder gefordert sind, kommen Klemmfugenbänder mit einseitigem oder beidseitigem Klemmschenkel zum Einsatz. Einen Überblick über die verschiedenen Fugenabdichtungssysteme für Dehn- und Bewegungsfugen gibt Tabelle 3. Die Auswahl der Dehnfugenabdichtung hat abgestimmt auf die Verformungen und den maßgeblichen Wasserdruck zu erfolgen. Weiterführende Hinweise zu den Systemen finden sich u. a. in [11].

2.3 Fugenabdichtung für Sollrissquerschnitte

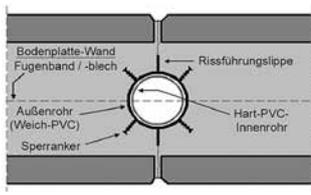
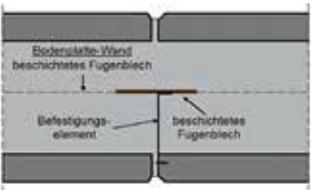
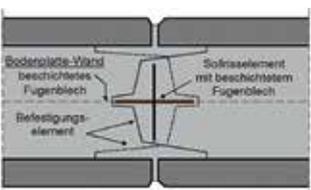
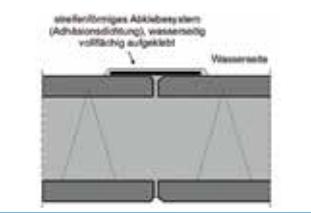
Sollrissquerschnitte erfordern eine ausreichende Schwächung des Betonquerschnitts und der durch den Sollrissquerschnitt geführten Bewehrung. Als Fugenabdichtungssysteme für Sollrissquerschnitte kommen z. B. Dichtrohre, Sollrissfugenschienen und bei Elementwandstößen auch vollflächig aufgeklebte streifenförmige Fugenabdichtungsbänder (Adhäsions- oder Abklebesysteme) in Frage, siehe Tabelle 4. In den genannten Fällen wird der Bauteilquerschnitt zum einen geschwächt und der provozierte Riss zum anderen gleichzeitig gegen einen Wasserdurchtritt abgedichtet.

3 Fugenabdichtungssysteme im Detail

3.1 Fugenbänder

Fugenbänder werden zur Abdichtung von Bewegungs- und Arbeitsfugen in wasserundurchlässigen Bauwerken aus Beton eingesetzt, wobei zwischen innen- und außenliegenden Fugenbändern sowie Fu-

Tabelle 4: Beispiele für Fugenabdichtungssysteme für Sollrissquerschnitte

Fugenabdichtungssystem		Bauweise		
		Ortbeton	Elementwände	Betonfertigteile
nicht geregelte Fugenabdichtungssysteme	Dichtrohr		x	x
	Sollrissfugenschiene		x	x
				
vollflächig aufgeklebtes, streifenförmiges Fugenabdichtungsband (Adhäsions- oder Abklebesystem)		x ¹⁾	x ¹⁾	
1) systemabhängig				

genabschlussbändern unterschieden wird, siehe auch Tabelle 2 und 3. Fugenbänder gibt es aus unterschiedlichen Werkstoffen. Bei den Fugenbändern wird zwischen Elastomerfugenbändern nach DIN 7865 [9] und thermoplastischen Fugenbändern nach DIN 18541 [8] unterschieden. Beide unterscheiden sich sowohl in ihrem physikalischen Leistungsvermögen als auch grundlegend in der Fügetechnik. Thermoplastische Fugenbänder werden durch Schweißen miteinander verbunden, Elastomerfugenbänder durch Vulkanisation.

Maßgeblich für die Auswahl von Fugenbändern ist DIN 18197 [7]. Je nach Werkstoff sind in DIN 18197 [7] für die unterschiedlichen Fugenbandtypen Auswahl-diagramme angegeben, aus denen sich die erforderlichen Dehnfugenbänder ablesen lassen. Für die Auswahl des Fugenbandes müssen dem Planer folgende Parameter bekannt sein:

- Fugenbandwerkstoff (Elastomer nach

DIN 7865/Thermoplast nach DIN 18541)

- Fugenbandtyp (innen- oder außenliegendes Fugenband, Fugenabschlussband)

- Bemessungswasserdruck W_s
- resultierende Verformung v_r .

Die resultierende Verformung v_r ergibt sich als vektorielle Addition der maximal zu erwartenden Verformungen in x-, y- und z-Richtung. An dem in Abb. 2 gezeigten Beispiel wird die Vorgehensweise bei der Fugenbandauswahl nach DIN 18197 [7] gezeigt. Bei innenliegenden Fugenbändern darf deren Breite im Regelfall maximal der Bauteildicke entsprechen.

Die (Scher-)Verformungen in y- und z-Richtung v_y und v_z sind bei den Auswahl-diagrammen auf den Betrag der jeweiligen Nennfugenweite w_{nom} zu begrenzen, d. h., beispielsweise bei einer Fuge mit einer Fugenbreite von 20 mm auf 20 mm und bei einer Fuge mit einer Fugenbreite von 30 mm auf 30 mm. Weitere Beispiele sind u. a. in [7, 11] zu finden.

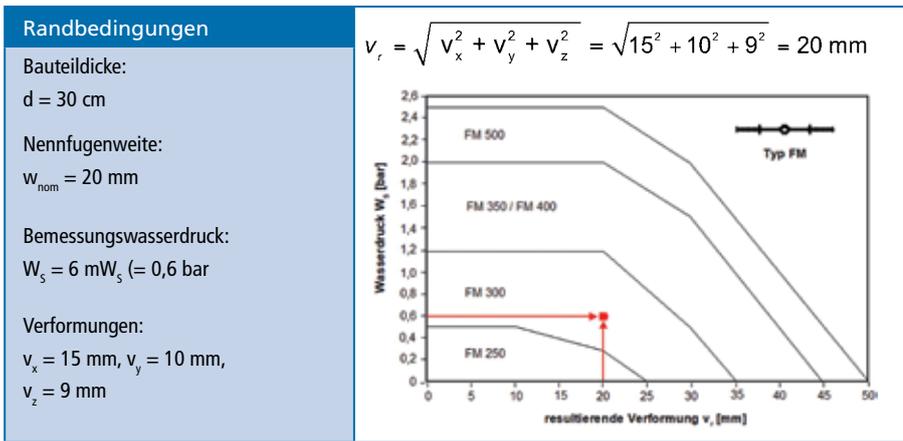


Abb. 2: Fugenbandauswahl eines innenliegenden Dehnfugenbandes aus Elastomer (Typ FM)

Fugenbänder müssen symmetrisch zur Fugenachse mit ausreichendem Abstand zur Bewehrung eingebaut werden. Hierzu ist eine Betonaufkantung oder eine Bewehrungsanpassung erforderlich. Fugenbänder sind so zu befestigen, dass sie ihre Lage beim Betonieren verändern können.

Damit der Beton fachgerecht eingebracht und das Fugenband satt umschlossen und hohlraumfrei eingebettet werden kann, muss zwischen dem Fugenband und der Bewehrung ein lichter Abstand von mindestens 20 mm eingehalten werden. Darüber hinaus sollte der lichte Abstand

zwischen der Anschlussbewehrung und einem innenliegenden Fugenband mindestens 5 cm betragen.

Bei Richtungsänderungen senkrecht zur Längsachse des Fugenbandes, z. B. im Sohle-Wand-Bereich können Fugenbänder im Radius verlegt werden. Dabei sind die in Tabelle 5 angegebenen Mindestbiegeradien einzuhalten. Können diese Biegeradien (siehe Abb. 3 a) nicht eingehalten werden, ist eine werksgefertigte Ecke vorzusehen, siehe Abb. 3 b.



Tabelle 5: Mindestbiegeradien für die verschiedenen Fugenbandtypen (nach [7])

Fugenbandtyp	Mindestbiegeradius r
 Arbeitsfugenbänder (Typ A, F, FS)	15 cm
 Dehnfugenbänder (Typ D, FM, FMS)	25 cm
 Dehnfugenbänder (Typ FMS)	
 Dehnfugenbänder (Typ FMS...HS)	35 cm
 Arbeitsfugenbänder (Typ AA, A)	50 x Sperrankerhöhe
 Dehnfugenbänder (Typ DA, AM)	
 Fugenabschlussbänder (Typ FA, FAE)	30 x Profilhöhe (Biegung um die x-Achse)
	30 x Profilbreite (Biegung um die y-Achse)

Abb. 3: Falsche und richtige Eckausführung bei außenliegenden Fugenbändern; a) Verwerfungen der Sperranker bei Verlegung mit zu kleinem Radius, b) im Herstellerwerk gefertigte Ecke

Fugenbänder müssen beim Einbetonieren frei von Verschmutzungen und Eisbildung sein, da damit die Gefahr von späteren Umläufigkeiten verbunden wäre. Um dies zu vermeiden, sind Fugenbänder vor dem Betonieren des nächsten Betonierabschnittes von Verschmutzungen und Eis zu befreien. Hierbei sollte nochmals kontrolliert werden, ob die Fugenbänder beschädigt wurden. Beschädigte Fugenbänder müssen fachgerecht repariert oder ausgetauscht werden.



Abb. 5: Unbeschichtetes Fugenblech in der Arbeitsfuge zwischen Bodenplatte und Wand mit einer Betonaufkantung

Abb. 6: Fachgerechter geschweißter Stoß (oben) bzw. nicht zulässiger Überlappungsstoß unbeschichteter Fugenbleche (unten)



Abb. 4: Fachgerechte (a) und nicht fachgerechte (b) Verwahrung des Fugenbandes bis zum Betonieren des nächsten Betonierabschnittes

biegen der oberen Bewehrungslage (bei dicken Bauteilen) oder eine Betonaufkantung erforderlich. Letztere muss in einem Arbeitsgang mit der Bodenplatte betoniert werden. Die erforderlichen Abmessungen unbeschichteter Fugenbleche sind in Tabelle 6 angegeben.

Tabelle 6: Abmessungen unbeschichteter Fugenbleche (nach [4])

Beanspruchungsklasse		Bemessungswasserdruck	Abmessungen	
			Breite	Dicke
1	ständig und zeitweise drückendes Wasser	≤ 3 m WS	≥ 250 mm ³⁾	≥ 1,5 mm ³⁾
		≤ 10 m WS	≥ 300 mm ³⁾	
		> 10 m WS	^{2), 3)}	
2	Bodenfeuchte und an der Wand ablaufendes Wasser	–	≥ 250 mm ³⁾	

- 1) Nach [2] dürfen unbeschichtete Fugenbleche bei Beanspruchungsklasse 1, Nutzungsklasse A, aufgrund eines möglichen temporären Wasserdurchtritts nur in Arbeitsfugen mit geringen Verformungen eingesetzt werden.
- 2) Breite des unbeschichteten Fugenbleches entsprechend vergrößern
- 3) Entsprechend der ZTV-ING [1] müssen unbeschichtete Fugenbleche 2 mm dick und mindestens 300 mm breit sein.

Weiterführende Hinweise zum fachgerechten Umgang zu Fugenbändern sind u. a. in [7, 11] zu finden.

3.2 Unbeschichtete Fugenbleche

Zur Abdichtung von Arbeitsfugen werden auch 1,5 – 2 mm dicke unbeschichtete Fugenbleche eingesetzt (Abb. 5). Diese dichten nach dem Einbettungsprinzip ab, das auf der satten Einbettung der Fugenbleche im Beton und auf einer Haftung am Beton beruht. Die Fugenbleche müssen jeweils hälftig in die beiden Betonierabschnitte einbinden. Hierzu ist entweder eine Bewehrungsunterbrechung, das Ab-

Stöße sind durch Schweißen, Kleben oder Klemmen herzustellen. Überlappungsstöße sind nach WU-Richtlinie [4] nicht zulässig. Abb. 6 oben zeigt einen fachgerechten geschweißten Stoß unbeschichteter Fugenbleche, während der in Abb. 6 unten gezeigte Überlappungsstoß nach WU-Richtlinie [4] nicht zulässig ist.

3.3 Beschichtete Fugenbleche

Bei den beschichteten Fugenblechen kann nach dem Wirkprinzip zwischen Fugenblechen mit einer

- Polymerbitumen-Beschichtung
 - mineralischen Beschichtung
 - quellfähigen Beschichtung
 - Beschichtung mit Verbundfolie
- unterschieden werden. Beschichtete Fugenbleche gibt es in unterschiedlichen Ausführungen und Größen, ein- und beidseitig, voll- und teilflächig beschichtet. Beschichtete Fugenbleche sind deutlich klei-

ner als unbeschichtete Fugenbleche. Die fehlende Systemhöhe soll durch die Beschichtung kompensiert werden. Beschichtete Fugenbleche werden auf der oberen Bewehrungslage aufgestellt und mit Haltebügeln in der richtigen Lage fixiert. Dadurch ist weder eine Betonaufkantung noch eine Bewehrungsanpassung erforderlich. Ein Eindrücken beschichteter Fugenbleche in den frischen Beton ist nicht zulässig. Das Beispiel eines mit Polymerbitumen beschichteten Fugenbleches zeigt Abb. 7.

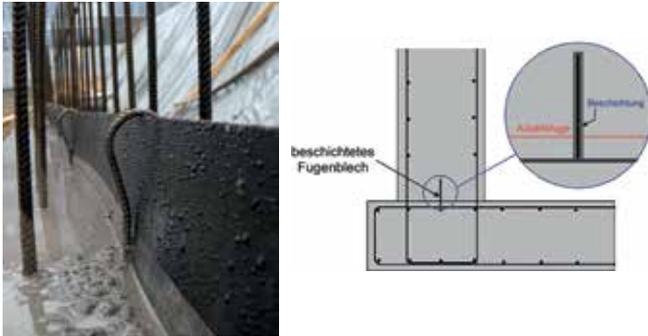


Abb. 7: Beschichtetes Fugenblech in der Arbeitsfuge zwischen Bodenplatte und Wand

Beim Sohle-Wand-Anschluss beträgt die Einbindetiefe in der Bodenplatte je nach Betondeckung und ab P 3,0 bis 5,0 cm. Aufgrund der geringen Einbindetiefe muss jedoch sichergestellt sein, dass der Beton im Einbindebereich selbst in der Lage ist, auf dem dabei gegebenen kurzen Weg den Wasserdurchtritt zu verhindern.

Im Stoßbereich werden beschichtete Fugenbleche mit einer etwa 10 cm breiten Überlappung zusammengedrückt. Stöße sind mit speziellen Stoßklammern zu sichern. Der Anschluss an Dehnfugenbänder kann durch Klemmung erfolgen.

Eine Verschmutzung der Beschichtung durch Zementschlemme kann zu einer Verbundstörung und damit verbunden zu einer Wasserumlaufigkeit führen. Zum Schutz vor Verschmutzung durch Zementschlämme sind mit Polymerbitumen beschichtete Fugenbleche mit einer zweiteiligen Schutzfolie versehen, die erst kurzzeitig vor dem Betonieren der Bodenplatte bzw. dem Schalen der Wand abgezogen wird.

Der zulässige maximale Wasserdruck ist dem entsprechenden allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnis zu entnehmen. Nach [6] müssen beschichtete Fugenbleche bei hochwertig genutzten WU-Bauwerken mindestens eine Profilhöhe von 15 cm aufweisen.

3.4 Kombi-Arbeitsfugenbänder

Neben Arbeitsfugenbändern, unbeschichteten und beschichteten Fugenblechen können zur Abdichtung von Arbeitsfugen zwischen Bodenplatte und Wand u. a. auch Kombi-Arbeitsfugenbänder KAB eingesetzt werden. Ein entsprechendes Beispiel zeigt Abb. 8. Bei Kombi-Arbeitsfugenbändern handelt es sich um thermoplastische Fugenbänder mit einer integrierten quellfähigen Fugeneinlage zur Abdichtung von Arbeitsfugen, die keine Betonaufkantung oder Bewehrungsanpassung erfordern. Sie werden vor dem Betonieren der Bodenplatte auf die oberste Bewehrungslage aufgestellt und mit Haltebügeln fixiert. Die Einbindetiefe in die neue Bodenplatte entspricht der Betondeckung. Nach dem Betonieren der Bodenplatte sollte das KAB mindestens 30 mm (besser 40 mm) in den Beton der Bodenplatte einbinden. Ein Eindrücken des Kombi-Arbeitsfugenbandes KAB in den frischen Beton ist nicht zulässig. Stöße werden bei Kombi-Arbeitsfugenbändern durch Verschweißen, Kleben mit

einem systemspezifischen Kleber oder mittels Klemmschienen mit quellfähiger Zwischenlage ausgebildet.

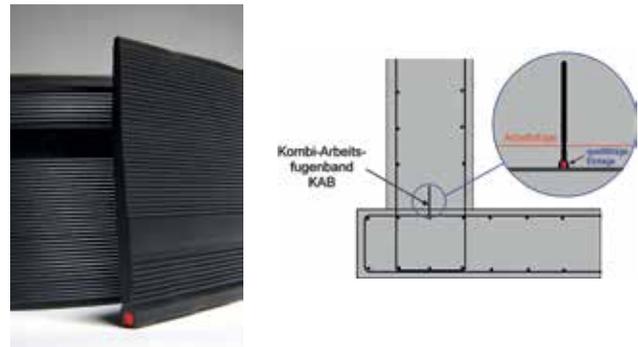


Abb. 8: Kombi-Arbeitsfugenband in der Arbeitsfuge zwischen Bodenplatte und Wand

Das Kombi-Arbeitsfugenband KAB gibt es mit Profilhöhen von 125 und 150 mm. Zur Verbesserung der Stabilität und Eigensteifigkeit wurden neben den konventionellen Kombi-Arbeitsfugenbändern KAB 150 und KAB 125 die Kombi-Arbeitsfugenbänder KAB 150 F bzw. KAB 125 F entwickelt. Die Kombi-Arbeitsfugenbänder KAB 150 F bzw. KAB 125 F sind mit innenliegenden Federstahlstäben ausgestattet, aber ansonsten von der Profilstalt identisch mit den Kombi-Arbeitsfugenbändern KAB 150 und KAB 125.

Wie beschichtete Fugenbleche müssen auch Kombi-Arbeitsfugenbänder KAB bei hochwertig genutzten WU-Bauwerken entsprechend dem DBV-Merkblatt »Hochwertige Nutzung von Räumen in Untergeschossen – Bauphysik und Raumklima« [6] eine Profilhöhe von mindestens 15 cm aufweisen. Der zulässige Wasserdruck ist dem entsprechenden allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnis zu entnehmen.

3.5 Arbeitsfugenband Duo-Fix 150 Plus und AF 15 M

Bei dem Arbeitsfugenband Duo-Fix 150 Plus handelt es sich um ein 150 mm hohes thermoplastisches, im Inneren durch ein Metallgitter stabilisiertes Fugenband, das auf der oberen Bewehrungslage aufgestellt und mit entsprechenden Befestigungsbügeln in der richtigen Lage fixiert wird. In Abb. 9 ist ein entsprechendes Beispiel dargestellt. Das Arbeitsfugenband AF 15 M ist vom Profil ähnlich dem Arbeitsfugenband Duo-Fix 150 Plus, aber mit im Profil eingebetteten Federstahlstreifen stabilisiert. Eine Betonaufkantung oder Bewehrungsanpassung ist bei beiden Abdichtungssystemen nicht erforderlich.

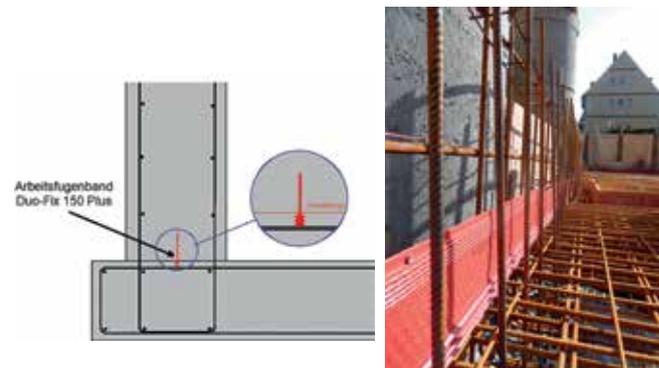


Abb. 9: Arbeitsfugenband Duo-Fix 150 Plus

Das Arbeitsfugenband Duo-Fix 150 Plus sowie das AF 15 M dichten nach dem Labyrinthprinzip ab, d. h. durch Verlängerung des Wasserumlaufweges. Am unteren Profilteil, der mindestens 35 – 40 mm in die Bodenplatte einbinden muss, ist das Profil mit einer Rippenstruktur ausgebildet, die bei fachgerechtem Einbinden in den Beton zu der gewünschten Dichtwirkung führt. Der zulässige maximale Wasserdruck ist dem allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnis (abP) zu entnehmen.

Stöße werden beim Arbeitsfugenband Duo-Fix 150 Plus im Regelfall durch Überlappung der Stoßenden mit einer bituminösen Zwischenlage und durch Sichern des Stoßes mit einem Befestigungsbügel hergestellt, beim AF 15 M durch Verschweißen. Vor dem Aufbringen der bituminösen Zwischenlage ist die Riffelstruktur am Fußpunkt des Arbeitsfugenbandes Duo-Fix 150 Plus an den beiden zu fügenden Enden auf einer Breite von ca. 5 cm im Klebepbereich einseitig abzuschälen. Anschlüsse an thermoplastische Dehnfugenbänder werden im Regelfall durch Schweißen hergestellt.

3.6 Verpresste Injektionsschlauchsysteme

Die Wirkung der verpressten Injektionsschlauchsysteme beruht auf dem vollständigen Füllen der Hohlräume und Arbeitsfugen mit einem dauerhaft dichtenden Füllstoff. Im Gegensatz zum Fugenband und Arbeitsfugenblech müssen Injektionsschlauchsysteme nicht in den vorhergehenden Betonierabschnitt einbinden. Damit ergeben sich Vorteile hinsichtlich Flexibilität, Einbau und Verlauf des Fugenabdichtungssystems. Es ist weder eine Anpassung der Bewehrungsführung noch eine Betonaufkantung erforderlich. Abb. 10 zeigt ein typisches Beispiel. Ein Überblick über verschiedene Injektionsschlauchsysteme wird u. a. in [11] gegeben.

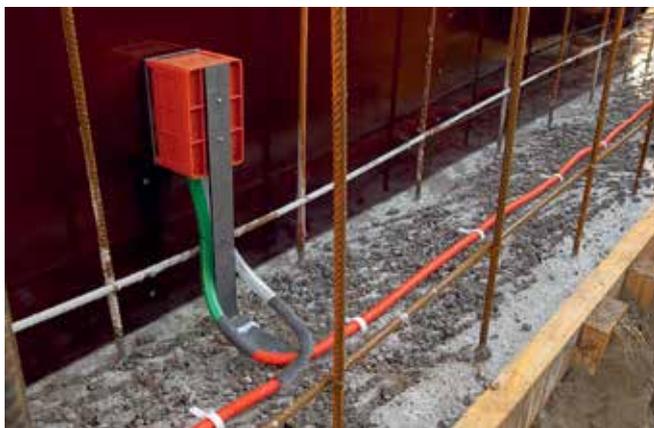


Abb. 10: Injektionsschlauchsystem in einer Arbeitsfuge

Prinzipiell sind verpresste Injektionsschlauchsysteme bei fachgerechtem Einbau geeignet Arbeitsfugen abzudichten. Im Kommentar zur WU-Richtlinie [2] wird jedoch empfohlen, Injektionsschlauchsysteme nur als zusätzliches Fugenabdichtungssystem (Sekundärabdichtung) in Kombination mit anderen Fugenabdichtungen, wie z.B. Fugenbändern oder Fugenblechen einzusetzen. In diesem Fall sollte das Injektionsschlauchsystem auf der wasserabgewandten Seite des Fugenbandes oder Fugenblechen eingebaut werden.

Auch Injektionsschlauchsysteme müssen geplant werden. Dies gilt insbesondere für die Länge der einzelnen Injektionsschlauchabschnitte, die Länge der Verpressenden (Injektionsanschlüsse), die Einbaulage des Injektionsschlauchsystems, die Ausbildung von Stößen und Kreuzungen, die Schlauchführung

im Anschluss an Dehnfugenbändern und in Kehlen und an Kanten, sowie die Lage von Verwahrdosen bzw. Nagelpackern.

Injektionsschlauchsysteme müssen ein geschlossenes Abdichtungssystem ergeben, d. h. angrenzende Injektionsschläuche müssen sich überlappen. Im Übergangsbereich von zwei Injektionsschläuchen sollten sich die beiden Injektionsschläuche um mindestens 10 cm im Abstand von 5 cm überlappen. Damit die Arbeitsfuge über einen Verpressung des Injektionsschlauchsystems abgedichtet werden kann, muss der Injektionsschlauch kontinuierlich in der Arbeitsfuge aufliegen und gegen Aufschwimmen gesichert sein. Nach [5] sollte der Befestigungsabstand 15 cm nicht übersteigen. Dies gilt auch für die Fälle, in denen Injektionsschlauchsysteme als zusätzliche Abdichtungsmaßnahme an Fugenbändern befestigt sind. Beim Einbau von Injektionsschlauchsystemen sind die in Abb. 11 angegebenen Abstände einzuhalten. Die Verpressung erfolgt über Verpressenden, die z. B. in einbetonierte Verwahrdosen eingeführt sind. Weitere Hinweise zur Planung und zum Umgang von / mit Injektionsschlauchsystemen sind u.a. in [5, 11] zu finden.

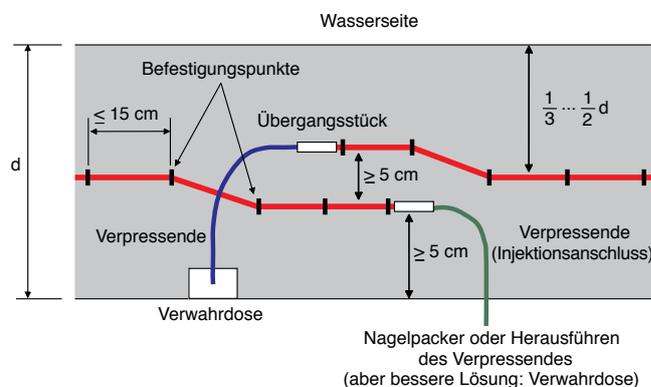


Abb. 11: Mindestabstände beim Einbau von Injektionsschlauchsystemen

Bei der Wahl des Füllstoffes muss darauf geachtet werden, dass dieser die Fuge dauerhaft abdichten kann. Die WU-Richtlinie [4] schränkt die Verwendung auf solche Füllstoffe ein, welche die Anforderungen nach der DAfStb-Richtlinie »Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen« [3] erfüllen. Die ZTV-Ing Teil 3 Massivbau Abschnitt 5 [1] sowie die DAfStb-Richtlinie »Schutz und Instandsetzen von Betonbauteilen« [3] nennen als Füllstoffe u. a. Polyurethanharz, Zementleim und Zementsuspension.

Da es sich bei verpressten Injektionsschlauchsystemen um nicht geregelte Bauprodukte handelt, muss deren Verwendbarkeit durch ein allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis nachgewiesen werden. Für verpresste Injektionsschlauchsysteme bedeutet dies gleichzeitig aber auch, dass eine Verwendbarkeit des Systems bauordnungsrechtlich nur dann in Ordnung ist, wenn der im abP aufgeführte und geprüfte Füllstoff für die Injektion verwendet wird. Letzteres ist vielerorts nicht bekannt, wird oftmals übersehen oder wissentlich nicht beachtet.

3.7 Abdichtende Fugeneinlagen

3.7.1 Quellfähige Fugeneinlagen

Quellfähige Fugeneinlagen bestehen aus Materialien, die bei Wasserzutritt quellen und über das Anpress- oder Quellprinzip die Arbeitsfuge abdichten sollen. Hierbei sind deutliche Qualitätsunterschiede zwischen den verschiedenen Materialien zu sehen. Als quellfähige Fugeneinlagen kommen u. a. folgende Materialien zur Anwendung:

- Bentonitquellbänder
- Quellprodukte auf Kautschukbasis (Chloropren CR, Styrol-Butadien SBR, Ethyl-Proylen-Dien EPDM)
- Extrudierte Kunststoffe mit eingelagerten, wasserquellfähigen Polymeren
- Quellprodukte aus Acrylatpolymeren

Quellfähige Fugeneinlagen werden systemabhängig in der Arbeitsfuge aufgeklebt, punktuell befestigt oder mit einem Befestigungsgitter fixiert, siehe Abb. 12.

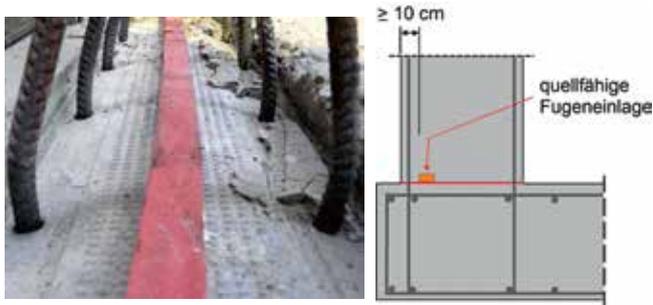


Abb. 12: Quellfähige Fugeneinlage in der Arbeitsfuge

Ihr Quellverhalten hängt in hohem Maße vom Material ab. Quellfähige Fugeneinlagen nehmen Wasser unter Volumenvergrößerung in ihre Struktur auf. Durch die Volumenvergrößerung presst sich die Fugeneinlage gegen die sie umgebenden Betonflanken und dichtet über den Anpressdruck die Arbeitsfuge gegen Wasserdurchtritt ab. Der entstehende Anpressdruck muss dabei größer sein als der hydrostatische Wasserdruck. Um Abplatzungen infolge des hohen Quelldrucks zu vermeiden, sollte der Randabstand beim Einbau mindestens 10 cm betragen, siehe Abb. 12. Das Beispiel für Quelldruckmessungen und die Quelldruckentwicklung für eine quellfähige Fugeneinlage auf Acrylatbasis zeigt Abb. 13.

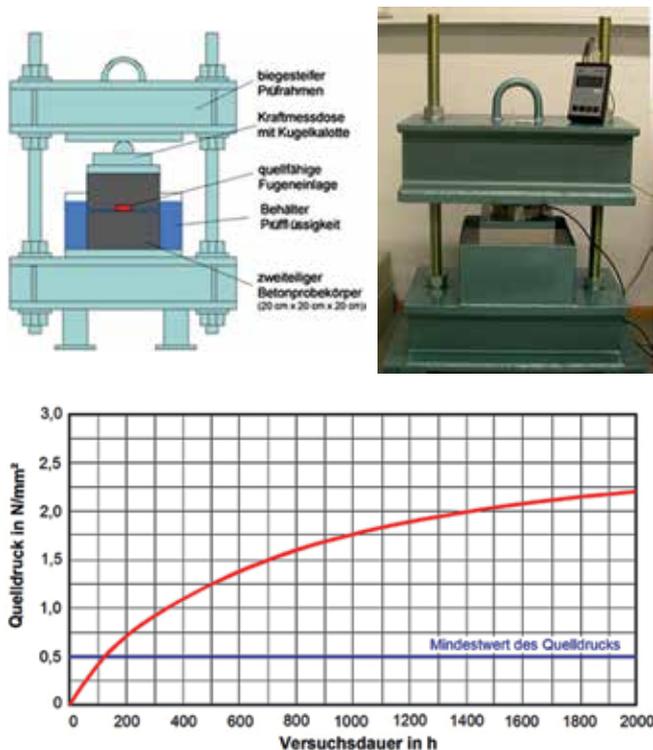


Abb. 13: Quelldruckmessung (a, b) und Quelldruckentwicklung (c) für eine quellfähige Fugeneinlage auf Acrylatbasis (Beispiel)

Damit sich der Anpressdruck aufbauen und die quellfähige Fugeneinlage ihre Dichtfunktion erfüllen kann, muss sie von Beton vollständig umschlossen sein. Ein Einsatz von quellfähigen Fugeneinlagen in Dehnfugen verbietet sich daher. Quellbänder sind auch nicht geeignet, Kiesnester oder größere Fehlstellen im Beton abzudichten. Der zulässige maximale Wasserdruck ist jeweils dem entsprechenden allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnis (abP) zu entnehmen. Hierin ist auch angegeben, ob die quellfähige Fugeneinlage für den Einsatz in Wasserwechselzonen geeignet ist. Weitere Hinweise zur Planung und zum Umgang von/mit quellfähigen Fugeneinlagen sind u.a. in [5, 11] zu finden.

3.7.2 Nicht quellfähige Fugeneinlagen

Dabei handelt es sich um Fugeneinlagen aus nicht quellbarem Polymerbitumen, bei dem es während der Hydratation zu einer Verzahnung des Betons mit der Fugeneinlage kommt. Die Fugeneinlage wird in der Arbeitsfuge im Frischbeton verlegt oder auf dem erhärteten Beton der Arbeitsfuge fixiert. Gegenüber den quellfähigen Fugeneinlagen kann es hierbei nicht zu Problemen durch vorzeitiges Quellen oder durch einen zu geringen oder zu hohen Quelldruck kommen. Da es sich um eine nicht geregelte Fugenabdichtung handelt, ist ein allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis als Verwendbarkeitsnachweis erforderlich. Aus diesem ist auch der zulässige maximale Wasserdruck zu entnehmen.

3.8 Adhäsions- oder Abklebedichtungen

Bei Adhäsions- oder Abklebedichtungen handelt es sich um streifenförmige Fugenabdichtungsbander, die mit systemspezifischen Klebern vollflächig auf den Beton aufgeklebt werden. Dabei ist prinzipiell zu unterscheiden zwischen

- Systemen mit einer starren Verklebung, z. B. durch einen Epoxidharzkleber
- Systemen mit einer flexiblen Verklebung, z. B. durch einen Kleber auf Basis von silanmodifizierten Polymeren (SMP-Kleber, MS-Kleber, Hybridkleber)
- Systemen, bei denen ein streifenförmiges, reaktionsharzgetränktes Polyestervlies (Flüssigkunststoffabdichtung) aufgebracht wird

Einsatzbereich für derartige Abklebesysteme ist u. a. die Abdichtung von Stoßfugen bei Elementwänden oder Betonfertigteilen von außen oder die Sanierung von undichten Arbeitsfugen und objektbezogen ggf. die von Dehnfugen bei WU-Konstruktionen, siehe auch Tabelle 1. Ein entsprechendes Beispiel für ein System mit einer starren Epoxidharzverklebung zeigt Abb. 14.



Abb. 14: Abdichtung der Arbeitsfuge mit einem vollflächig, mit einem starren Epoxidharzkleber aufgeklebten streifenförmigen Fugenabdichtungsband

Eine Abdichtung von Fugen mit streifenförmigen vollflächig aufgeklebten Fugenabdichtungsbandern auf der Außenseite des Bauwerks ist nur dann möglich, wenn die Außenoberfläche des Bauwerks umlaufend zugänglich und ein ausreichend breiter Arbeitsraum vorhanden ist. Zwischen einem innenliegenden

Fugenabdichtungssystem und einer Abdichtung mit streifenförmigen vollflächig aufgeklebten Fugenabdichtungsbändern auf der Bauteiloberfläche, ist keine geschlossene Verbindung herzustellen. Daher ist eine Kombination der beiden Systeme als geschlossenes Fugenabdichtungssystem nicht möglich.

Bei streifenförmigen Abklebesystemen werden besondere Anforderungen an den Klebeuntergrund gestellt. Dieser muss eine ausreichende Festigkeit besitzen, trocken sowie frei von Rissen und Beschädigungen sein. Grate, Zementschlämme und lose Bestandteile müssen entfernt werden. Systemabhängig sind ggf. auch mattfeuchte Untergründe zulässig. Für die Klebefläche ist in der Regel eine beidseitige Überdeckungsbreite der Fuge von mindestens 15 cm erforderlich.

Die im abP und in den zugehörigen Verarbeitungsanleitungen angegebenen Feuchte- und Temperaturverhältnisse sowie die Aushärtungszeit des Klebers sind zu beachten. Gleiches gilt für die zulässigen Randbedingungen, wie z. B. der maximale Wasserdruck, die zulässige Verformung und der Anwendungsbereich. Auch diese sind im entsprechenden allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnis angegeben.

3.9 Dichtrohre

Dichtrohre werden zur Abdichtung von Sollrissquerschnitten in Wänden eingesetzt. Der Aufbau eines Dichtrohres ist in Abb. 15 dargestellt. Die Abdichtung erfolgt durch die profilierten Sperranker, d. h., durch Vergrößerung des Wasserumlaufweges. Voraussetzung für die gewünschte Dichtwirkung ist die vollständige Einbindung der Sperranker in den Beton. Sie sind nicht für einen Einbau in horizontalen Bauteilen, z. B. Bodenplatten, geeignet.

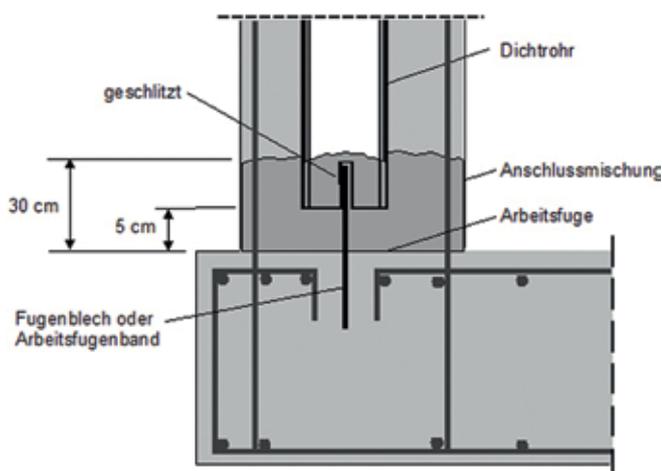


Abb. 15: Dichtrohr zur Abdichtung von Sollrissquerschnitten in Wänden (links) und Ausbildung des Fußpunktes beim Einbau von Dichtrohren (oben)

Der Fußpunkt ist bei dem System »Dichtrohr« der kritische Punkt. Damit das untere Ende des Dichtrohres vollständig einbetoniert werden kann und sich, wie in Abb. 15 rechts dargestellt, ein »Betonpfropfen« ausbilden kann, ist darauf zu achten, dass der Abstand

zwischen der Arbeitsfuge und der Dichtrohrunterkante mindestens 5 cm beträgt. In der Praxis wird dieser Mindestabstand häufig nicht eingehalten. Beim Betonieren ist darauf zu achten, dass gerade dieser Fußpunkt sorgfältig verdichtet wird. Ansonsten sind Hohlstellen nicht auszuschließen mit der Konsequenz von Wasserumlaufigkeit.

Weitere Hinweise zum Umgang mit Dichtrohren sind u. a. in [11, 12] zu finden.

3.10 Sollrissfugenschienen

Bei Sollrissfugenschienen handelt es sich im Regelfall um Fugenabdichtungselemente, die zum einen die Konstruktion parallel zum gewünschten Riss schwächen, zum anderen den Riss gegen einem Wasserdurchtritt abdichten. In Tabelle 4 sind verschiedene Systeme dargestellt. Bei der in Abb. 16 dargestellten Sollrissfugenschiene erfolgt die Abdichtung des Sollrissquerschnitts durch ein beschichtetes Fugenblech. Der zulässige maximale Wasserdruck ist jeweils dem entsprechenden abP zu entnehmen.



Abb. 16: Beispiel einer Sollrissfugenschiene

4 Fazit

Zur Abdichtung der unterschiedlichen Fugen in WU-Bauwerken stehen unterschiedliche Fugenabdichtungssysteme zur Verfügung. Neben den klassischen, geregelten Fugenbändern und unbeschichteten Fugenblechen, die eine Bewehrungsunterbrechung oder eine Betonaufkantung erfordern, wurden in den letzten 20 Jahren alternative Fugenabdichtungssysteme entwickelt, die objekt- und bauweisenbezogen Vorteile bieten, z. B. durch einen einfacheren und flexibleren Einbau und die somit zeit- und kostensparend sind. Dabei handelt es sich um nicht geregelte Systeme, für die es bislang und auch in absehbare Zeit keine Stoff- oder Anwendungsnormen gibt bzw. geben wird. Beispiele hierfür sind verpresste Injektionsschlauchsysteme, Kombi-Arbeitsfugenbänder, beschichtete Fugenbleche, abdichtende Fugeneinlagen und vollflächig aufzuklebende streifenförmige Fugenabdichtungsbänder.

Nicht jedes System ist jedoch für jeden Anwendungsfall geeignet. Letztlich muss sich der Planer/Anwender die Frage stellen, ob das System unter den objektspezifischen Randbedingungen geeignet ist, den geschuldeten Erfolg, die dichte Fuge, sicher herzustellen. Hierzu ist es für ihn wichtig, die Angaben im abP auch zu lesen. Voraussetzung für den Dichterfolg ist darüber hinaus u. a. der lagerichtige und -stabile Einbau des Fugen-

Bücher zum Thema



Fugenabdichtung bei wasserundurchlässigen Bauwerken aus Beton

Rainer Hohmann
2., überarb. und erw. Aufl. 2009, 442 Seiten,
zahlr., meist farb. Abb., Tab., Gebunden
ISBN 978-3-8167-7113-5 | € 69,-

Das Werk gibt einen umfassenden Überblick über die unterschiedlichen Abdichtungssysteme von WU-Bauwerken, erläutert ihre Funktionsweisen und Einsatzbereiche, Stärken und Schwächen und beschreibt ihre baupraktische Verarbeitung und Handhabung. Neben Empfehlungen zur richtigen Planung, Bemessung und Ausführung zeigt es auch typische Fehler und ihre Ursachen auf und gibt Hinweise zu deren Vermeidung.



Englische Ausgabe

Joint Sealing in Water-Resistant Concrete Structures

Rainer Hohmann
2011, 390 pages, num. figs. and tab.,
Hardcover, engl.
ISBN 978-3-8167-8019-9 | € 89,-

Bestellung:
Tel. 0711 970-2500 | Fax -2508
E-Mail: irb@irb.fraunhofer.de
www.baufachinformation.de

Fraunhofer IRB Verlag
Der Fachverlag zum Planen und Bauen

abdichtungssystem, die fachgerechte Ausführung von Stößen und Anschlüssen sowie das sorgfältige Einbringen und Verdichten des Betons.

5 Literatur

- [1] Bundesanstalt für Straßenwesen (Hrsg.): Zusätzliche technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten – ZTV-ING. Köln: Selbstverlag 2003
- [2] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (Hrsg.): Erläuterungen zur DAFStb-Richtlinie Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton (WU-Richtlinie), Ausgabe 2003. Heft 555, Beuth, Berlin, 2006
- [3] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (Hrsg.): Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen (Instandsetzungs-Richtlinie)
- [4] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (Hrsg.): Richtlinie Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton (WU-Richtlinie). 2017
- [5] Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein e.V. (Hrsg.): Injektions-schlauchsysteme und quellfähige Einlagen für Fugen. 01/2010
- [6] Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein e.V. (Hrsg.): Merkblatt »Hochwertige Nutzung von Räumen in Untergeschossen – Bauphysik und Raumklima«. 2009
- [7] DIN 18197, Ausgabe: 2018-01, Abdichten von Fugen in Beton mit Fugenbändern
- [8] DIN 18541, Ausgabe: 2014-11, Fugenbänder aus thermoplastischen Kunststoffen zur Abdichtung von Fugen in Beton, Teil 1: Begriffe, Formen, Maße, Teil 2: Anforderungen, Prüfung, Überwachung
- [9] DIN 7865, Ausgabe: 2015-02, Elastomer-Fugenbänder zur Abdichtung von Fugen in Beton, Teil 1: Form und Maße, Teil 2: Werkstoff - Anforderungen und Prüfung
- [10] Entwurf der Muster-Verwaltungsvorschrift technische Baubestimmungen (MVV TB), Stand: 31.05.2017
- [11] Hohmann, R.: Abdichtung bei wasserundurchlässigen Bauwerken aus Beton. 2., überarb. und erw. Auflage, Stuttgart, Fraunhofer IRB Verlag, 2009
- [12] Hohmann, R.: Elementwände im drückenden Grundwasser, Konstruktionsprinzip, Planung, Bauausführung, Schwachstellen, Fehlervermeidung, Instandsetzung. Fraunhofer IRB Verlag, 2016

Abbildungsnachweis

Abb. 6 oben: Prof. C. Flohrer, Schöneck; Abb. 10: Sika Deutschland GmbH, Stuttgart

Der Autor

Prof. Dr.-Ing. Rainer Hohmann

Fachhochschule Dortmund, Fachbereich Architektur
– Fachgebiet Bauphysik
Emil-Figge-Straße 40, 44227 Dortmund
rainer.hohmann@fh-dortmund.de



Prof. Dr.-Ing. Rainer Hohmann ist Professor für Bauphysik an der Fachhochschule Dortmund. Er ist Mitglied im Sachverständigenausschuss »Bauwerks- und Dachabdichtung« des Deutschen Instituts für Bautechnik, Obmann im Ausschuss der DIN 18197 »Abdichten von Fugen in Beton mit Fugenbändern« und der DIN 18541 »Fugenbänder aus thermoplastischen Kunststoffen zur Abdichtung von Fugen in Ortbeton« sowie Mitglied im DAFStb-Unterausschuss »Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton« und in den DBV-Arbeitskreisen »Hochwertige Nutzung von Räumen in Untergeschossen als Beton« und »Injektions-schlauchsysteme und quellfähige Einlagen für Fugen«; er ist Autor und Referent zahlreicher Fachpublikationen und -vorträge u.a. zum Thema »Fugenabdichtung und -sanierung«.

Planung und Ausführung von hochwertig genutzten Untergeschossen

Bei einer hochwertigen Nutzung von Untergeschossen (Räume in Betonbauwerken) sind besondere bauphysikalische Aspekte zu beachten, die über den reinen Stahlbetonbau hinausgehen. Im folgenden Beitrag werden zunächst die Grundlagen zur hochwertigen Nutzung von Untergeschossen diskutiert, anschließend die bauphysikalischen Grundlagen zur Feuchteabgabe in die Raumluft und zur Tauwasserbildung vorgestellt. Über die Anforderungen an Temperatur und Luftfeuchtigkeit, die sich aus der hochwertigen Nutzung ergeben, werden geeignete Baukonstruktionen zur Bekleidung von Bodenplatten und Wänden erläutert. Der Beitrag schließt mit Hinweisen zur Ausführung von hochwertig genutzten WU-Konstruktionen.

1 Grundlagen zur hochwertigen Nutzung von Untergeschossen

In der WU-Richtlinie des Deutschen Ausschuss für Stahlbeton [1] werden in Abhängigkeit von der Funktion und den Anforderungen des Nutzers an das Bauwerk für WU-Konstruktionen Nutzungsklassen vorgeschlagen. Unterschieden wird in Nutzungsklasse A, bei der ein Wasserdurchtritt durch den Beton, durch Fugen, Risse etc. nicht zulässig ist, und in Nutzungsklasse B, in der nur eine begrenzte Wasserundurchlässigkeit gefordert ist. Konsequenterweise sind nach [1] bei Nutzungsklasse A Feuchtstellen auf der Bauteiloberfläche als Folge eines Wasserdurchtritts durch planmäßige Maßnahmen auszuschließen. In Nutzungsklasse B sind Feuchtstellen in begrenztem Umfang, z.B. als feuchtebedingte Dunkelfärbungen, Wasserperlen, etc. zulässig.

In den Erläuterungen zur WU-Richtlinie, Heft 555 des DAfStb [2] sind Anwendungsbeispiele für die beiden Nutzungsklassen A und B enthalten: Während Nutzungsklasse B beispielsweise für Installations- und Versorgungsschächte oder Lagerräume mit geringen Anforderungen angewendet werden kann, ist nach [2] standardmäßig im Wohnungsbau bzw. bei Lagerräumen mit hochwertiger Nutzung die Nutzungsklasse A anzuwenden.

Die Grundvoraussetzung einer hochwertigen Nutzung von Untergeschossen, z.B. für den regelmäßigen Aufenthalt von Menschen ist somit, dass die Anforderungen aus [1] entsprechend Nutzungsklasse A erfüllt sind, durch die WU-Konstruktion also keine Feuchte durchtreten darf. Hierzu hat der Deutsche Ausschuss für Stahlbeton (DAfStb), basierend auf den Untersuchungen von Beddoe und Springenschmid [4] [5] im Jahr 2006 ein Positionspapier mit folgendem Fazit erstellt, vgl. dazu das Arbeitsmodell in Abb. 1:

»Die Anforderungen der WU-Richtlinie wurden so festgelegt, dass während der Nutzung lediglich die im Beton enthaltene Baufeuchte an den Innenraum abgegeben wird.« [6]

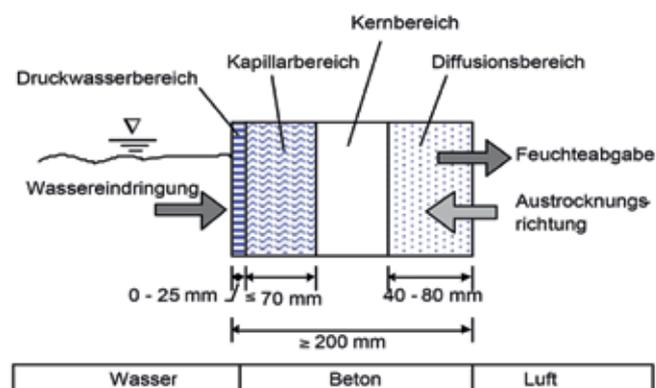


Abb. 1: Arbeitsmodell für Feuchtebedingungen in einem Betonquerschnitt [2]

Betrachtet werden muss nun noch ein evtl. Wasserdurchtritt durch Trennrisse oder Fugen. Ein Wasserdurchtritt durch Fugen kann wirksam durch ein geeignetes (sorgfältig geplantes) Fugenabdichtungssystem vermieden werden, vgl. dazu [7]. Hinsichtlich Trennrissen sind bei WU-Konstruktionen drei Entwurfsgrundsätze möglich [1]:

- Trennrisse vermeiden durch betontechnologische, konstruktive und ausführungstechnische Maßnahmen;
- Bauweise mit Rissen: Begrenzung der Rissbreite auf Werte, die Selbstheilung erwarten lassen;
- Bauweise mit Rissen: Begrenzung der Rissbreite, Risse planmäßig abdichten.

Bei Nutzungsklasse A ist nach [2] der Entwurfsgrundsatz (b), Rissbreiten begrenzen auf Werte, die Selbstheilung erwarten lassen, »wegen des dabei auftretenden temporären Wassereintritts und gegebenenfalls verbleibenden Durchfeuchtungen nicht oder nur in Sonderfällen (später Nutzungsbeginn und entsprechender Lüftungsaufwand) anwendbar.« [2]

Bei Untergeschossen der Bauart »Schwarze Wanne«, d. h. bei Stahlbetonkonstruktionen mit einer wasserseitigen Hautabdichtung ist ebenfalls – fachgerechte Planung und Ausführung vorausgesetzt – ein Feuchtedurchtritt nicht zu erwarten.

Soll das Untergeschoss jedoch hochwertig genutzt werden, beispielsweise für den regelmäßigen Aufenthalt von Menschen (Wohnraum, Büro), als Lagerraum für feuchteempfindliche Güter oder als Technikraum (Serverraum), bestehen über die Ver-

Tabelle 1: Differenzierung der Nutzungsklasse A abhängig von raumklimatischen Anforderungen [8]

	1	2	3	4	5
	Klasse	Raumnutzung	Raumklima	Beispiele (informativ)	Maßnahmen ²⁾
1	A***	anspruchsvoll	warm, sehr geringe Luftfeuchte, geringe Schwankungsbreite der Klimawerte	Archive, Bibliotheken, Technikräume mit feuchteempfindlichen Geräten (Labor, EDV usw.), Lager für stark feuchte- oder temperatur-empfindliche empfindliche Güter	Wärmedämmung EnEV, Heizung, Zwangslüftung, Klimaanlage (Luftentfeuchtung)
2	A**	normal	warm, geringe Luftfeuchte, mäßige Schwankungsbreite der Klimawerte	Räume für dauerhaften Aufenthalt von Menschen, wie Versammlungs-, Büro-, Wohn-, Aufenthalts- oder Umkleieräume, Verkaufsstätten; Lager für feuchteempfindliche Güter; Technikzentralen	Wärmedämmung EnEV, Heizung, Zwangslüftung, ggf. Klimaanlage
3	A*	einfach	warm bis kühl, natürliche Luftfeuchte, große Schwankungsbreite der Klimawerte	Räume für zeitweiligen Aufenthalt von wenigen Menschen; ausgebaute Kellerräume, wie Hobbyräume, Werkstätten, Waschküche im Einfamilienhaus, Wäschetrockenraum; Abstellräume	Wärmedämmung EnEV; ggf. ohne Heizung, natürliche Lüftung (Fenster, Lichtschächte, ggf. nutzerunabhängig)
4	A0 1)	untergeordnet	keine Anforderungen	einfache Technikräume (z. B. Hausanschlussraum)	–

1) entspricht der WU-Richtlinie [1], 5.3 (2), u. U. ist eine Einordnung in Nutzungsklasse B möglich
 2) Baukonstruktive Anforderungen an Zugänglichkeit der umschließenden Bauteile sind immer zu beachten.

hinderung des Feuchtedurchtritts hinausgehende Anforderungen, nämlich Bauteiloberflächen ohne Tauwasserbildung und/oder ein warmes und trockenes (»angenehmes«) Raumklima.

Die genauen Anforderungen an das Raumklima richten sich nach der vom Nutzer/Bauherrn vorgesehenen Art der hochwertigen Raumnutzung. Diese Anforderungen sind alleine mit einer Stahlbetonkonstruktion als »Weiße Wanne« oder mit einer Stahlbetonkonstruktion in Kombination mit einer Hautabdichtung (»Schwarze Wanne«) nicht erfüllbar. Es sind weitergehende bauphysikalische Maßnahmen (Wärmeschutz) sowie ggfs. auch raumklimatische Maßnahmen (Heizung, Lüftung, Klimatisierung) erforderlich, worauf bereits in [1] hingewiesen wird.

Einen Vorschlag für das Raumklima bei einfacher, normaler und anspruchsvoller Nutzung enthält Tabelle 1, die aus dem 2009 erschienenen DBV-Merkblatt »Hochwertige Nutzung von Untergeschossen« [8] entnommen wurde, vgl. auch [9]. In Tabelle 1 werden ergänzend zur Nutzungsklasse A nach [1] weitere Unterklassen A0 und A* bis A*** definiert, zu den Nutzungsklassen gehörende Beispiele und die dazu erforderlichen bauphysikalischen und raumklimatischen Maßnahmen genannt.

An dieser Stelle soll auf die Bedeutung einer gewissenhaften Bedarfsermittlung/Bedarfsfestlegung des Bauherrn als Grundlage der Planung und Ausführung hingewiesen werden [10] [11]. Der Bauherr muss so frühzeitig wie möglich die geplante Nutzung und den Nutzungsbeginn des Untergeschosses festlegen, damit der Planer daraus zum einen die Nutzungsklasse (entweder nach [1] oder bei einer hochwertigen Nutzung nach [8]) und zum anderen bereits zu einem sehr frühen Stadium sich daraus ergebende bauphysikalische und raumklimatische Maßnahmen (vgl. Tabelle 1) in die Planung einbeziehen kann.

Der Aufwand für die Ausführung und den Betrieb von Untergeschossen steigt, je hochwertiger die vorgesehene Nutzung ist. Nur wenn dieser Aufwand frühzeitig bekannt ist und auch Alternativen betrachtet und beurteilt werden, kann der Bauherr eine in seinem Sinne bestmögliche Entscheidung hinsichtlich seines Nutzungskonzepts und der Bauart des Untergeschosses treffen [12]. Problematisch ist die Situation dann, wenn die zukünftige Nutzung des Untergeschosses zum Zeitpunkt der Planung oder gar Bauausführung noch nicht bekannt ist, weil z. B. das zu errichtende Gebäude noch nicht vermietet ist. In diesem Fall muss so geplant werden, dass unter Betrachtung von Kosten-Nutzen-

Aspekten möglichst viele alternative Nutzungsmöglichkeiten offen bleiben. Gleiches gilt bei einer variablen Nutzung oder bei einer bereits zu einem frühen Zeitpunkt absehbaren späteren Umnutzung [12].

Eine nachträgliche Änderung des Nutzerbedarfs (beispielsweise von einer untergeordneten Nutzung der Nutzerklasse A0 zu einer anspruchsvollen Nutzung A***) erfordert im besten Fall aufwändige Umplanungsmaßnahmen, um die erforderlichen bauphysikalischen und raumklimatischen Maßnahmen noch realisieren zu können. Im ungünstigsten Fall lassen sich diese Maßnahmen nicht mehr oder nur bedingt noch realisieren, so dass die gewünschte Nutzung durch den Bauherrn dann nicht mehr oder nur mit Einschränkungen möglich ist.

2 Bauphysikalische Grundlagen bei Untergeschossen

Im Abschnitt 1 wurde bereits erläutert, dass bei WU-Konstruktionen nach [1], die den Vorgaben der Nutzungsklasse A genügen, bei fachgerechter Ausführung planmäßig kein Feuchtedurchtritt zu erwarten ist. Gleiches gilt – auch hier wieder bei vorausgesetzter fachgerechter Ausführung – für die Bauart der »Schwarzen Wanne«. Zum Umgang mit unplanmäßigen Feuchtedurchtritten (Undichtigkeiten), z. B. infolge unplanmäßiger Rissbildung bei WU-Konstruktionen, siehe Abschnitt 5. Unabhängig davon kann in Untergeschossen eine erhöhte Luftfeuchtigkeit auftreten. Die Gründe dafür werden in den folgenden Abschnitten diskutiert.

2.1 Feuchteabgabe an die Raumluft aus Austrocknung des Betons (»Baufeuchte«)

Beton enthält Wasser, das nur teilweise während der Hydratation, d. h. für die Entwicklung der Festigkeit, chemisch gebunden wird. Somit verbleibt in der Regel freies Wasser in den Poren des Betons, das erst nach und nach in Abhängigkeit von den Umgebungsbedingungen austrocknet (»Baufeuchte«). Hinzu kommt beispielsweise bei Bodenplatten sich ansammelndes Tagwasser (Niederschlagswasser), das gerade in Untergeschossen oftmals sehr lange auf der Betonoberfläche steht und somit in die Poren der luftseitigen Randzone des Betonbauteils eindringt.

Erst nachdem das in den Untergeschossen stehende Wasser entfernt wird, kann die Austrocknung der luftseitigen Randzone

Tabelle 2: Abschätzung der ausdiffundierenden Feuchtemengen durch die Ausstrahlung der luftseitigen Randzone von Betonbauteilen [8]

	1	2	3	4
	Alter des Betons [Tage d]	täglich austrocknende Feuchtigkeitsmenge [g / (m ² × d)] 1)	im Zeitraum	im Zeitraum austrocknende Feuchtigkeitsmenge [g / m ²]
1	8. bis 30.	16 bis 18	3 Wochen	≈ 400
2	31. bis 91.	8 bis 9	2 Monate	≈ 500
3	92. bis 183.	6 bis 7	3 Monate	≈ 550
4	184. bis 365.	4 bis 5	6 Monate	≈ 750
5	ab 365.	2	–	–

1) gilt für üblich zusammengesetzte Betone mit Wasserzementwerten zwischen 0,50 und 0,60 bei Zementgehalten zwischen 300 kg/m³ bis 360 kg/m³. Durchschnittswerte bei 20 °C Lufttemperatur und 65 % rel. Luftfeuchte

beginnen. Wegen der in Untergeschossen in der Regel fehlenden oder begrenzten Belüftungsmöglichkeiten (keine oder nur sehr kleine Fenster) und der dort oftmals vorherrschenden niedrigen Temperaturen trocknet die luftseitige Randzone des Betons jedoch nur sehr langsam aus.

Tabelle 2 enthält Schätzwerte für die Mengen des ausdiffundierenden freien Wassers (»Baufeuchte«) eines üblich zusammengesetzten Betons aus nicht abgedeckten Betonoberflächen. Wie aus Tabelle 2 entnommen werden kann, nimmt die ausdiffundierende Wassermenge mit zunehmendem Betonalter deutlich ab, der Beton trocknet ab: Sind es unmittelbar nach der Betonage (8. bis 30. Tag) täglich ca. 16 bis 18 g/m², sinkt dieser Wert nach einem halben Jahr auf 4 bis 5 g/m² je Tag ab. Nach einem Jahr Austrocknung sind nach Tabelle 2 nur noch ca. 2 g/m² je Tag zu erwarten, bis der Beton seine Ausgleichsfeuchte erreicht hat. Zu beachten ist, dass es sich bei den Werten in Tabelle 2 um Schätzwerte für einen durchschnittlichen Beton bei durchschnittlichen Umgebungsbedingungen von 20 °C Lufttemperatur bzw. einer relativen Luftfeuchte von 65 % handelt. Die tatsächlich aus dem Beton austrocknenden Feuchtigkeitsmengen können von diesen Schätzwerten abweichen. Entsprechend Tabelle 2 summiert sich die im ersten Jahr nach der Betonage ausdiffundierende Feuchtigkeit auf beachtliche 2,2 l/m². Bei einer üblichen Raumgröße mit den Abmessungen 4 m x 5 m mit zwei jeweils 2,50 m hohen Außenwänden und einer Bodenplatte sowie einer Deckenplatte aus Beton führt dies zu einer im ersten Jahr nach Betonage insgesamt aus der Betonrandzone in die Raumluft ausdiffundierenden Feuchtemenge von (20 m² + 20 m² + 2,50 x (4,0 + 5,0) m²) * 2,2 l/m² = ca. 140 l. Für das zweite Jahr nach der Betonage wird angenommen, dass die Bodenplatte diffusionshemmend bekleidet ist. Bei einer ausdiffundierenden Feuchtemenge von ca. 0,75 l/m² im zweiten Jahr (2 g/m²/Tag x 365 Tage/Jahr) reduziert sich die insgesamt ausdiffundierende Feuchtemenge im zweiten Jahr nach Betonage auf ca. 30 l.

Beide Werte gelten unabhängig von der Bauart des Untergeschosses sowohl für WU-Konstruktionen nach [1] als auch für »Schwarze Wannen« mit einer außenliegenden Hautabdichtung. Daraus ergibt sich, dass zum einen der Beginn einer hochwertigen Nutzung eines Untergeschosses möglichst spät erfolgen sollte (Bedarfsfestlegung durch den Bauherrn bzw. Nutzer, siehe Abschnitt 1) und zum anderen so früh wie möglich entsprechende Bedingungen im Untergeschoss geschaffen werden müssen, damit die Baufeuchte vor Nutzungsbeginn weitgehend abtrocknen kann.

2.2 Feuchteabgabe an die Raumluft aus Nutzung

Neben der Feuchteabgabe aus abtrocknender Baufeuchte wird auch aus der Nutzung des Untergeschosses Feuchte in die Raumluft abgegeben.

Tabelle 3: Feuchteabgaben in Räumen bei einer Innentemperatur von 20 °C [13]

	1	2	3
	Emittent	Quelle	Emission [g / h]
1	Mensch	leichte Aktivität	30 bis 60
2		mittelschwere Arbeit	120 bis 200
3		schwere Arbeit	200 bis 300
4	Bad	Wannenbad	≈ 700
5		Duschen	≈ 2600
6	Küche	Koch- und Arbeitsvorgänge	600 bis 1200
7	Wäsche-trocknen	4,5 kg geschleudert	50 bis 200
8		4,5 kg tropfnass	100 bis 500
9	Pflanzen	Blumen	5 bis 10
10		Wasserpflanzen	6 bis 8 (1 bis 5 [14])
11		Topfpflanzen	7 bis 15
12		mittelgroßer Gummibaum	10 bis 20
13	Wasser-oberflächen	frei: Teich, Springbrunnen	≈ 40 g / (m ² h)
14		abgedeckt: Aquarium	≈ 2 g / (m ² h) [14]

Schätzwerte der Feuchteabgabe infolge üblicher Nutzung von Untergeschossen können Tabelle 3 entnommen werden. Zu beachten ist, dass die Werte in Tabelle 3 in g/h angegeben sind, die Werte in Tabelle 2 jedoch in g/m² und Tag. Ein Vergleich der Werte aus Tabelle 2 und Tabelle 3 ist deshalb nicht direkt möglich. Wird das im Abschnitt 2.1 angeführte Beispiel eines üblichen Raumes mit 4 x 5 m Grundfläche fortgeführt und eine Nutzung als Büroraum durch zwei Personen mit »leichter Aktivität« (sitzende Tätigkeit) für ca. 9 h/Tag sowie eine Topfpflanze angenommen, ergibt sowie überschlägig folgende jährliche Feuchteabgabe aus Nutzung: (2 x 45 g/h x 9 h/d x 225 Arbeitstage + 10 g/h x 24 h/d x 365 d) = ca. 270 l. Die Feuchteabgabe aus der (hier unterstellten) Nutzung an die Raumluft liegt mit 270 l/Jahr also deutlich oberhalb der Feuchteabgabe durch Austrocknen des Betons von 30 l/Jahr (im zweiten Jahr nach Betonage).

2.3 Tauwasser

Die von der Luft maximal aufnehmbare Wasserdampfmenge nimmt mit ihrer Temperatur ab. Sinkt die Lufttemperatur unter die sogenannte Taupunkttemperatur, fällt Tauwasser an. Das heißt, Wasser schlägt sich in flüssiger Form an Oberflächen nieder, die eine Temperatur unterhalb der Taupunkttemperatur haben (z. B. im Bereich von Wärmebrücken). Bei einer Lufttemperatur von 22 °C und einer relativen Luftfeuchte von 65 % liegt die Taupunkttemperatur beispielsweise bei ca. 15 °C, vgl. Abb. 2.

Tauwasserprobleme sind bei üblicher Nutzung von Untergeschossen i. d. R. bei erdberührten Bauteilen nicht zu erwarten, da wegen der Bodentemperaturen ≥ 10 °C die Bauteiloberflächentemperaturen im Inneren, insbesondere bei geeigneter Wärmedämmung ausreichend hoch sind [8]. Zudem kann sich bei ständiger Beheizung und nur geringer Grundwasserströmung (»stationäre Bedingungen«) im umgebenden Erdkörper eine »Wärmeblase« ausbilden [16], wodurch ein zu starkes Auskühlen der raumschließenden Bauteile vermieden wird [8].

Entsteht durch die Nutzung des Untergeschosses warme Luft mit hoher relativer Feuchte (z. B. Duschbäder), kann jedoch bei

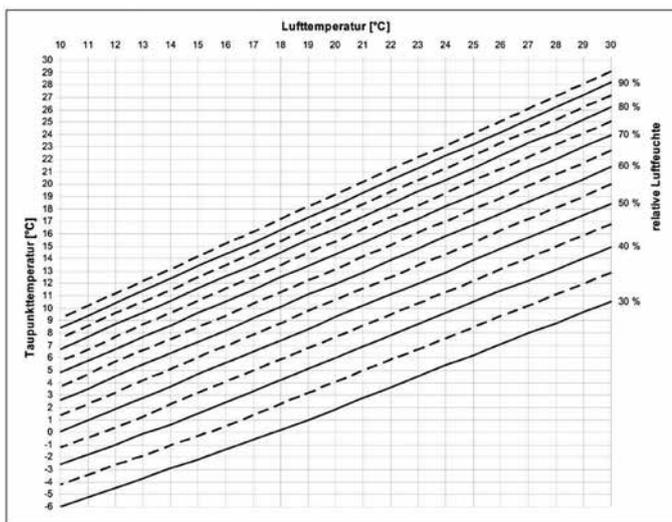


Abb. 2: Taupunkttemperatur der Luft in Abhängigkeit von Temperatur und relativer Luftfeuchte [15]

niedrigen Oberflächentemperaturen der Umschließungswände (schlechte bzw. nicht vorhandene Wärmedämmung oder Wärmebrücken, Abb. 3) dann eine Tauwasserbildung nicht ausgeschlossen werden, wenn die feuchte Luft durch Lüften nicht abgeführt wird (Nutzerverhalten). Bei einer angenommenen Lufttemperatur von 24°C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 85 % erhöht sich die Taupunkttemperatur auf ca. 21°C, vgl. Abb. 2. Dies bedeutet, dass bei Oberflächen mit niedrigeren Temperaturen als 21°C Tauwasser ausfällt!

Die größte kurzzeitige Tauwassergefahr bei Untergeschossen besteht jedoch im Sommer, da Kellerräume im Sommer häufig deutlich kühler sind als die Außenluft. Gelangt warme und feuchte Außenluft (z. B. vor einem Sommergewitter) durch Lüften auf die kühleren Bauteiloberflächen, fällt Tauwasser an (»Feuchtlüften«) [6]. Auch diese Tauwasserbildung ist auf ein zwar nachvollziehbares aber letztlich ungeeignetes Nutzerverhalten zurückzuführen.

Tauwasseranfall kann entweder durch wärmere Bauteiloberflächen (Wärmedämmung der Außenbauteile und Beheizung der Innenräume) oder durch Raumluft mit reduzierter relativer

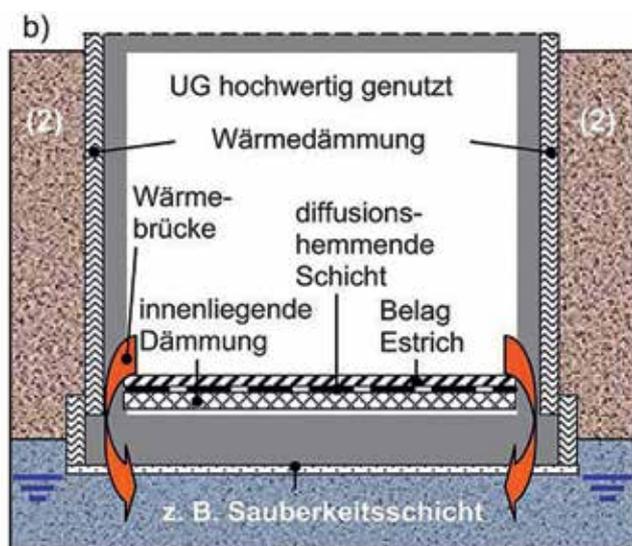


Abb.3: Wärmebrücke bei außenliegender Dämmung der Wände und innenliegender Dämmung der Bodenplatte [8]

Feuchte (trockenere Raumluft) vermieden werden. Ebenfalls trägt ein geeignetes Nutzerverhalten dazu bei, Tauwasseranfall zu vermeiden. Um eine Erwärmung der erdberührten Bauteiloberflächen zu ermöglichen, sollten volumenbildende Möbel oder Ausbauelemente an Außenwänden nicht platziert werden bzw. mit einem Abstand von mindestens 50mm (bei schlecht gedämmten Wänden zur Außenluft besser 100mm) platziert werden, um eine Luftzirkulation zu ermöglichen [8]. Zur Senkung der Raumluftfeuchtigkeit ist vor allem eine angemessene und geeignete Lüftung bzw. Klimatisierung erforderlich. Ist temporär Tauwasser angefallen, muss insbesondere durch geeignetes Lüften (Nutzerverhalten!) dafür gesorgt werden, dass das Tauwasser schnell abtrocknen kann.

3 Anforderungen an das Raumklima bei hochwertiger Nutzung

3.1 Temperatur und relative Feuchte in Abhängigkeit der Nutzung

In Abhängigkeit der vorgesehenen (hochwertigen) Nutzung werden in Tabelle 4 Anhaltswerte für die anzustrebende Lufttemperatur und die relative Luftfeuchte angegeben. Zudem enthält Tabelle 4 Empfehlungen zur Einordnung in die differenzierten »hochwertigen« Nutzungsklassen A0 bis A***, gemäß Tabelle 1.

Sollen sich im Untergeschoss regelmäßig Menschen aufhalten, muss der »Behaglichkeitsbereich« beachtet werden. Der Wohlfühlzustand eines Menschen ist neben der Kleidung und dem Aktivitätsgrad (Grad der körperlichen Belastung) im Wesentlichen von den Faktoren Raumluftfeuchte, Raumlufttemperatur, Temperatur der Umschließungsflächen und von den Luftbewegungen im Raum abhängig [8]. Der Behaglichkeitsbereich beim Menschen für Temperatur und relative Luftfeuchte ist in Abb. 4 dargestellt (vgl. auch Tabelle 4), der Behaglichkeitsgrad für Raumumschließungs- und Raumlufttemperaturen in Abb. 5.

Bei Räumen mit hochwertiger Nutzung, in denen sich nicht regelmäßig Menschen aufhalten, (z. B. Lagerräume, Technikräu-

Tabelle 4: Anhaltswerte der Temperatur und relativen Luftfeuchte und Empfehlung für Nutzungsklasse, nach [17]

	1	2	3	4
	Nutzungs-klasse	Bedingungen	Temperatur [°C]	Relative Luftfeuchte [%]
1	A*	Nebenträume, Treppenhäuser	10 bis 15	50 bis 70
2		Wäschereien, Schwimmbäder	20 bis 25	80 bis 95
3	A**	Wohn- und Arbeitszimmer - im Sommerhalbjahr - im Winterhalbjahr	20 (bis 26) 20	50 bis 70 30 bis 55
4		Badezimmer	24	50 bis 100
5		Kaufhäuser	18	50 bis 70
6		Betriebe Werkstätten	18	40 bis 50
7	A***	Theater, Turnhallen	15 bis 20	50 bis 80
8		Arztzimmer, Krankenhäuser	24	40 bis 60
9		Archive	16 bis 20	40 bis 50

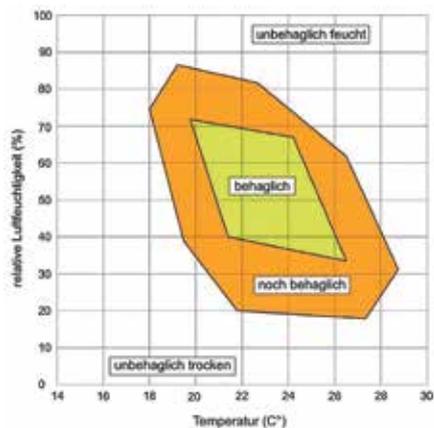


Abb. 4: Behaglichkeitsfeld beim Menschen für Temperatur und relative Luftfeuchte [13]

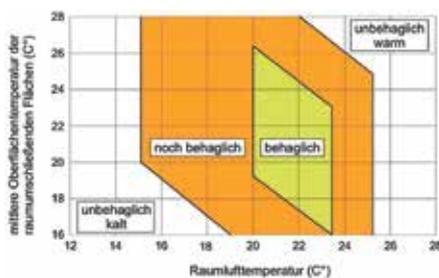


Abb. 5: Behaglichkeitsfeld beim Menschen für Raumumschließungs- und Raumlufttemperaturen [13]

me, vgl. auch Tabelle 1) sind andere, in der Regel funktionale Kriterien für die Raumluft maßgebend. Diese Kriterien müssen im Vorfeld durch den Planer mit dem Bauherrn bzw. Nutzer abgestimmt werden (Bedarfsfestlegung durch den Bauherrn / Nutzer, vgl. Abschnitt 1).

3.2 Bauphysikalische Maßnahmen

Zur Reduzierung von Energieverlusten ist eine wärmeschutztechnische Qualität erforderlich, die durch die Grenzwerte für die Wärmedurchgangskoeffizienten in der aktuell gültigen Energieeinsparverordnung (EnEV) festgelegt wird [18]. Auf die expliziten Anforderungen der EnEV (max. Wärmedurchgangskoeffizienten etc.) und die sich daraus ergebenden Dämmstoffdicken wird in diesem Beitrag nicht eingegangen.

Durch eine effektive Wärmedämmung wird bei einer Beheizung des Innenraums ein zu starkes Auskühlen der raumumschließenden Flächen (Wände, Bodenplatte) verhindert. Dadurch wird das Ausfallen von Tauwasser (vgl. Abschnitt 2.3) vermieden und zudem das Behaglichkeitsfeld (Abb. 5) und somit ein »Wohlfühlen« von Menschen im hochwertig genutzten Untergeschoss erreicht. Die Wärmedämmung sollte vorzugsweise außenliegend, d. h. auf der Wasserseite, angeordnet werden (Abb. 6), einerseits um Wärmebrücken zu vermeiden (vgl. Abb. 3) und andererseits um bei WU-Konstruktionen die Zugänglichkeit zu den Außenflächen auch während der Nutzung mit zumutbarem Aufwand sicherzustellen, vgl. dazu auch 4.1. Zudem muss bei innen angebrachten Wärmedämmungen in der Regel raumseitig eine diffusionshemmende Schicht (»Dampfbremse«) angebracht werden, vgl. dazu auch Abschnitt 4.2 und 4.3.

3.3 Raumklimatische Maßnahmen

Unter raumklimatische Maßnahmen werden eine Beheizung und/oder eine Belüftung/Klimatisierung verstanden.

Bei der Auslegung von raumklimatischen Maßnahmen müssen sowohl die Anforderungen des Nutzers an die Raumtemperatur und die relative Luftfeuchte (vgl. Abschnitt 3.1) als auch der Wärmehaushalt des Untergeschosses bzw. des betroffenen Gebäude-

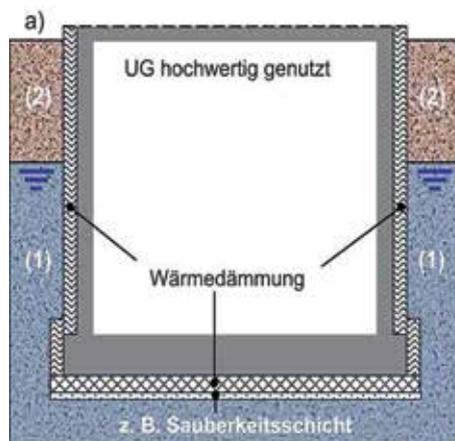


Abb. 6: Anordnung einer außenliegenden Wärmedämmung (vgl. auch Abb. 3) [8]

teils, die noch zu erwartende Feuchteabgabe an die Raumluft aus Austrocknung des Betons und vor allem aus Nutzung berücksichtigt werden. Dies erfordert, dass spätestens bei der Auslegung der raumklimatischen Maßnahmen die vorgesehene Nutzung des Untergeschosses bekannt sein muss (Bedarfsfestlegung durch den Bauherrn bzw. Nutzer, vgl. Abschnitt 1). Angaben zu möglichen Heizungsarten können [8] entnommen werden.

Die einfachste Art und Weise zur Lüftung von Räumen ist die natürliche (freie) Lüftung über Fenster, Schächte oder Schlitzte durch Ausnutzung des natürlichen Auftriebs der Luft bei Temperaturunterschieden oder durch Windkräfte. Die natürliche Lüftung ist allerdings nur bis zu einer gewissen Raumgröße und Raumtiefe möglich. Bei größeren und tieferen Räumen bzw. bei technischen oder hygienischen Anforderungen muss der Luftaustausch über mechanische Lüftungsanlagen sichergestellt werden [8]. Die Wirksamkeit einer natürlichen Belüftung, insbesondere bei Lüftung über Fenster, ist sehr stark vom Nutzerverhalten und von sonstigen Randbedingungen (Anordnung der Fenster, Querlüftung möglich oder nicht, etc.) abhängig. Durch mechanische Lüftungsanlagen, wie beispielsweise Ventilatoren, ggfs. ergänzt durch Anlagenkomponenten zur Luftbehandlung, wie Filter, Erhitzer, Kühler, Befeuchter kann in einem Raum ein definierter Luftwechsel und Raumluftzustand erreicht werden. Die Klimatisierung geht über die reine Lüftung hinaus und stellt eine höherwertige und komfortablere Art zur Einhaltung von Raumluftparametern dar. Zusätzlich kann bei einer Klimatisierung der Raumluft Feuchte entzogen (Entfeuchtung) oder gezielt zugeführt werden. Weitere Informationen zur mechanischen Lüftung und Klimatisierung können [8] entnommen werden.

4 Anforderungen an Baukonstruktionen bei hochwertiger Nutzung

4.1 Besondere Anforderungen bei WU-Konstruktionen

Die Baukonstruktion sowie die Technische Ausrüstung (TA) müssen bei WU-Konstruktionen in Abhängigkeit des vom Tragwerksplaner gewählten Entwurfsgrundsatzes (vgl. Abschnitt 1), der Beanspruchungsklasse, dem Zeitpunkt der Wasserbeanspruchung sowie der Art und des Beginns der Nutzung auf die Besonderheiten von hochwertig genutzten Untergeschossen abgestimmt werden. Besonders bei WU-Konstruktionen nach [1] ist die Zugänglichkeit zu den Bauteilen auch nach Beginn der Nutzung wichtig, damit spätere Wasserdurchtritte durch Trennrisse frühzeitig erkannt und mit vertretbarem Aufwand zielgerichtet Abdichtungsmaßnahmen durchgeführt werden können.

Wasserundurchlässige Bauwerke ermöglichen im Vergleich zu »Schwarzen Wann« mit außen liegender Hautabdichtung

auf einfache Weise das Auffinden und das nachträgliche Abdichten von Undichtheiten [1]. Das einfache und schnelle Auffinden der Undichtheiten ist allerdings nur dann möglich, wenn die Zugänglichkeit gegeben ist, auch während der Nutzung. Durch auf der Innenseite aufgebraute »weiche« Bekleidungen (z. B. eine Wärmedämmung) wird die Zugänglichkeit erheblich erschwert und einer der entscheidenden Vorteile von WU-Konstruktionen gegenüber »Schwarzen Wannen« verspielt.

Sind die Bauteile der WU-Konstruktion nicht mehr zugänglich, ist für das Auffinden von undichten Stellen (Trennrisse) in der Regel mehr Aufwand erforderlich als für das eigentliche Abdichten (Injektionsarbeiten). Ggfs. müssen Wandbekleidungen und Bodenaufbauten großflächig rückgebaut werden. Dies gilt auch für Komponenten der Technischen Ausstattung (TA). Als Folge eines Rückbaus von TA-Komponenten kann es zu erheblichen Nutzungseinschränkungen des gesamten Gebäudes kommen.

Die Gefahr von Wasserdurchtritten (Undichtigkeiten) nach Nutzungsbeginn kann durch die Wahl eines geeigneten Entwurfsgrundsatzes hinsichtlich Trennrissen (vgl. dazu Abschnitt 1) erheblich reduziert werden. Auch der Zeitpunkt der Wasserbeaufschlagung ist zu berücksichtigen: Wenn die Wasserbeaufschlagung erst nach Beginn der hochwertigen Nutzung auftritt, beispielsweise weil erst zu diesem Zeitpunkt eine Wasserhaltung abgestellt werden kann oder durch die Lage der WU-Konstruktion in Hochwassergebieten, dann sollte der Entwurfsgrundsatz a) »Trennrisse vermeiden« gewählt werden, vgl. Abschnitt 1. Bei fehlender Wasserbeaufschlagung kann jedoch vor Beginn der hochwertigen Nutzung bzw. vor dem Beginn des Innenausbaus keine »Dichtigkeitsprüfung« durchgeführt werden. Evtl. unplanmäßig vorhandene wasserführende Risse können in einem solchen Fall nicht erkannt und vor Nutzungsbeginn geschlossen werden. Auch zum Auffinden und Verschließen unplanmäßiger Trennrisse, die laut [1] auch beim Entwurfsgrundsatz a) »Trennrisse vermeiden« nicht auszuschließen sind, sollten die Bauteile der WU-Konstruktion zugänglich sein.

4.2 Empfehlungen für Bodenaufbauten

Ein Beispiel für einen Regelaufbau mit außenliegender Wärmedämmung zeigt Abb. 7. Eine Kombination mit diffusionsoffenen »harten« Bodenbelägen im Verbund ist zu empfehlen, um die Feuchtespeicherkapazität der Bodenoberfläche ausnutzen zu können und den Austrocknungsprozess (Baufeuchte) nicht zu behindern. Zudem können bei im Verbund liegenden Belägen Undichtigkeiten der unter dem Belag befindlichen WU-Bodenplatte durch Trennrisse schnell und mit geringem Aufwand detektiert werden, da der harte Bodenbelag mit der WU-Bodenplatte aufreißt.

Bei innenliegender Wärmedämmung muss durch eine raumseitige diffusionshemmende Schicht (»Dampfbremse«) der Zu-

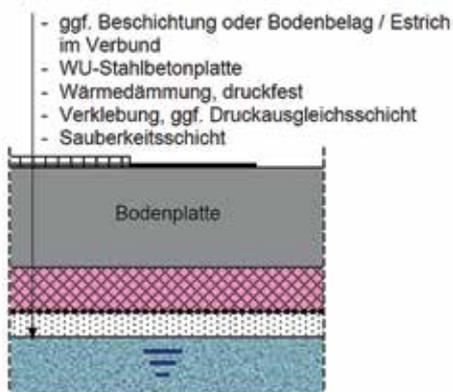


Abb. 7: Beispiele für einen Regelaufbau bei WU-Konstruktionen mit außen liegender Wärmedämmung [8]

tritt feuchtehaltiger Luft durch die diffusionsoffene Wärmedämmung an die kühle Bodenplatte zur Vermeidung von Tauwasseranfall behindert werden, Abb. 8. Zudem besteht bei innenliegender Wärmedämmung die Gefahr, dass wasserführende Trennrisse erst nach aufwändigem Rückbau des Bodenaufbaus lokalisiert und geschlossen werden können. Eine innen liegende Wärmedämmung mit darauf liegendem schwimmendem Bodenbelag sollte deshalb bei WU-Konstruktionen nur dann angeordnet werden, wenn wasserführende Risse nicht mehr zu erwarten sind.

Grundsätzlich sollte bei WU-Bodenplatten einer außen liegenden Wärmedämmung und einem auf der WU-Bodenplatte im Verbund angeordneten »harten« Bodenbelag der Vorzug gegeben werden. Dies gilt insbesondere bei Beanspruchungsklasse 1 nach [1] und sehr großen Bodenplatten der Nutzungsklassen A** bzw. A*** Tabelle 1 [8].

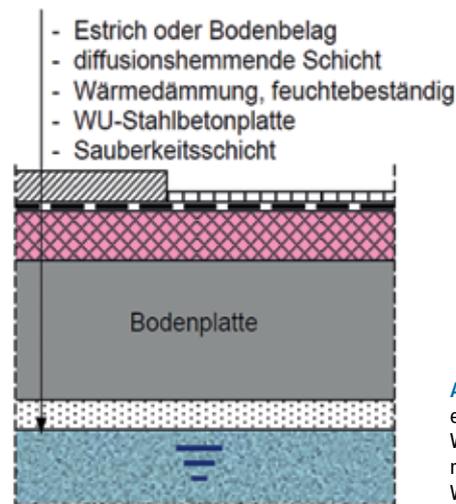


Abb. 8: Beispiel für einen Regelaufbau bei WU-Konstruktionen mit innen liegender Wärmedämmung [8]

4.3 Empfehlungen für Wandbekleidungen

Auch bei Wänden gibt es die Möglichkeit, die Wärmedämmung an der wasserbeaufschlagten Außenseite als sogenannte Perimeterdämmung (Abb. 9) oder an der Innenseite (Abb. 10) anzubringen. Grundsätzlich gelten die Ausführungen in Abschnitt 4.2 auch für Wandaufbauten. Auch bei Wänden sollte deshalb der außenseitigen Wärmedämmung in Verbindung mit einem »harten« Belag (Putz) oder ohne Belag (Sichtbeton) der Vorzug gegeben werden. Grundsätzlich sollten feuchteunempfindliche Materialien zur Bekleidung von Wänden verwendet werden. Boden- und Wandaufbauten aus feuchteempfindlichen Materialien können erst dann aufgebaut werden, wenn ein Wasserdurchtritt durch die WU-Außenwand ausgeschlossen werden kann bzw. die Bauteiloberflächen ausreichend ausgetrocknet sind. Werden Trockenbauwände auf WU-Bodenplatten aufgestellt, ist sicherzustellen, dass die Wandfüße nicht durch temporär durchtretendes Wasser durchfeuchtet werden.

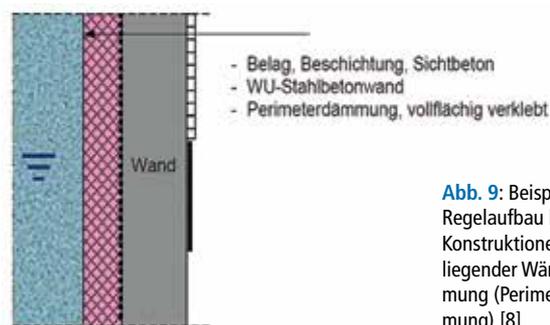


Abb. 9: Beispiel für einen Regelaufbau bei WU-Konstruktionen mit außen liegender Wärmedämmung (Perimeterdämmung) [8]

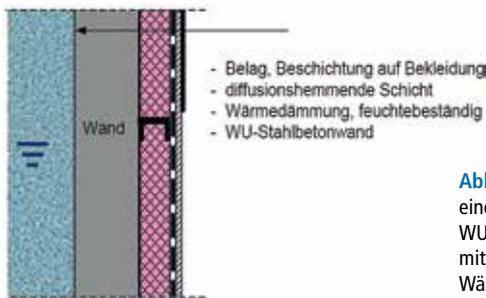


Abb. 10: Beispiel für einen Regelaufbau bei WU-Konstruktionen mit innen liegender Wärmedämmung [8]

4.4 Anordnung von Komponenten der Technischen Ausrüstung (TA)

Bei WU-Konstruktionen sollten Komponenten der Technischen Ausrüstung (TA) so geplant werden, dass die Zugänglichkeit zu den Außenwänden von innen auch während der Nutzung mit vertretbarem Aufwand möglich ist. In [8] wird empfohlen, TA-Komponenten in einem Mindestabstand von 0,50 m von den Außenwänden anzuordnen, Abb.11. Dies gilt sinngemäß auch für das Aufstellen der TA-Komponenten auf einer Bodenplatte. Ggfs. sollten die TA-Komponenten aufgeständert werden.

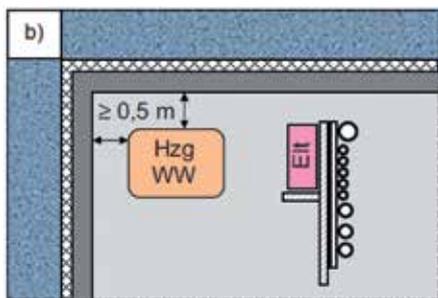


Abb. 11: Günstige Anordnung von TA-Komponenten – Außenwände der WU-Konstruktion sind für Injektion und ggfs. Schließen von Rissen zugänglich [8]

Abb.12 zeigt eine ungünstige Anordnung von TA-Komponenten, hier eines Mittelspannungskabels direkt an einer WU-Außenwand. Die Zugänglichkeit zur Außenwand der WU-Konstruktion ist erst nach einem Freischalten der Kabel möglich, was jedoch zu einem erheblichen Nutzungsausfall von durch die Kabel versorgten Betriebsstätten und damit zu hohen Ausfallkosten für den Betreiber führt.

5 Hinweise zur Ausführung bei hochwertig genutzten WU-Konstruktionen

Grundsätzlich trägt auch die Bauausführung wesentlich zum Gelingen einer WU-Konstruktion bei. Dies gilt sowohl bei WU-Konstruktionen der Nutzungsklassen A und B nach [1], als auch für eine hochwertige Nutzung nach den erweiterten Nutzungsklassen A* bis A*** [8]. Nur wenn das ausführende Bauunternehmen weiß, was von ihm verlangt wird, können die richtigen Entscheidungen hinsichtlich zu verwendender Materialien und



Abb. 12: Ungünstige Anordnung von TA-Komponenten direkt an der Außenwand.

zur Bauausführung getroffen und somit Ausführungsmängel vermieden werden. Damit dies gelingt müssen rechtzeitig aussagekräftige Ausführungspläne mit allen für die Bauausführung relevanten Angaben vorliegen.

Erkennt das ausführende Bauunternehmen anhand der vorgelegten Ausführungsplanung, dass eine mängelfreie Ausführung der WU-Konstruktion aufgrund unzureichender Planung (beispielsweise mangelnde Betonierbarkeit wegen zu eng liegender Bewehrung oder fehlende Planung von Fugenabdichtungssystemen) nicht möglich ist, sollte gegen die Ausführung auf Basis der vorgelegten Ausführungsunterlagen Bedenken angemeldet werden. Wichtig ist auch – insbesondere bei hochwertig genutzten WU-Konstruktionen – dass dem bauausführenden Unternehmen der von Seiten der Planung gewählte Entwurfsgrundsatz hinsichtlich Trennrissen (vgl. Abschnitt 1) bekannt ist. Leider geht der vom Planer gewählte Entwurfsgrundsatz aus den vorliegenden Ausführungsplänen oftmals nicht hervor, auch Nachfragen beim Bauherrn führen oft nicht zu befriedigenden Antworten.

Wie in diesem Beitrag diskutiert, sollte bei einer hochwertigen Nutzung von Untergeschossen der Entwurfsgrundsatz a) (Vermeidung von Trennrissen) oder c) (Bauweise mit Rissen, Risse planmäßig verschließen) angewendet werden. Insbesondere die Realisierung des Entwurfsgrundsatz a) ist jedoch für die Bauausführung eine anspruchsvolle Aufgabe (Hydratationswärmeentwicklung, Frischbetontemperatur, Steuerung des Wärmeabflusses etc.). Auch beim Entwurfsgrundsatz c) ist auf Seiten des bauausführenden Unternehmens Vorsicht geboten. Konstruktionen nach Entwurfsgrundsatz c) reißen planmäßig (somit gewollt!) auf. Anschließend müssen die entstandenen Risse mit im Entwurf vorgesehenen (also geplanten!) Maßnahmen geschlossen werden. Es sollte deshalb unbedingt vorab geklärt werden, in wessen Verantwortungsbereich das planmäßige Schließen der Risse fällt. Fehlt ein Hinweis in den Unterlagen, dass der Entwurfsgrundsatz c) planmäßig vorgesehen ist, kann dieser während der Ausführung oftmals strittige Punkt im Vorfeld nicht geklärt werden.

Ist aus den Ausführungsunterlagen zu erkennen oder zu vermuten, dass eine WU-Konstruktion mit hochwertiger Nutzung nach Entwurfsgrundsatz b) (Bauweise mit Rissen, Selbstheilung ausnutzen) geplant wurde, sollte geprüft werden, ob für die Selbstheilung ausreichend Zeit eingeplant wurde, bevor der Innenausbau und die hochwertige Nutzung beginnt. Ggfs. sollten vom bauausführenden Unternehmen Bedenken gegen die Verwendung des Entwurfsgrundsatzes b) bei einer hochwertigen Nutzung im Sinne von [8] angemeldet werden.

Unabhängig vom gewählten Entwurfsgrundsatz ist zu empfehlen, bereits zu einem sehr frühen Zeitpunkt die Verantwortlichkeiten für unplanmäßig auftretende Risse zu klären. Auch bei Umsetzung eines schlüssigen Planungskonzeptes zur Vermeidung von Rissen außerhalb abgedichteter Sollrisquerschnitte, können einzelne unplanmäßige wasserführende Risse in WU-Konstruktionen entstehen [1] [8].

In diesem Zusammenhang wird noch einmal auf die Bedeutung einer »Dichtigkeitsprüfung« von WU-Konstruktionen, insbesondere bei hochwertiger Nutzung hingewiesen. Sobald durch die aufgehenden Geschosse Auftriebssicherheit besteht, sollte die Wasserhaltung abgeschaltet werden, damit die WU-Konstruktion mit einem äußeren Wasserdruck beaufschlagt wird. Nur so kann zuverlässig festgestellt werden, ob bei Entwurfsgrundsatz a) tatsächlich keine wasserführenden Trennrisse existieren oder bei Entwurfsgrundsatz c) alle planmäßig vorhandenen Trennrisse verschlossen wurden. Falls dies der Fall ist, keine weiteren Trennrisse

mehr zu erwarten sind und die Baufeuchte schon ausreichend abgetrocknet ist, kann mit dem Innenausbau und der anschließenden hochwertigen Nutzung begonnen werden.

Bei Entwurfsgrundsatz b) kann erst bei Beaufschlagung mit einem äußeren Wasserdruck und einem damit einhergehenden Wasserdurchtritt durch die Risse die Selbstheilung beginnen. Auch bei Vorliegen des Entwurfsgrundsatz b) sollte deswegen so früh wie möglich ein äußerer Wasserdruck aufgebracht werden. Dem bauausführenden Unternehmen ist zudem zu empfehlen, den Bauherrn auf die bei einer hochwertigen Nutzung im Sinne von [8] in der Regel erforderlichen bauphysikalischen und/oder raumklimatischen Maßnahmen hinzuweisen. Ist aus den vorliegenden Unterlagen zu erkennen, dass eine hochwertige Nutzung im Sinne von [8] vorgesehen ist und bauphysikalische und/oder raumklimatische Maßnahmen nicht vorgesehen sind, sollten ebenfalls Bedenken angemeldet werden. Bereits während der Bauausführung können Maßnahmen getroffen werden, dass der oberflächennahe Betonbereich möglichst zügig abtrocknet. Dies kann dadurch gelingen, dass ein Beton mit einem möglichst niedrigen Wassergehalt gewählt wird, dass sich im Untergeschoss ansammelndes Tagwasser zeitnah entfernt wird und dass frühzeitig Bedingungen geschaffen werden, die ein Austrocknen des Betons ermöglichen. Auch bei diesen Maßnahmen sollten möglichst früh die Verantwortlichkeiten geklärt werden.

6 Fazit

Hochwertig genutzte Räume in Untergeschossen zeichnen sich durch besondere Anforderungen an das Raumklima (Temperatur der Raumluft, Temperatur der raumseitigen Bauteiloberflächen, relative Luftfeuchte) aus. Sollen Untergeschosse hochwertig genutzt werden, sind zur Erreichung dieser Eigenschaften bauphysikalische und raumklimatische Maßnahmen erforderlich – und zwar unabhängig von der Ausführung des Untergeschosses als WU-Konstruktion (»Weiße Wanne«) oder als »Schwarze Wanne«. Wichtig ist, dass die Anforderungen an die hochwertige Nutzung und der Nutzungsbeginn schon zu einem frühen Zeitpunkt bekannt sind (Bedarfsfestlegung des Bauherrn/Nutzers), damit die erforderlichen Maßnahmen Eingang in die Planung finden können. Die Qualität der interdisziplinären Kommunikation zwischen den Beteiligten (Bauherr, Architekt, Tragwerksplaner, TGA-Planer, Bauphysiker, Bauausführender) ist dabei von besonderer Bedeutung.

Literaturreferenzen

- [1] DAfStb-Richtlinie Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton, Beuth-Verlag, Berlin, 2003
- [2] Erläuterungen zur DAfStb-Richtlinie Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton, In: Schriftenreihe des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton, Heft 555, Beuth-Verlag, Berlin, 2006
- [3] DIN 1045-2:2008-08: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 2: Beton – Festlegungen, Eigenschaften, Herstellung und Konformität – Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1, Beuth-Verlag, 2008
- [4] Beddoe, R.; Springenschmid, R.: Feuchtetransport durch Bauteile aus Beton. Beton- und Stahlbetonbau 94 (1999), Heft 4, S. 865-886
- [5] Eiffert, E.; Beddoe, R.; Springenschmid, R.: Feuchtetransport in WU-Bauteilen unter baupraktischen Bedingungen. Beton 2/2002, S. 80-81
- [6] Positionspapier des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton zur DAfStb-Richtlinie »Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton« –

Feuchtetransport durch WU-Konstruktionen, Berlin, 2006. Im Internet unter www.dafstb.de abrufbar

- [7] Hohmann, Rainer: Fugenabdichtungen bei wasserundurchlässigen Bauwerken aus Betons. Fraunhofer IRB-Verlag, 2. Überarbeitete und erweiterte Auflage, 2009
- [8] DBV-Merkblatt Hochwertige Nutzung von Untergeschossen – Bauphysik und Raumklima, Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V., Berlin, Fassung 2009
- [9] Fingerloos, Frank: Besondere Anforderungen an Weiße Wannen mit hochwertiger Nutzung. In: Weiße Wannen – richtig beraten, richtig planen, richtig bauen. Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V. Berlin, Fraunhofer-Informationszentrum Bau und Raum, Stuttgart, 2011
- [10] DBV-Merkblatt Qualität der Planung, Eigenverlag, Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V., Berlin, Fassung 2015
- [11] Bastert, Heinrich: Die Bedarfsplanung im Bauwesen – Grundlagen für erfolgreiches Planen und Bauen. In: DBV-Heft 32 Qualitätssicherung beim Planen und Bauen – Anforderungen und Empfehlungen, Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V., 2015
- [12] Kiltz, Denis: Die Rolle (und Verantwortung) des Bauherrn, des Planers und der Bauausführung bei WU-Bauweisen. In: DBV-Heft 28: WU-Bauweisen - Weiße Wannen und Weiße Dächer, Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V., 2013
- [13] Sedlbauer, K.; Hol, A.; Leister, Ph.; Breuer, K.: Der Mensch in Aufenthaltsräumen - Risiko oder Behaglichkeit? Gesundheitsingenieur 127 (2006), Heft 4, S. 179
- [14] Umweltbundesamt, Innenraumlufthygienekommission »Leitfaden zur Ursachensuche und Sanierung bei Schimmelpilzwachstum in Innenräumen« (»Schimmelpilzsanierungs-Leitfaden«), Umweltbundesamt, 2005
- [15] DIN 4108-3:2014-11: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden. Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz - Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung, Beuth-Verlag, 2014
- [16] Oswald, R.: Der Wärmeschutz erdberührter Bauteile, deutsche bauzeitung 140 (2006), Heft 7, S. 64-69
- [17] Lutz, Jenisch, Klopfer, Freymuth, Krampf, Petzold: Lehrbuch der Bauphysik, Stuttgart, Teubner-Verlag, 2002
- [18] Zweite Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung, 18. November 2013. Bundesgesetzblatt Jahrgang 2013 Teil I Nr. 67, ausgegeben zu Bonn am 21. November 2013

Der Autor



Dr.-Ing. Denis Kiltz

Jahrgang 1972; 1992-1997 Studium des Bauingenieurwesens an der Ruhr-Universität Bochum, Vertiefungsrichtung Konstruktiver Ingenieurbau; 1997-2001 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Stahlbeton- und Spannbetonbau der Ruhr-Universität Bochum; 2001-2011 HOCHTIEF Solutions AG, Essen; seit 2011 Bauberater Bauberaterbereich West beim Deutschen Beton- und Bautechnik-Verein E.V. in Bochum, seit Januar 2015 Leiter der DBV-Bauberater

Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein e.V.
Leiter Bauberater und Bauberater Gebiet West
Bessemerstr. 30, 44793 Bochum
Tel. 0234/41482520, mobil: 0172 2532704
E-Mail: kiltz@betonverein.de
www.betonverein.de

Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton

Empfehlungen für die Zusammenarbeit von Bauherr, Planer, Fachplaner und Ausführenden

1 Einführung und Motivation

In das Erdreich eingebettete Bauteile können mit einer hautförmigen Abdichtung auf der Wasserseite gegen eindringendes Wasser abgedichtet werden (*Schwarze Wanne*)¹ oder als *wasserundurchlässiges Betonbauwerke (WU-Wanne bzw. Weiße Wanne)* ausgeführt werden. Bei den langjährig bewährten WU-Betonbauwerken übernimmt die tragende Betonkonstruktion auch gleichzeitig die Abdichtungsfunktion. Die Planung und Ausführung von WU-Betonbauwerken ist in der *WU-Richtlinie* [1, 2] des DAFStb geregelt. Für ein funktionierendes WU-Betonbauwerk ist eine besonders hohe Planungs- und Ausführungsqualität unabdingbar und eine Überwachung der Ausführung erforderlich. Die Planung gemäß WU-Richtlinie erfordert die Zusammenarbeit zwischen Bauherrn, Objektplaner, Tragwerksplaner, TA-Planer, Sachverständigen für Geotechnik und Bauphysiker. Auch Decken und Dächer des allgemeinen Hochbaus können als WU-Betonbauwerke geplant und ausgeführt werden. WU-Decken bzw. WU-Dächer werden in diesem Leitfaden jedoch nicht betrachtet.

Die vorliegenden Empfehlungen spiegeln die Erfahrung von in der Praxis tätigen Fachleuten² wider und basieren auf der WU-Richtlinie, Ausgabe Dezember 2017 [1]. Ziel des Leitfadens ist, Hinweise und Hilfestellungen für Bauherren, Planer und Bauausführende in kompakter Form für die Planung, Ausführung und Überwachung von WU-Betonbauwerken insbesondere bei drückendem Wasser (*Beanspruchungsklasse 1*) und *hochwertiger Nutzung* zu geben.

2 Zuständigkeiten bei der Planung und der Ausführung

Entscheidend für den Erfolg eines WU-Betonbauwerkes ist, dass die Zuständigkeiten für die einzelnen Planungsaufgaben und die Ausführung von Anfang an klar geregelt sind. Der Objektplaner sollte daher zu Projektbeginn in Zusammenarbeit mit dem Bauherrn die

Zuständigkeiten für die einzelnen Planungsaufgaben und die Ausführung klären und vertraglich festlegen. Eine Orientierungshilfe zur Abstimmung möglicher Zuständigkeit bei der Planung und der Ausführung von wasserundurchlässigen Betonbauwerken enthält die Tabelle A.1 im Anhang A der WU-Richtlinie 2017 [1].

3 Bauherr

Koordination und Planung von WU-Betonbauwerken

Bei WU-Betonbauwerken sollte so früh wie möglich, spätestens jedoch in der Leistungsphase Entwurfsplanung ein WU-Koordinator benannt werden. Gemäß [1] obliegt die WU-Koordination dem Objektplaner.

Die einzelnen Planungsaufgaben für WU-Betonbauwerke ergeben sich aus [1], vgl. auch Abschnitt 4 dieser Empfehlungen. Nach [1] ist die Planung von WU-Betonbauwerken vom Objektplaner unter Beteiligung von Fachplanern (z. B. Tragwerksplaner, TA-Planer) durchzuführen. Die WU-Koordination und die weiteren Planungsaufgaben erfordern über das Übliche hinausgehendes Fachwissen und Erfahrung.

Eine Orientierungshilfe zur Abstimmung möglicher Zuständigkeit bei der Planung enthält [1], Tabelle A.1. Gute Erfahrungen liegen vor, wenn die WU-Koordination und weitere Planungsaufgaben bei WU-Betonbauwerken (vgl. Abschnitt 4) von einem Tragwerksplaner übernommen werden, der über die übliche Tragwerksplanung hinausgehendes Fachwissen besitzt. Der Tragwerksplaner muss für diese Planungsleistungen jedoch explizit beauftragt werden, vgl. Abschnitt 2.

Im Folgenden wird nur noch einheitlich der Begriff »Planer« verwendet. Damit ist entweder der Objektplaner oder einer der Fachplaner (Tragwerksplaner, TA-Planer, etc.) gemeint, dem die jeweilige Planungsaufgabe zugeordnet bzw. beauftragt wurde.

Baugrundgutachten als Planungsgrundlage

Maßgebend für die WU-Betonbauwerke sind insbesondere der während der gesamten Nutzungsdauer zu erwartende höchste Wasserstand (*Bemessungswasserstand*), die Art der Wasserbeanspruchung (*Beanspruchungsklasse*), sowie die chemische Zusammensetzung des anstehenden Wassers. Diese Informationen gehen aus einem qualifizierten Baugrundgutachten hervor, das vom Bauherrn vorzulegen ist.

¹ alle kursiv geschriebenen Wörter verweisen auf den entsprechenden Begriff im Glossar

² Dipl.-Ing. H.-Rainer Becker, Ingenieurbüro Becker, Hagen; Dipl.-Ing. Sebastian Filusch, Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E. V., Bochum; Dipl.-Ing. Jan Frisch, TPA GmbH, Köln; Prof. Dr.-Ing. Rainer Hohmann, FH Dortmund; Dr.-Ing. Michael Horstmann, Kempen Krause Ingenieure GmbH, Aachen; Dr.-Ing. Denis Kiltz, Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E. V., Bochum; Dr.-Ing. Jürgen Krell, krell-consult, Hilden; Dr.-Ing. Jürgen Krause, Kempen Krause Ingenieure GmbH, Aachen; Dipl.-Ing. Thomas Zitzelsberger, Sika Deutschland GmbH, Stuttgart

Bauherr legt mit Unterstützung des Planers die Nutzung als Planungsgrundlage fest

Die entscheidende Grundlage für die Planung eines WU-Betonbauwerkes ist die vorgesehene Nutzung mit den zugehörigen Anforderungen an das Raumklima (ggf. für Teilbereiche oder einzelne Räume des Untergeschosses unterschiedlich), die vom Bauherrn festgelegt werden muss (*Bedarfsplanung*). Der Planer unterstützt den Bauherrn dabei und legt auf dieser Planungsgrundlage die jeweilige *Nutzungs-kategorie* nach *WU-Richtlinie* [1] bzw. dem *DBV-Merkblatt* »Hochwertige Nutzung von Untergeschossen« [3] fest.

Informations- und Aufklärungspflicht des Planers

Der Planer soll dem Bauherrn sehr frühzeitig die zur vorgesehene Nutzung passenden möglichen Ausführungsvarianten eines WU-Betonbauwerkes darlegen und die jeweiligen Vor- und Nachteile (z. B. mögliche Undichtigkeiten infolge Rissbildung während der Nutzung, ggf. erforderliche ständige Zugänglichkeit des Bauteils von innen) erläutern. Der Planer soll den Bauherrn auch über das Risiko und den Umgang mit unplanmäßigen Undichtigkeiten informieren und aufklären. Weitere Hinweise dazu siehe Abschnitt 4.

Fachunternehmer und Überwachung bringen Sicherheit

WU-Betonbauwerke erfordern – wie jede Art der Abdichtung gegen Wasser – besondere Sorgfalt bei der Ausführung. Es hat sich bewährt, dass das im Detail geplante WU-Betonbauwerk von Fachunternehmen ausgeführt wird.

Bei der Ausführung sind insbesondere die für die Wasserundurchlässigkeit wesentlichen Arbeiten, z. B. der Einbau von Fugenabdichtungssystemen und die Betonarbeiten zu überwachen. Es hat sich bewährt, dass die Überwachung im Rahmen der Leistungsphase 8 nach HOAI vom Planer durchgeführt wird. Weitere Hinweise siehe Abschnitt 5.

4 Planer

Grundlagen der Planung

Die Betonkonstruktion übernimmt im Zusammenwirken mit einem geschlossenen Fugenabdichtungssystem und ggf. planmäßigen Dichtmaßnahmen die Sicherstellung der Wasserundurchlässigkeit.

Entwurf und Ausführungsplanung eines WU-Betonbauwerkes erfolgen nach der *WU-Richtlinie* [1], [2].

Die Konzeption des *WU-Betonbauwerkes* wird durch die *Beanspruchungskategorie*, den *Bemessungswasserstand* und die *Nutzungs-kategorie* bestimmt.

- Der Bemessungswasserstand und die Angaben zur Beanspruchungskategorie sind dem vom Bauherrn vorzulegenden Baugrundgutachten zu entnehmen.
- Liegt kein Baugrundgutachten vor, fehlen die Grundlagen der Planung.
- Die Nutzungs-kategorie nach *WU-Richtlinie* [1], [2] bzw. dem *DBV-Merkblatt* »Hochwertige Nutzung von Untergeschossen« [3] ergibt sich aus der vorgesehene Nutzung und ist mit dem Bauherrn nach erfolgter eingehender Beratung zu vereinbaren. Künftige Nutzungsänderungen sind hierbei einzubeziehen. Die Nutzungs-kategorie A** nach [3] (normale Raumnutzung) stellt den üblichen Fall im Wohnungsbau dar.
- Es muss der Zeitpunkt vereinbart werden, ab dem die ge-

plante Wasserundurchlässigkeit hergestellt sein muss. Das ist in der Regel der geplante Nutzungsbeginn bzw. der Beginn der Ausbaurbeiten.

Aufgaben des Planers

- In der *WU-Richtlinie* [1] sind die Aufgaben der Planung sowie insbesondere die erforderlichen Planungsschritte beschrieben:
 - Festlegung eines zur vorgesehene Nutzung passenden und geeigneten Entwurfsgrundsatzes (EGS) hinsichtlich Trennrissen,
 - Konstruktion unter Berücksichtigung der Wasserbeanspruchung, der vorgesehene Nutzung und des Entwurfsgrundsatzes hinsichtlich Trennrissen,
 - Festlegung von ausreichenden Bauteildicken,
 - Planung sämtlicher Fugen und Durchdringungen inkl. deren Abdichtung / Abdichtungssystemen,
 - Planung von Bauablauf, Betonierabschnitten und weiterer ausführungstechnischer Maßnahmen gemäß festgelegtem Entwurfsgrundsatz,
 - Vorgabe der erforderlichen Eigenschaften des WU-Betons, insbesondere des maximalen w/z-Wertes, der Festigkeitsentwicklung, des maximalen Größtkornes, der Expositionsklassen, der Druckfestigkeitsklasse sowie ggfs. weiterer betontechnologischer Maßnahmen,
 - Planung von Abdichtungsmaßnahmen für planmäßige und unplanmäßige Rissbildung, z. B. Injektionsmaßnahmen,
 - Planung weiterer Details und Übergänge falls erforderlich wie z. B. Kellerabgänge, Lichtschächte oder Anschluss an Bestandsgebäude,
 - Dokumentation der durchgeführten Beratung und der Planung inklusive möglicher Einschränkungen während der Nutzung.
- Je nach Beanspruchungs- und Nutzungs-kategorie sieht die *WU-Richtlinie* [1], Kapitel 6 drei Entwurfsgrundsätze (EGS) hinsichtlich *Trennrissen* (*Risse*, *Risse in WU-Betonbauwerk*, *Entwurfsgrundsätze*) vor:
 - EGS a: Vermeidung von Trennrissen durch die Festlegung von konstruktiven, betontechnischen und ausführungstechnischen Maßnahmen
 - EGS b: Bauweise mit Trennrissen, Festlegen von Rissbreite (viele kleine Risse mit geringen Rissbreiten), sodass Wasserdurchtritt durch *Selbstheilung* begrenzt werden kann. Der EGS b ist bei der Kombination von Nutzungs-kategorie A und Beanspruchungskategorie 1 nicht oder nur mit Sondermaßnahmen anwendbar
 - EGS c: Bauweise mit Trennrissen, Festlegen von Rissbreite (wenige breite Risse) in Kombination mit planmäßigen Dichtmaßnahmen
- Bei allen drei Entwurfsgrundsätzen kann nicht vollständig ausgeschlossen werden, dass trotz fachlich richtiger regelkonformer Planung und qualitätsvoller Ausführung wasserführende Trennrisse auftreten. Diese Risse sind systemimmanent und können auch erst zu einem späteren Zeitpunkt auftreten. Gemäß der *WU-Richtlinie* [1] ist daher die Abdichtung wasserführende Trennrisse bei allen Entwurfsgrundsätzen zu planen und auszuschreiben (*Injektion*).

Bei EGS a sind dies unplanmäßige Risse und bei EGS b planmäßige Risse mit unplanmäßig großer Rissbreite (*Risse*), die sich nicht selbst heilen (*Selbstheilung*). Bei EGS c handelt es sich um planmäßige Risse, die mit planmäßigen Maßnahmen abzudichten sind. Der Planer muss seinem Auftraggeber die Vor- und

Nachteile der zur Diskussion stehenden WU-Konzeption und des zugehörigen Entwurfsgrundsatzes erläutern, vgl. Tabelle A.1 in [1], insbesondere hinsichtlich Kosten, Risiken, Zugänglichkeit und zu erwartender Wasserundurchlässigkeit bei Nutzungsbeginn. Nur so kann er vermeiden, isoliert für einzelne Nachteile seiner Planung selbst dann zu haften, wenn diesen Nachteilen vom Bauherrn gewünschte Vorteile gegenüberstehen. Es hat sich bewährt, dass der Planer zur Vermeidung von Haftungsrisiken diese Erläuterung dokumentiert. Nach Festlegung des Entwurfsgrundsatzes sind Maßnahmen zur Umsetzung des Entwurfsgrundsatzes zu planen. Bei den EGS \boxed{a} und \boxed{c} bedeutet dies vor allem, Maßnahmen zur Minderung von *Zwangsbeanspruchungen* zu planen. Dies kann insbesondere durch konstruktive Maßnahmen (Reduzierung der *Verformungsbehinderung* in Verbindung mit betontechnischen und ausführungstechnischen Maßnahmen zur Reduzierung von *Verformungen*) erreicht werden.

- Es sind Betone mit hohem Wassereindringwiderstand einzusetzen.
- Die WU-Richtlinie [1] enthält Empfehlungen zu Mindestbauteildicken, die für Beton mit den Anforderungen der WU-Richtlinie (WU-Beton) gelten, siehe [1], Abschnitt 7.1. Eine vorgesehene Unterschreitung dieser Mindestbauteildicken sollte vorab durch den Planer mit allen Beteiligten abgestimmt werden. Bei Beanspruchungsklasse 1 sind nach [1] zusätzliche Anforderungen an das lichte Innenmaß $b_{w,i}$ zu beachten.
- Bei Ausnutzung der Mindestbauteildicken nach WU-Richtlinie [1] ist bei Beanspruchungsklasse 1 ein WU-Beton mit einem $(w/z)_{eq} \leq 0,55$ und bei Wänden zusätzlich ein Größtkorn der Gesteinskörnung ≤ 16 mm zu verwenden. Diese zusätzlichen Anforderungen sind in die Ausschreibung und in die Ausführungsunterlagen aufzunehmen.
- Das Fugenabdichtungssystem ist als geschlossenes Abdichtungssystem für Arbeits-/ Sollriss- / Dehnfugen im Detail zu planen. Gleichermaßen sind Abdichtungen von Durchdringungen wie z. B. Rohrdurchführungen, Schalungsankern, Erdungsanker zu planen. Der Abstand zwischen der Bewehrung und dem Fugenabdichtungssystem ist so zu planen, dass ein vollständiges Einbetonieren des Fugenabdichtungssystems möglich ist, vgl. auch [9], [10], [13].
- Bei WU-Betonbauwerken ist das nachträgliche Abdichten von Rissen oder anderen Undichtigkeiten von der Luftseite her relativ einfach möglich, wenn die Bauteilinnenflächen zugänglich sind. Die Zugänglichkeit zu den Bauteilinnenflächen (Wände und Sohlplatte) des WU-Betonbauwerkes ist bei der Planung von TA-Anlagen und Wand- / Bodenaufbauten zu berücksichtigen. Zur Herstellung der Zugänglichkeit kann die bereichsweise Entfernung eines (durchfeuchteten) Aufbaus erforderlich werden.
- Unter bestimmten Randbedingungen (z. B. Zugänglichkeit zur Betonkonstruktion nicht dauerhaft sichergestellt, Rissbildung während der Nutzung konzeptionell nicht auszuschließen, Wasserwechselzone, Undichtigkeiten vor Nutzungsbeginn wegen fehlendem Wasser nicht erkennbar) kann die Verwendung von *Frischbetonverbundsystemen* (FBV-Systeme) in Kombination mit einem WU-Betonbauwerk als vorsorglicher Schutz zur Abdichtung planmäßiger, unplanmäßiger, nicht erkennbarer oder nicht zugänglicher Trennrisse in Erwägung gezogen werden, vgl. [5, 6, 7, 8]. Die Verwendung von FBV-Systemen ist weder in der WU-Richtlinie Ausgabe

2017 [1] noch der DIN 18533 [20] geregelt und entspricht demnach derzeit nicht den anerkannten Regeln der Technik. Darüber müssen alle Beteiligten von Seiten des Planers aufgeklärt werden. Die Konzeption des WU-Betonbauwerkes sowie die Detailplanung, insbesondere der Übergänge und Durchdringungen, muss auf die Verwendung eines FBV-Systems abgestimmt sein (ganzheitliche Planung). Der Nachweis der Verwendungseignung und der Verträglichkeit aller eingesetzten Komponenten inkl. der Übergänge ist durch aussagekräftige Unterlagen, z. B. allgemeine bauaufsichtliche Prüfzeugnisse (abP), zu belegen. Hinweise zur Ausführung von WU-Betonbauwerken mit FBV-Systemen können Kapitel 5 entnommen werden.

- Es hat sich bewährt, dass der Planer die Bauausführung aller für die Wasserundurchlässigkeit wesentlichen Arbeiten des WU-Betonbauwerkes nach dem qualitätssichernden Vier-Augen-Prinzip überwacht (Leistungsphase 8 nach HOAI).

Hinweise beim Einsatz von Elementwänden:

- Die Entscheidung für den Einsatz von Elementwänden muss so früh wie möglich (i. d. R. in der Entwurfsplanung) getroffen werden, vgl. dazu auch die Hinweise im Abschnitt 5.
- Bei der Verwendung von Elementwänden ist aus Gründen einer besseren Betonierbarkeit eine Mindestdicke von 30 cm zu empfehlen, wenn in der Ortbetonergänzung ein Fugenabdichtungssystem und eine Anschlussbewehrung liegen. Zur Sicherstellung der Betonierbarkeit und des fachgerechten Einbaus von innenliegenden Fugenabdichtungen gelten nach WU-Richtlinie [1] besondere Anforderungen an die lichten Innenmaße $b_{w,i}$ (zwischen den Bewehrungslagen und bei Elementwänden ohne Bewehrung zwischen den Innenflächen der Fertigteilplatten). Bei Elementwänden führen diese lichten *Innenmaße* $b_{w,i}$ in vielen Fällen zu dickeren Bauteilen als die Mindestdicken nach WU-Richtlinie [1].
- Bei der Verwendung von Elementwänden werden die Elementstoßfugen in der Regel als Sollrissfugen mit Dichtelement ausgebildet. Die Möglichkeit, eine einreihige Anschlussbewehrung vorzusehen oder sogar auf eine Anschlussbewehrung zu verzichten, sollte mit dem Ziel einer besseren Betonierbarkeit geprüft werden, vgl. lichte Innenmaße $b_{w,i}$.

5 Bauausführende

WU-Betonbauwerke erfordern – wie jede Art der Abdichtung gegen Wasser – besondere Sorgfalt bei der Ausführung. Das im Detail geplante WU-Betonbauwerk soll deshalb von Fachunternehmen ausgeführt werden.

Vor der Bauausführung müssen die ausführbaren Planunterlagen mit allen für das WU-Betonbauwerk relevanten Details vorliegen. Noch vorhandene Unklarheiten oder fehlende Detailplanung wie z. B. der Hinweis auf Ausführungsplänen »Arbeitsfugen nach Festlegung des bauausführenden Unternehmens« sollten bei WU-Betonbauwerken nicht akzeptiert und eine vollständige und plausible Planung eingefordert werden.

Sind im Leistungsumfang des Bauausführenden auch Leistungen für die Planung von WU-Betonbauwerken enthalten, sollte der Bauausführende einen geeigneten Planer beauftragen, um das Haftungsrisiko für die Planung abzugeben.

Werden vom Bauunternehmen Änderungen vorgeschlagen (z. B. Verwendung von *Elementwänden* anstatt der vorgesehenen Ortbetonkonstruktion), muss die Planung durch einen Planer (Objekt- und Tragwerksplaner) angepasst werden. Der

Einfluss auf die Planungskosten, die Bauzeit und die Risikoübernahme sind zu berücksichtigen.

Empfohlen wird ein Betonstartgespräch. Ausführende und Betontechnologen sollten spätestens jetzt die sich aus dem Entwurfsgrundsatz und der Konstruktion ergebenden ausführung- und betontechnischen Maßnahmen abstimmen und einen Betonierplan erstellen. Aus betontechnischer Sicht bedeutet dies, dass die Vorgaben der WU-Planung hinsichtlich einer Unterlage für die WU-Bodenplatte (Sauberkeitsschicht, Dämmung, Gleitschicht etc.), der Expositionsklassen, der WU-Eigenschaften des Betons, der Betondruckfestigkeitsklasse, der vorgegebenen Festigkeitsentwicklung, der Hydratationswärmeentwicklung und des Schwindens in entsprechende Betoneigenschaften umzusetzen sind. Der Betonierplan umfasst im Wesentlichen Vorgaben zu Betonierabschnitten, zur Höhe der erforderlichen Anschlussmischung (Beton mit reduziertem Größtkorndurchmesser), zur Höhe der Schüttagelagen, zur Fallhöhe (bzw. Länge der Fallrohre oder Einbauschläuche), zu Einfüll- und Rüttelöffnungen, zu Art und Anzahl der Verdichtungsgeräte (Rüttler), zur erforderlichen Rütteldauer, zum Zeitpunkt des Nachverdichtens und zur Art und Dauer der Nachbehandlung. Die logistischen Randbedingungen, die Bauteildicke und die während der Ausführung zu erwartenden Witterungseinflüsse sind in die Überlegungen mit einzubeziehen.

Besonders zu berücksichtigen ist das Entstehen und Abfließen von Hydratationswärme, insbesondere bei massigen Bauteilen (z. B. dicken Bodenplatten), vgl. hierzu DAfStb-Richtlinie »Massige Bauteile aus Beton« [14].

Fugenabdichtungssysteme (z. B. Fugenbleche, Fugenbänder, Injektionsschlauchsysteme), andere Abdichtungen (z. B. streifenförmige außenliegende Fugenabdichtungen) oder Frischbetonverbundsysteme gemäß WU-Planung sind fachgerecht lagerichtig und stabil einzubauen. Die für das wasserdichte Verbinden von Fugenabdichtungen geltenden Regelungen aus allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnissen, Normen und der WU-Richtlinie sind zu beachten.

Die Nachbehandlung ist Teil des Betonierplans. Insbesondere in der kalten Jahreszeit oder bei dicken Bauteilen kann zudem eine auf die Planung abgestimmte thermische Nachbehandlung, z. B. durch Auflegen von Wärmedämmmatten erforderlich werden. Die thermische Nachbehandlung (Zeitpunkt Auflegen und Entfernen der Wärmedämmmatten) muss sorgfältig in Abstimmung mit dem Planer geplant werden.

Insbesondere sind bei der Ausführung zu beachten:

Bewehrungsarbeiten

- Geeignete Abstandshalter für WU-Betonbauwerke verwenden. Diese müssen der Vorgabe des Planers entsprechen.
- Auf einen ausreichenden Abstand der Bewehrung zu Fugenabdichtungssystemen ist zu achten (Vorgabe der Planung).

Schalung

Die Dichtigkeit der Schalung verhindert das Auslaufen von Zementleim. Insbesondere im Anschlussbereich Boden – Wand kann durch auslaufenden Zementleim die Dichtigkeit des WU-Betonbauteils (Einbindung Fugenabdichtung) beeinträchtigt werden.

Fugenabdichtungssysteme

- Alle Elemente des Fugenabdichtungssystems müssen gegen Verschieben und Umknicken sowie gegen Beschädigungen vor, während und nach der Betonage gesichert werden.
- Arbeitsfugen und Fugenabdichtungssysteme sind vor und

nach dem Betonieren sorgfältig zu säubern und zu kontrollieren. Mörtelanreicherungen sind unmittelbar nach der Betonage zu entfernen.

Betoneinbau

- Der Beton muss so eingebaut und verdichtet werden, dass ein monolithisches und dichtes Betongefüge ohne Fehlstellen entsteht. Eine auf die Konsistenz abgestimmte Verdichtung (in der Regel durch Rütteln) gewährleistet, dass insbesondere in Fugenbereichen die Bewehrung und Fugenabdichtungssysteme dicht umschlossen werden. Die Vernadelung der einzelnen Betonierlagen (ca. 50 cm pro Lage) muss zu jedem Zeitpunkt gewährleistet sein, um unplanmäßige »kalte« Fugen auszuschließen, hierbei ist unter Umständen der Einsatz eines Betonverzögerers sinnvoll.
- Der Beton darf nicht übermäßig *Bluten*, damit »Wassersäcke« unter horizontaler Bewehrung oder Mörtelanreicherungen an Fugenabdichtungskonstruktionen vermieden werden. Ein übermäßiges Bluten kann durch Begrenzung der Blutwassermenge, z. B. auf 6 kg/m^3 (Bluteimerverfahren nach DBV-Merkblatt »Besondere Verfahren zur Prüfung von Frischbeton« [15]) vermieden werden. Dies muss vertraglich mit dem Betonlieferanten vereinbart werden. Eine Blutwassermenge kleiner als 6 kg/m^3 wird üblicherweise bei einem Beton der Druckfestigkeitsklasse C30/37 mit einem maximalen Wassergehalt von 175 kg/m^3 eingehalten.
- Die freie Fallhöhe des Betons sollte 100 cm möglichst nicht übersteigen (Verwendung von Einbaurohren oder -schläuchen, die erst unmittelbar über der Verarbeitungsstelle enden, ansonsten ist nach WU-Richtlinie [1] eine Anschlussmischung zwingend gefordert).

Elementwände

- *Elementwände* müssen so transportiert, entladen, gelagert und montiert werden, dass sie nicht beschädigt werden. Elemente mit für die Dichtigkeit relevanten Beschädigungen sind entweder auszusortieren oder fachgerecht instand zu setzen.
- Die Innenoberflächen der Fertigteilplatten müssen vollflächig rau sein und eine *mittlere Rautiefe* von mindestens 1,5 mm aufweisen. Dies ist nach [1] bei Anlieferung auf der Baustelle visuell zu prüfen, im Zweifelsfall zu messen (z. B. Sandflächenverfahren) und zu dokumentieren. Elemente mit nicht ausreichender Rauigkeit dürfen nicht verwendet werden.
- Die Innenflächen der Fertigteilplatten sind vor dem Betonieren ausreichend vorzunässen (matt feucht). Stehendes Wasser in der Arbeitsfuge Wand / Bodenplatte ist zu entfernen. Das Vornässen muss nach WU-Richtlinie [1] dokumentiert werden. Die Oberflächentemperatur der Fertigteilplatten muss beim Vornässen und während des Betonierens über 0°C liegen.
- Zur Erzielung dichter Fugen ist auf ausreichende Verdichtung des Betons zu achten (siehe Hinweis *Betoneinbau*).

Nachbehandlung

Die Nachbehandlung erfolgt nach den Vorgaben des Betonierplans.

Eigenüberwachung durch das Bauunternehmen

- Betone für WU-Betonbauwerke werden der Überwachungsklasse 2 nach DIN 1045-3 [16] zugeordnet. Erforderliche Prü-

fungen und Dokumentationspflichten können DIN 1045-3, Anhang NB [16] entnommen werden.

- Bei WU-Bauteilen ist eine über die DIN 1045-3 [16] hinausgehende Eigenüberwachung durch das Bauunternehmen mit Unterstützung z. B. eines Betontechnologen zu empfehlen. Hierzu zählen, z. B.:
 - o Die Überprüfung der Konsistenz erfolgt durch die Ermittlung des Ausbreitmaßes bei jedem Fahrzeug mit Untersuchungen des Wassersaumes auf dem Ausbreittisch
 - o Die Überprüfung des Wassergehaltes erfolgt durch Darrversuche (z. B. Mikrowellendarren nach [15]).
- Die Überprüfung der Wasserabsonderung (Bluten) erfolgt durch den »Bluteimertest« nach [15]. Weitere für die Wasserundurchlässigkeit relevante Punkte (z. B. Fugenabdichtungen) sind im Sinne einer Qualitätssicherung laufend zu kontrollieren und zu dokumentieren.

Überwachung der Bauausführung

Es hat sich bewährt, dass der Planer die Bauausführung aller für die Wasserundurchlässigkeit wesentlichen Arbeiten des WU-Betonbauwerkes nach dem qualitätssichernden Vier-Augen-Prinzip überwacht (Leistungsphase 8 nach HOAI).

Ausführung von Frischbetonverbundsystemen (FBV-Systeme) in Verbindung mit WU-Betonbauwerken

Die Baustelle (Rohbaugewerk) sowie ggfs. auch die Nachfolgegewerke müssen über die Besonderheiten bei der Verwendung von FBV-Systemen informiert werden. Der Bauablauf muss auf die Verwendung von FBV-Systemen abgestimmt werden.

Für die Funktionstüchtigkeit von FBV-Systemen in Verbindung mit WU-Betonbauwerken ist es entscheidend, dass die FBV-Systemkomponenten zu einem dichten System gefügt sind und durch Verbund einen vollflächigen Hinterlaufschutz zwischen FBV-System und WU-Betonbauwerk entsteht.

Eine Qualitätsüberwachung sollte in mehreren Arbeitsschritten durchgeführt werden, da es durch nachfolgende Gewerke zu Beschädigungen der eingebauten FBV-Systeme kommen kann, vgl. [8]:

1. Vor der Verlegung des FBV-Systems
2. Nach der Verlegung des Frischbetonverbundsystems,
3. Nach der Verlegung der Bewehrung vor der Betonage,
4. Wo möglich abschließende Kontrolle nach dem Ausschalen und vor der Verfüllung des Arbeitsraumes.

Insbesondere sind bei der Qualitätsüberwachung folgende Punkte zu beachten:

- Schutz des verlegten FBV-Systems vor Verschmutzung (insbesondere in der Arbeitsfuge und Boden-Wand-Fuge) und vor Beschädigungen,
- Kontrolle vor der Betonage auf Beschädigungen und ggf. Reparatur nach Herstellerangaben,
- Kontrolle auf Sauberkeit und Entfernen von eventuellen Verschmutzungen, ausgelaufener Zementschlämme und Wasseransammlungen,
- Einhaltung der Ausschalfristen, insbesondere bei Wänden und Festlegung eines baustellengerechten Anfüllschutzes.

6 Glossar

Beanspruchungsklasse: Art der Beaufschlagung des Bauwerks oder Bauteils mit Feuchte oder Wasser nach WU-Richtlinie [1].

- Beanspruchungsklasse 1: ständig oder zeitweise drückendes Wasser, auch zeitweise aufstauendes Sickerwasser;
- Beanspruchungsklasse 2: Bodenfeuchte (kapillar im Boden gebundenes Wasser) und an der Wand frei ablaufendes Wasser (nicht stauendes Sickerwasser).

Die Beanspruchungsklasse zusammen mit dem Bemessungswasserstand ist vom Sachverständigen für Geotechnik verantwortlich festzulegen, vgl. WU-Richtlinie [1], Anhang A, Tabelle A.1.

Bedarfsplanung: methodische Ermittlung der Wünsche und Bedürfnisse von Bauherren und Nutzern, zielgerichtete Aufbereitung als Bedarf und Umsetzung in bauliche Anforderungen. Hilfestellung gibt DIN 18205 »Bedarfsplanung im Bauwesen« [17].

Begrenzung des Wasserdurchtritts: siehe Nutzungsklasse B und Selbstheilung

Bemessungswasserstand (höchster planmäßiger Wasserstand): Der Bemessungswasserstand ist der höchste innerhalb der planmäßigen Nutzungsdauer zu erwartende Wasserstand (Grundwasser, Schichtenwasser, Hochwasser). Der Bemessungswasserstand ist unter Berücksichtigung langjähriger Beobachtungen und zu erwartender zukünftiger Gegebenheiten (z. B. ein zu erwartender Anstieg des Grundwasserstandes) zu ermitteln. Gemäß DAfStb-Heft 555 [2] sollte, wenn keine langjährigen Be-

obachtungen vorliegen oder die zu erwartenden künftigen Gegebenheiten (»Blick in die Zukunft«) nicht abgeschätzt werden können, der Bemessungswasserstand auf der sicheren Seite liegend auf Höhe der Geländeoberkante angesetzt werden.

Die Beanspruchungsklasse zusammen mit dem Bemessungswasserstand ist vom Sachverständigen für Geotechnik verantwortlich festzulegen, vgl. WU-Richtlinie, Anhang A, Tabelle A.1.

Betone mit hohem Wassereindringwiderstand: Nach DIN 1045-2 [18], Abschnitt 5.5.3 sind die Anforderungen an Betone mit einem hohen Wassereindringwiderstand bei Bauteildicken bis 40 cm wie folgt definiert: $(w/z)_{eq} \leq 0,60$, Mindestzementgehalt 280 kg/m³, bei Anrechnung von Zusatzstoffen 270 kg/m³, Mindestdruckfestigkeitsklasse C25/30, siehe [18]. Beim Ausnutzen der Mindestdicken (Mindestdicken + maximal 15 %) und Beanspruchungsklasse 1 nach WU-Richtlinie [1]: $(w/z)_{eq} \leq 0,55$. Bei Bauteildicken über 40 cm können nach [18] auch höhere $(w/z)_{eq}$ -Werte in Betracht kommen.

Bluten von Betonen: Wasserabsonderung an der Betonoberfläche infolge Sedimentation von Feststoffen. Folgen: lokale Änderung des Wasserzementwerts, Anreichern einer wasserhaltigen Schlämme an der Bauteiloberfläche, Setzen des Frischbetons und damit einhergehend evtl. Bildung von »Wassersäcken« unter der oberen Bewehrung sowie Verbundstörungen. Weitere Hinweise zum Bluten von Betonen können [15] entnommen werden.

Chemische Zusammensetzung des anstehenden Wassers:

Aus der chemischen Zusammensetzungen gemäß Bodengutachten ist sofern zutreffend die Einstufung hinsichtlich chemischem Betonangriff, Expositionsclassen XA1 bis XA3 gemäß DIN EN 206-1 / DIN 1045-2 [18], Tabelle 2, anzugeben. Falls der Sulfatgehalt des Grundwassers $> 600 \text{ mg/l}$ beträgt, ist dieser zusätzlich zur XA Klasse anzugeben. Bei XA3 sind i.d.R. zusätzliche Schutzmaßnahmen für den Beton erforderlich. Ist eine Einstufung in eine XA Klasse erforderlich, ist im Einzelfall zu prüfen, ob eine Selbstheilung möglich ist. Für angreifende Wässer mit $> 40 \text{ mg/l CO}_2$ (kalklösende Kohlensäure) oder mit pH-Wert $< 5,5$ darf nach [1] die Selbstheilung der Risse ebenfalls nicht in Ansatz gebracht werden.

Drückendes Wasser: siehe unter »Beanspruchungsklasse«

Elementwände (auch: Dreifachwände, Hohlwände, Doppelwände): Hierbei handelt es sich um zwei Betonfertigteileplatten, die über Gitterträger miteinander verbunden sind. In den Zwischenraum wird nach dem Einbau der Elementwände auf der Baustelle Ort beton eingebracht und verdichtet, sodass sich nach dem Erhärten ein monolithisches Bauteil ergibt. Voraussetzung für den flächigen Verbund der Ortbetonergänzung mit den beiden Fertigteileplatten ist eine ausreichende Rauigkeit der vorgehängten Innenflächen der Fertigteileplatten sowie die fachgerechte Betonage. Die Rauigkeit wird u. a. auch mit dem Begriff der »mittleren Rautiefe« beschrieben. Bei fehlendem Verbund zwischen Ortbetonergänzung und Fertigteileplatte kann sich z. B. durch Risse eindringendes Wasser in der Verbundfuge ausbreiten. Die Undichtigkeit ist in einem solchen Fall nur schwierig und mit viel Aufwand zu lokalisieren. Eine Instandsetzung ist entsprechend teuer. Die Mindestdicken von Elementwänden sowie die lichten Abstände $b_{w,i}$ zwischen den beiden Fertigteileplatten bzw. zwischen den Bewehrungslagen in der Ortbetonergänzung sind gemäß [1] einzuhalten. Weitere Hinweise zu Elementwänden können [1] und [9] entnommen werden.

Entwurfsgrundsätze hinsichtlich Trennrissen: siehe Risse in WU-Betonbauwerken

Frischbetonverbundsysteme (FBV-Systeme): FBV-Systeme sind vorzinstallierende Systeme für Betonbauwerke. FBV-Systeme bestehen aus einer dehnfähigen Dichtungsschicht mit einer darauf applizierten Verbundschicht. Sie werden auf einer ebenen Unterlage (z. B. eine glatt abgezogene Sauberkeitsschicht ohne hervorstehende Grate etc.) in Bahnen verlegt und gemäß abP zu einer dauerhaft dichten Hülle zusammengefügt. Nach Verlegen der Bewehrung erfolgt die Betonage des WU-Betonbauteils. Der Beton verbindet sich während seiner Erhärtung mit dem FBV-System. Dadurch entsteht eine hinterlaufsichere Hülle. Während aller Arbeitsschritte ist zur Sicherstellung der Hinterlaufsicherheit insbesondere auf die Sauberkeit des Frischbetonverbundsystems zu achten. Der Einsatz von FBV-Systemen in Verbindung mit WU-Betonbauwerken kann dann von Vorteil sein, wenn:

- Trennrisse im Beton konzeptionell nicht ausgeschlossen werden können und eine nachträgliche Injektion von Rissen nicht gewollt oder möglich sind, weil zum Beispiel die Zugänglichkeit zur Bauteilinnenfläche nicht gegeben ist,
- Trennrisse im Beton konzeptionell nicht ausgeschlossen werden können, weil evtl. wasserführende Trennrisse nicht zielsicher erkennbar sind (z. B. bei Wasserwechselzonen),

- ein Schutz der Betonkonstruktion z. B. bei betonangreifenden Grundwasser erforderlich ist,
- ein besonderer Schutz vor Radon oder Methangas gewünscht wird,
- ein WU-Betonbauwerk als direkt befahrene Parkfläche ausgeführt wird, z. B. mit einer luftseitig aufgetragenen rissüberbrückenden Beschichtung zum Schutz der Konstruktion vor chloridhaltigen Wässern aus dem Parkbetrieb.

Die Planung von WU-Betonbauwerken in Verbindung mit FBV-Systemen erfolgt meist nach Entwurfsgrundsatz [a] oder [c] favorisiert wird aktuell der Entwurfsgrundsatz [c]. Das FBV-System stellt in diesem Fall eine »vorweggenommene planmäßige« Abdichtung der Risse dar und kann aus technischer Sicht die sonst übliche *Injektion von Rissen* ersetzen.

Die Verwendung von FBV-Systemen ist derzeit jedoch weder in den DIN 18533 [20] noch in der WU-Richtlinie [1] geregelt. Somit entspricht die Verwendung von FBV-Systemen derzeit nicht den anerkannten Regeln der Technik. Planung, Ausschreibung und Ausführung erfolgt derzeit auf der Grundlage bauaufsichtlicher Prüfzeugnisse. Der Einsatz von FBV-Systemen muss nach Aufklärung durch den Planer mit dem Bauherrn und ggfs. sonstigen Beteiligten abgestimmt werden. Die Aufklärung, die Abstimmung und die Zustimmung des Bauherrn zur Verwendung von FBV-Systemen sollte unbedingt dokumentiert werden.

Betonkonstruktion und FBV-Systeme müssen »ganzheitlich« geplant werden. Dazu gehört der Nachweis der Verwendungseignung und der Verträglichkeit aller eingesetzten Komponenten im Verbund. FBV-Systeme sollten nur von zertifizierten Fachunternehmen verarbeitet werden. Weitere Hinweise zu FBV-Systemen können den Abschnitten »Planung« und »Bauausführung« entnommen werden. Praktische Erfahrungen bei Verwendung von FBV-Systemen können unter anderem [5, 6, 7, 8] entnommen werden.

Fugenabdichtungssysteme: Fugen und Fugenabdichtungssysteme sind zu planen. Nach WU-Richtlinie [1] sind Fugen und Durchdringungen dauerhaft planmäßig wasserdicht auszubilden, d. h., in der Regel mit einem Fugenabdichtungssystem zu versehen. Ein Wasserdurchtritt ist nicht zulässig.

Als Abdichtung können innenliegende Fugenabdichtungssysteme (in Abhängigkeit der Fugenart, z. B. Fugenbleche oder Fugenband, u. a.) oder außenliegende Fugenabdichtungssysteme (Fugenband, Adhäsionsdichtung) zur Anwendung kommen. Die Fugenabdichtung muss als geschlossenes, lückenloses Abdichtungssystem ausgebildet werden. Adhäsionsdichtungen können nur dann zur Ausführung kommen, wenn die Zugänglichkeit des Bauwerks an der Außenseite (ausreichend breiter Arbeitsraum!) umlaufend gegeben ist.

Die Verwendungseignung von Fugenabdichtung muss nachgewiesen werden. Fugenbänder nach DIN 7865 [11] und DIN 18541 [12] dürfen nur nach den Verwendungsregeln von DIN 18197 [13] eingesetzt werden, die Verwendung von unbeschichteten Fugenblechen ist in der WU-Richtlinie [1] geregelt. Für alle anderen Fugenabdichtungssysteme ist nach [1] ein allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis (abP) als Verwendungsnachweis vorzulegen. Gültige bauaufsichtliche Prüfzeugnisse sind unter www.abp-fugenabdichtungen.de aufgelistet.

Zwischen innenliegenden Fugenabdichtungssystemen (z. B. Fugenbänder, Fugenbleche) und der Bewehrung muss ein lichter Abstand von mindestens 20 mm eingehalten werden. Dies gilt insbesondere auch für außenliegende Fugenbänder. Der lichte

Abstand zwischen der Anschlussbewehrung und einem innenliegenden Fugenband sollte nach [13] mindestens 50 mm betragen. Weitere Hinweise zu Fugenabdichtungssysteme können z. B. [10] entnommen werden.

Hochwertige Nutzung: siehe »Nutzungsklassen«

Hoher Wassereindringwiderstand: siehe Beton mit hohem Wassereindringwiderstand

Injektion (Verpressen): Das Abdichten von wasserführenden Trennrissen (vgl. Risse) oder sonstigen Undichtigkeiten nach [1] durch Injektion mit Materialien gemäß DAFStb Richtlinie »Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen« (Instandsetzungsrichtlinie) [21]. Injektionen werden in der Regel von innen durchgeführt, dazu muss die Zugänglichkeit der Bauteiloberfläche gegeben sein.

Bei der Injektion von wasserführenden Rissen kann es sich um eine zum Entwurf gehörende planmäßige Maßnahme handeln (EGS \square). Es kann sich auch um eine Maßnahme zum Abdichten von außerplanmäßigen Rissen oder sonstigen Undichtigkeiten handeln. In jedem Fall sind Injektionsmaßnahmen von einem sachkundigen Planer nach DAFStb-Instandsetzungsrichtlinie [21] zu planen (Injektionsmaterialien, Verfahren, Anordnung von Bohrkanälen, etc.). Hinweis: Die DAFStb-Instandsetzungsrichtlinie gilt nur bis zur Einführung der DAFStb-Instandhaltungsrichtlinie.

Innenmaße $b_{w,i}$: Für Ortbeton- oder Elementwände bei Beanspruchungsklasse 1 gelten über die empfohlenen Mindestdicken nach WU-Richtlinie [1] hinaus besondere Anforderungen an die lichten Innenmaße $b_{w,i}$ zwischen den Bewehrungslagen und bei Elementwänden ohne Bewehrung in der Ortbetonergänzung zwischen den Innenflächen der Fertigteilplatten zur Sicherstellung der Betonierbarkeit und eines fachgerechten Einbaus von innenliegenden Fugenabdichtungen. (Hinweis: D_{max} – Durchmesser des Größtkorns der Gesteinskörnung)

bei $D_{max} = 8 \text{ mm}$: $b_{w,i} \geq 120 \text{ mm}$;
 bei $D_{max} = 16 \text{ mm}$: $b_{w,i} \geq 140 \text{ mm}$;
 bei $D_{max} = 32 \text{ mm}$: $b_{w,i} \geq 180 \text{ mm}$.

In vielen Fällen führen die genannten Mindestabstände aufgrund der Anforderung zur Betonierbarkeit zu dickeren Bauteilen als die Mindestdicken nach WU-Richtlinie [1].

Mittlere Rautiefe: Maß für die Rauigkeit einer Oberfläche, hier speziell für die Innenflächen der beiden Fertigteilplatten bei Elementwänden. Die Rautiefe kann mit dem Sandflächenverfahren nach Kaufmann bestimmt bzw. überprüft werden. Allerdings ist das Verfahren nur bei horizontalen Flächen anwendbar. Nach der WU-Richtlinie 2017 [1] muss die Rauigkeit der Elementwände im Lieferwerk regelmäßig kontrolliert werden

Auf der Baustelle ist eine stichprobenartige Sichtprüfung der mittleren Rautiefe vorzunehmen und die Messung im Zweifelsfall. Für weitere Hinweise siehe auch [9].

Nutzungsklassen: In der WU-Richtlinie [1] sind unterschiedliche Nutzungsklassen für WU-Betonbauwerke definiert:

- Nutzungsklasse A: Feuchtstellen auf der luftseitigen Bauteiloberfläche als Folge von Wasserdurchtritt sind nicht zulässig (kein Wasserdurchtritt);
- Nutzungsklasse B: Feuchtstellen auf der luftseitigen Bauteiloberfläche (im Sinne von feuchtebedingten Dunkelverfärbungen, ggfs. Bildung von Wasserperlen an diesen Stellen) als Folge von Wasserdurchtritt sind zulässig (begrenzter Wasserdurchtritt). Nicht zulässig ist nach [1] ein Wasserdurchtritt, der zum Abfließen oder Abtropfen von Wassertropfen oder zu Pfützenbildung führt.

Die Nutzungsklasse ist durch den Planer unter Mitwirkung des Bauherrn (vgl. WU-Richtlinie [1], Anhang A, Tabelle A.1) festzulegen und ist die Grundlage für den Entwurf, die Konstruktion und die weitere Planung von WU-Betonbauwerken. Der Bauherr muss die von ihm vorgesehene Nutzung benennen.

Die Nutzungsklasse B ist z. B. für Parkhäuser, in die ohnehin durch den PKW-Verkehr Wasser eingetragen wird, oder sonstige »Feuchträume«, wie Schächte ö. ä. gedacht. WU-Betonbauwerke der Nutzungsklasse B sind weniger aufwendig und daher i. d. R. kostengünstiger als WU-Betonbauwerke der Nutzungsklasse A.

Nach DAFStb-Heft 555 [2] ist standardmäßig im Wohnungsbau von Nutzungsklasse A auszugehen, dies gilt auch für übliche Keller. Zu beachten ist, dass bei Nutzungsklasse A gemäß WU-Richtlinie [1] lediglich der Wasserdurchtritt durch die Konstruktion

Tab 2: Differenzierung der Nutzungsklasse A in Abhängigkeit von raumklimatischen Anforderungen [3]

	1	2	3	4	5
	Unterklasse	Raumnutzung	Raumklima (i.d.R.)	Beispiele (informativ)	Maßnahmen (informativ)
1	A***	anspruchsvoll	warm, sehr geringe Luftfeuchte, geringe Schwankungsbreite der Klimawerte	Archive, Bibliotheken, Technikräume mit feuchteempfindlichen Geräten (Labor, EDV usw.), Lager für stark feuchte- oder temperatur-empfindliche Güter	Wärmedämmung nach EnEV ³⁾ , Heizung, Zwangslüftung, Klimaanlage (Luftentfeuchtung)
2	A**	normal	warm, geringe Luftfeuchte, mäßige Schwankungsbreite der Klimawerte	Räume für dauerhaften Aufenthalt von Menschen wie Versammlungs-, Büro-, Wohn-, Aufenthalts- oder Umkleieräume, Verkaufstäten, Lager für feuchteempfindliche Güter, Technikzentralen	Wärmedämmung nach EnEV ³⁾ , Heizung, Zwangslüftung, ggf. Klimaanlage
3	A*	einfach	warm bis kühl, natürliche Luftfeuchte, große Schwankungsbreite der Klimawerte	Räume für zeitweiligen Aufenthalt von wenigen Menschen, ausgebauter Kellerräume, wie Hobbyräume, Werkstätten, Waschküche im Einfamilienhaus, Wäschetrockenraum, Abstellräume	Wärmedämmung nach EnEV ³⁾ , ggf. ohne Heizung, natürliche Lüftung (Fenster, Lichtschächte, ggf. nutzerunabhängig)
4	A ⁰¹⁾	untergeordnet	keine Anforderungen	einfache Technikräume (z. B. Hausanschlussraum)	–

¹⁾ entspricht der WU-Richtlinie [1], 5.3 (2). u.U. ist eine Einordnung in Nutzungsklasse B möglich
²⁾ Baukonstruktive Anforderungen an die Zugänglichkeit der umschließenden Bauteile sind immer zu beachten.
³⁾ EnEV: Energieeinsparverordnung

unzulässig ist. Bestehen zusätzliche Anforderungen aus Nutzung an das Raumklima (Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit), ist eine der Nutzungsklassen A* bis A*** nach dem DBV Merkblatt »Hochwertige Nutzung von Untergeschossen« [3] festzulegen. In [3] sind Nutzungsklassen gemäß Tab. 2 definiert:

Für Kellerräume mit üblicher Nutzung (z. B. Abstellräume, Mietkeller) im allgemeinen Hochbau sollte als »Normalfall« die Nutzungsklasse A** angesetzt werden um insbesondere Kondensfeuchte auf den Innenwänden zu vermeiden. Dazu ist beispielsweise eine Dämmung der Außenwände, eine Heizung und / oder Lüftung bzw. ggfs. eine Entfeuchtung erforderlich, vgl. [3].

Reduzierung von Verformungen: Betonbauteile erwärmen sich während der Hydratation (Erhärtungsphase) und dehnen sich dabei aus. Ist der Hydratationsprozess abgeschlossen, fließt die Hydratationswärme ab und die Betonbauteile verkürzen (= verformen) sich. Weitere Verformungen können durch jahreszeitliches Erwärmen und Abkühlen entstehen. Auch durch Austrocknungsprozesse (Schwinden) verkürzen (= verformen) sich Betonbauteile. Verformungen können reduziert werden, indem eine Betonzusammensetzung gewählt wird, die während der Hydratation möglichst wenig Wärme entwickelt und im maximalen Wassergehalt begrenzt ist. Das Schwinden kann durch eine geeignete Betonzusammensetzung reduziert, jedoch nicht vermieden werden. Ist ein Betonbauteil der Witterung oder jahreszeitlich bedingten Temperaturdifferenzen ausgesetzt, werden auch jahreszeitlich bedingte Verformungen auftreten.

Risse im Stahlbetonbau: Risse sind typisch für die Bauart Stahlbeton. Die Dauerhaftigkeit (und damit die Tragfähigkeit) und die Gebrauchstauglichkeit sind in der Regel dann nicht eingeschränkt, wenn entweder Risse in ihrer Breite begrenzt werden oder breite Risse mit planmäßigen Maßnahmen geschlossen werden. Bei WU-Bauwerken kann eine darüber hinausgehende Reduzierung der *Rissbreite* erforderlich werden (»Risse in WU-Betonbauwerken«). Grundsätzlich muss zwischen der rechnerischen Rissbreite gemäß [22] und den Ist-Rissbreiten am Bauwerk unterschieden werden. Rechenwerte der Rissbreite sind grundsätzlich nur als Anhaltswerte zu verstehen, deren gelegentliche geringfügige Überschreitung im Bauwerk nicht ausgeschlossen werden kann. Aus Abb. 1 kann entnommen werden, dass beispielsweise bei einer rechnerischen Rissbreite von $w_k = 0,20$ mm ca. 20 % aller am Bauwerk möglichen Risse im abge-

schlossenen Rissbild Breiten größer als 0,20 mm aufweisen können. Die rechnerische Rissbreite ist definiert als mittlere Breite im Wirkungsbereich der Bewehrung und weicht in der Regel von der an der Bauteiloberfläche messbaren Breite ab. Weitere Informationen zu Rissen enthält DAFStb-Heft 600 – Erläuterungen zu DIN EN 1992-1-1 und DIN EN 1992-1-1/NA (Eurocode 2) [23] und das DBV-Merkblatt »Begrenzung der Rissbildung im Stahlbeton- und Spannbetonbau« [24].

Risse in WU-Betonbauwerken: Siehe »Risse im Stahlbetonbau« mit folgenden Ergänzungen: Bei WU-Betonbauwerken kann Wasser durch Trennrisse (Risse, die die WU-Betonbauwerke auf der gesamten Dicke durchtrennen) eindringen. Deshalb muss bereits bei der Planung ein Entwurfsgrundsatz (EGS) hinsichtlich Trennrisse festgelegt werden. Bei WU-Betonbauwerken müssen Trennrisse entweder vermieden werden (EGS \bar{a}), in ihrer Breite so begrenzt werden, dass bei Beanspruchungsklasse 1 der Wasserdurchtritt infolge Selbstheilung (siehe »Selbstheilung«) begrenzt wird (EGS \bar{b}) oder durch planmäßige Maßnahmen abgedichtet werden (EGS \bar{c}), vgl. auch unter »WU-Betonbauwerk«.

Um Trennrisse zu vermeiden (EGS \bar{a}), sind konstruktive, betontechnische und ausführungstechnische Maßnahmen zur Reduzierung der Zwangsbeanspruchungen erforderlich. Das Ziel Trennrisse zu vermeiden ist wegen der Eigenschaften des Werkstoffs Stahlbeton (Schwinden, Hydratation) besonders anspruchsvoll. Der Entwurfsgrundsatz sichert keinesfalls die Rissfreiheit zu.

Entwurfsgrundsatz \bar{b} mit dem Ziel der Selbstheilung der Risse ist nur für Nutzungsklasse B und u. U. während der Bauzeit anwendbar. Wasserführende Trennrisse, die sich nicht selbst heilen, oder sonstige Risse können nachträglich abgedichtet werden (i. d. R. durch Injektion), wenn die Zugänglichkeit zur WU-Konstruktion von innen gegeben ist. Die Abdichtungsmaßnahmen sind zu planen

Bei EGS \bar{c} werden planmäßig breitere Risse zugelassen als bei EGS \bar{b} . Ziel dieses EGS ist es, die Anzahl der Risse zu minimieren. Die Risse werden mit planmäßigen, zum Entwurf gehörenden Maßnahmen vor Ausbau- bzw. Nutzungsbeginn abgedichtet, i. d. R. durch (nachträgliche) *Injektion* oder alternativ durch ein vorab eingebrachtes *Frischbetonverbundsystem*.

Das Auffinden von Trennrissen ist dann einfach möglich, wenn diese wasserführend sind. Somit ist es von Vorteil, wenn eine evtl. Wasserhaltung so früh wie möglich abgestellt wird (Auftriebssicherheit beachten!). Eine Lokalisierung von während der Bauzeit trockenen aber nach Nutzungsbeginn potenziell wasserführenden Trennrissen ist im Regelfall nicht zielsicher möglich.

Für alle Entwurfsgrundsätze sind nach [1] planmäßig (bei der Ausschreibung und bei der Ausführungsplanung) Dichtmaßnahmen nach [1], Abschnitt 12 für unerwartet entstandene Trennrisse bzw. für Trennrisse, deren Breite über dem entwurfsmäßig festgelegten Wert liegt, vorzusehen.

Selbstheilung von Rissen: Verringerung des Wasserdurchtritts durch Trennrisse in Abhängigkeit von der Rissbreite und der Wasserdruckhöhe mit der Zeit, siehe auch unter »Risse in WU-Betonbauwerken«. Um Selbstheilung zu ermöglichen, müssen die Trennrissbreiten in Abhängigkeit des anstehenden Wasserdrucks begrenzt werden und die Risse langsam und fortwährend von Wasser durchströmt werden. Zudem muss die chemische Zusammensetzung des anstehenden Wassers (Grundwasseranalyse erforderlich) eine Selbstheilung ermöglichen. Bei zu breiten Rissen ist nicht mit einer Selbstheilung zu rechnen (»Risse im

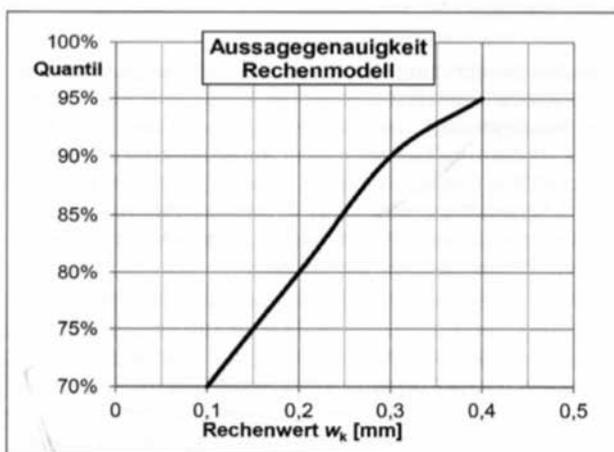


Abb. 1: Vorhersagegenauigkeit des Modells für die Rissbreitenbegrenzung nach DIN EN 1992-1-1/NA [24]

Stahlbetonbau«). Zu beachten ist, dass durch Selbstheilung der Durchtritt von Wasser durch einen Trennriss begrenzt (*»Begrenzter Wasserdurchtritt«*) wird. Feuchte Rissufer und einzelne Wasserperlen im (geheilten) Riss sind also auch nach abgeschlossener Selbstheilung über die gesamte Nutzungsdauer möglich. In der WU-Richtlinie [1] wird deshalb bewusst von »Begrenzung des Wasserdurchtritts durch Selbstheilung« und nicht von »Abdichtung der Risse durch Selbstheilung« gesprochen. Selbstheilung benötigt Zeit.

Entwurfsgrundsatz [b] mit dem Ziel der Selbstheilung der Risse bei Beanspruchungsklasse 1 ist nur für Nutzungsklasse B und u. U. während der Bauzeit anwendbar

Schwarze Wanne: Bei »schwarzen Wannen« wird die Wasserdichtigkeit durch eine außen (= wasserseitig) angeordnete flächige Bauwerksabdichtung, z. B. eine Abdichtung aus Bitumenschweißbahnen, erreicht. Auch bei »schwarzen Wannen« ist eine auf die gewählte Abdichtungsbauart abgestimmte detaillierte Fachplanung und eine sorgfältige Ausführung entscheidend für den Erfolg. Die Fachplanung und Ausführung der Abdichtung von erdberührten Bauteilen erfolgt nach den Normen DIN 18195 [19] und DIN 18533 [20].

Bei evtl. Undichtigkeiten während der Nutzung muss bei Außenwänden zunächst eine Zugänglichkeit von außen hergestellt werden (Aufgraben). Soll bei einer Schwarzen Wanne die Bodenplatte außenseitig abgedichtet werden, dann muss die Dichtungsschicht unterhalb der Bodenplatte angeordnet, d. h., vor dem Bau des eigentlichen Tragwerkes eingebaut werden. Dichtschichten unterhalb von Bodenplatten sind später nicht mehr zugänglich, sodass eine Instandsetzung bei Undichtigkeiten kaum möglich bzw. sehr aufwendig und kostenintensiv werden kann.

In der Praxis werden auch »Mischkonstruktionen« geplant und ausgeführt, z. B. die Bodenplatte als WU-Betonbauwerk nach [1] und die Außenwände mit einer außenseitig angeordneten Abdichtung nach DIN 18915 [19] bzw. DIN 18533 [20]. Bei diesen »Mischkonstruktionen« muss insbesondere der Übergang der Außenabdichtung auf das WU-Betonbauwerk genau geplant werden und ein für die Verwendung geeignetes Bauprodukt eingesetzt werden.

Verformungsbehinderungen: Versprünge auf der Unterseite einer Bodenplatte, insbesondere Fundamentverstärkungen und Aufzugsunterfahrten, führen zu einer »Verkrallung« mit dem Untergrund und stellen somit Verformungsbehinderungen dar. Dazu zählen ebenfalls die Reibungsbehinderung an unebenen, rauen Sauberkeitsschichten aber auch Pfahlgründungen. Auch Wände, die z. B. direkt an einen unebenen Verbau anschließen (einhäufig geschaltete Wände z. B. an Schlitz- und Bohrpfahlwänden), sind in ihrer Verformung behindert.

Wenn Verformungen und Dehnungen, die infolge indirekter Einwirkungen entstehen (insbesondere abfließende Hydratationswärme und Schwinden bzw. Temperatureinwirkungen), behindert werden, entstehen Zwangsspannungen. Bei Zugspannungen infolge Zwang können Risse entstehen. Die auftretenden Zwangszugspannungen werden umso größer, je größer das Schwindmaß bzw. die Temperatureinwirkung und je stärker die Verformungsbehinderung ist.

Für den EGS [c] und vor allem bei Anstreben einer Rissvermeidung für den EGS [a] sind daher die Verformungsbehinderungen so weit wie möglich auf ein baupraktisch realistisches Maß zu reduzieren.

Dies erfordert ebene Bodenplattenunterseiten (z. B. flügelgeglättete Sauberkeitsschichten) in Verbindung mit reibungsmindernden Gleitschichten unterhalb der Bodenplatte (z. B. zwei Lagen PE-Folie), vgl. dazu auch [25] oder wirksame zusammendrückbare »Weichlagen« an Versprüngen der Bodenplattenunterseiten. Bei Wänden können die Verformungsbehinderungen durch die Herrichtung ebener Verbaufächen in Verbindung mit reibungsmindernden Trennlagen reduziert werden.

Durch Fugen können Bauteile unterteilt werden, sodass Zwangsbeanspruchungen »abgebaut« werden.

WU-Betonbauwerk, WU-Wanne (auch Weiße Wanne): Bei wasserundurchlässigen Konstruktionen aus Beton (WU-Betonbauwerk) übernimmt der Beton neben der tragenden Funktion auch die Abdichtungsfunktion in der Fläche. Dafür ist eine Mindestdicke der wasserberührten Betonbauteile einzuhalten und es muss ein Beton mit hohem Wassereindringwiderstand nach [18] bzw. [1] verwendet werden. Bei einem WU-Betonbauwerk müssen alle Fugen und Durchdringungen planmäßig wasserdicht ausgeführt werden.

Trennrisse müssen entweder vermieden werden, in ihrer Breite so begrenzt werden, dass der Wasserdurchtritt infolge Selbstheilung begrenzt werden oder durch planmäßige Maßnahmen abgedichtet werden kann. Da keine äußere Abdichtungsschicht erforderlich ist, kann diese auch nicht beschädigt oder durch Wasser hinterlaufen werden. Undichtigkeiten in Trennrissen und Arbeitsfugen sind bei Zugänglichkeit zur Betonkonstruktion von innen gut lokalisierbar und können i. d. R. durch Injektion von innen mit geringem Aufwand abgedichtet werden.

WU-Betonbauwerke sind nach [1] im Detail zu planen, dazu gehört auch das Abdichten von planmäßigen und unerwartet entstandenen Trennrissen und sonstigen Undichtigkeiten.

WU-Richtlinie: Richtlinie des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAfStb) »Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton« [1]. Sie beinhaltet alle wesentlichen Punkte, die bei Planung, Konstruktion, Bemessung und Ausführung zu beachten sind. Die WU-Richtlinie der Ausgabe 2017 ersetzt die bis dahin gültige WU-Richtlinie 2003 inkl. der Berichtigung von 2006. Das Heft 555 des DAfStb [2] enthält wichtige Erläuterungen zur WU-Richtlinie. Es ist erstmals 2006 erschienen und bezieht sich demnach auf die WU-Richtlinie von 2003 mit der Berichtigung 2006. Derzeit (Dezember 2017) wird das Heft 555 überarbeitet und soll in 2018 mit Bezug auf die neue WU-Richtlinie 2017 [1] herausgegeben werden.

Zwangbeanspruchungen: Entstehen dann, wenn Verformungen des Betonbauteils durch Verformungsbehinderungen behindert werden. Übersteigen die Zwangsbeanspruchungen die Zugfestigkeit (elastische Grenzdehnung) des Betons, entstehen Trennrisse. Zwangsbeanspruchungen können minimiert werden, wenn Verformungen und Verformungsbehinderungen reduziert werden.

7 Literatur

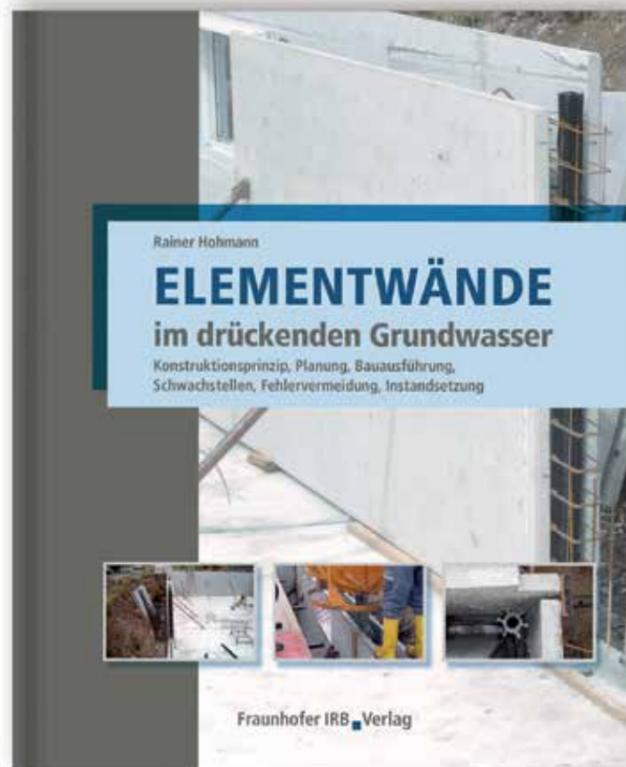
Nachfolgend sind nur die aus Sicht der Verfasser wesentlichen Literaturstellen aufgelistet. Die Beachtung der umfangreichen Sekundärliteratur wird empfohlen.

- [1] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e. V.: DAfStb-Richtlinie »Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton« (WU-Richtlinie), in Überarbeitung, erscheint voraussichtlich im Dezember 2017
- [2] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton: Erläuterungen zur DAfStb-Richtlinie »Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton«, Heft 555, Beuth Verlag, 2006. Hinweis: Überarbeitete Neuauflage voraussichtlich Ende 2018
- [3] Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein e.V.: DBV Merkblatt »Hochwertige Nutzung von Untergeschossen – Bauphysik und Raumklima«. Fassung 01/2009
- [4] Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein e.V.: DBV Merkblatt »WU-Dächer«. Fassung 07/2013
- [5] Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein e.V.: DBV-Heft 37 »Frischbetonverbundfolie«. 08/2016
- [6] Freimann, T., Heinlein, U.: Planung und Anwendung der Frischbetonverbundsysteme bei wasserundurchlässigen Baukonstruktionen aus Beton, Beton-Kalender 2018, Ernst W. + Sohn Verlag, Berlin, 2017
- [7] Haack, A., Kessler, D.: Abdichtung bei unterirdischen Bauwerken. Beton-Kalender 2014, Ernst W. + Sohn Verlag, Berlin, 2013, S. 525 - 583
- [8] Bloch, M., Zitzelsberger, T.: WU-Konstruktionen mit Frischbetonverbundsystemen. Bauphysik-Kalender, Ernst W. + Sohn Verlag, Berlin, 2018
- [9] Hohmann, R.: Elementwände im drückendem Wasser. Stuttgart, Fraunhofer IRB Verlag, 2016
- [10] Hohmann, R.: Abdichtung bei wasserundurchlässigen Bauwerken aus Beton. 2. überarbeitete und erweiterte Auflage, Stuttgart, Fraunhofer IRB Verlag, 2009
- [11] DIN 7865: Elastomer-Fugenbänder zur Abdichtung von Fugen in Beton – Teil 1: 2015-02 Formen und Maße, Teil 2: 2015-02 Werkstoff-Anforderungen und Prüfung, Teil 3: 2012-05 Verwendungsbe- reich
- [12] DIN 18541: Fugenbänder aus thermoplastischen Kunststoffen zur Abdichtung von Fugen in Beton – Teil 1: 2014-11: Begriffe, Formen, Maße Kennzeichnung, Teil 2: 2014-11: Anforderungen an die Werkstoffe, Prüfung und Überwachung
- [13] DIN 18197: 2018-01 »Abdichten von Fugen in Beton mit Fugenbändern
- [14] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V.: DAfStb-Richtlinie »Massige Bauteile aus Beton«: 2010-04, Teil 1: Ergänzungen zu DIN 1045-1, Teil 2: Änderungen und Ergänzungen zu DIN EN 206-1 und DIN 1045-2, Teil 3: Änderungen und Ergänzungen zu DIN 1045-3
- [15] Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein e.V.: DBV Merkblatt »Besondere Verfahren zur Prüfung von Frischbeton«. Fassung 01/2014
- [16] DIN EN 13670: 2011-03: Ausführung von Tragwerken aus Beton mit DIN 1045-3: 2012-03: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton - Teil 3: Bauausführung – Anwendungsregeln zu DIN EN 13670 mit DIN 1045-3:2012-03: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton - Teil 3: Bauausführung – Anwendungsregeln zu DIN EN 13670
- [17] DIN 18205: 2016-11: Bedarfsplanung im Bauwesen
- [18] DIN EN 206-1: 2001-07: Beton – Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität mit DIN EN 206-1/A1-Änderung: 2004-10 und DIN EN 206-1/A2-Änderung: 2005-09 mit DIN 1045-2:2008-08, Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 2: Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität – Anwendungsregeln zu DIN EN 206-12
- [19] DIN 18195: 2017-07: Abdichtung von Bauwerken – Begriffe
- [20] DIN 18533:2017-07: Abdichtung von erdberührten Bauteilen – Teil 1: Anforderungen, Planungs- und Ausführungsgrundsätze. Teil 2: Abdichtung mit bahnenförmigen Abdichtungsmitteln. Teil 3: Abdichtung mit flüssig zu verarbeitenden Abdichtungsmitteln
- [21] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e. V.: DAfStb-Richtlinie »Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen«. Teile 1 bis 4. – Ausgabe Oktober 2001
- [22] DIN EN 1992-1-1: 2011-01: Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau inkl. A1-Änderung 2015-03 (DIN EN 1992-1-1/A1: 2015-03) mit DIN EN 1992-1-1/NA: 2013-04 Nationaler Anhang EN 1992-1-1 inkl. A1-Änderung 2015-12 (DIN EN 1992-1-1/NA/A1: 2015-12)
- [23] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e. V.: Erläuterungen zu Eurocode 2 (DIN EN 1992-1-1) – Heft 600 der Schriftenreihe des DAfStb, 2012
- [24] Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein e.V.: DBV Merkblatt »Begrenzung der Rissbildung im Stahlbeton- und Spannbetonbau«. Fassung 05/2016
- [25] Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein e.V.: DBV Merkblatt »Industrieböden aus Beton«. Fassung 02/2017

Elementwände im drückenden Grundwasser

Konstruktionsprinzip, Ausführung, Funktionssicherheit,
Schwachstellen, Fehlervermeidung

Rainer Hohmann



Elementwände im drückenden Grundwasser

Konstruktionsprinzip, Ausführung,
Funktionssicherheit, Schwachstellen,
Fehlervermeidung
Rainer Hohmann
2016 445 Seiten, zahlr. Abbildungen und
Tabellen, Gebunden
ISBN 978-3-8167-9307-6 | € 79,- | CHF 125,- *
E-Book: ISBN 978-3-8167-9308-3 | € 79,-
BuchPlus: ISBN 978-3-8167-9650-3 | € 102,70

Das Bauen mit Elementwänden erfreut sich seit Mitte der 90er-Jahre zunehmender Beliebtheit, birgt aber auch Gefahren. Häufig zeigt sich in der Ausführung eine deutliche Diskrepanz zwischen Theorie und Praxis. Wichtige Arbeitsschritte werden auf der Baustelle oftmals nicht, falsch oder nicht sorgfältig genug ausgeführt. Problematisch wird es dadurch, dass Fehlstellen im Ortbetonbereich durch die hochwertigen Elementwandschalen verdeckt und somit nicht sichtbar sind, und deshalb nicht sofort nachgebessert oder abgedichtet werden. Aus diesem Grund ist gerade beim Bauen mit Elementwänden die besondere Aufmerksamkeit von Planern und Ausführenden gefordert.

Das Buch erläutert ausführlich die Besonderheiten bei der Planung und Ausführung von Bauwerken mit Elementwänden im drückenden Grundwasser. Zahlreiche anschauliche Beispiele, Fotos, Zeichnungen und Tabellen erleichtern dem Leser das Verständnis und geben Hinweise, wie die typischen Fehler in der Planungsphase und auf der Baustelle vermieden werden können.

Bestellung:
Tel. 0711 970-2500 | Fax 0711 970-2508 | irb@irb.fraunhofer.de

Fraunhofer IRB Verlag
Der Fachverlag zum Planen und Bauen
www.baufachinformation.de

*Die angegebenen Euro-Preise gelten für Deutschland. Für Österreich und die Schweiz gelten die Preise als unverbindliche Preisempfehlung.

Baurecht und Bautechnik – gebündeltes
Fachwissen für Bauexperten!



ISSN 1614-6123

Erscheinungsweise: alle 2 Monate

Format: DIN A4

Jahresabonnement Premium:

119,00 € (inkl. E-Journal und

exklusiven Internetangeboten)

Einzelheft: 20,40 €

Kennlern-Abo (inkl. E-Journal
und exklusiven Internet-
angeboten): 45,30 €

Weitere Vorzugspreise
für Mitglieder verschiedener
Verbände und Studenten
auf Anfrage

Preise inkl. MwSt. und Versandkosten
(deutschlandweit)

AUTORENINFO

Die Zeitschrift ist ein interdisziplinäres Gemeinschaftsprojekt der Redaktionen von **Bundesanzeiger Verlag** und **Fraunhofer IRB Verlag**. Der Herausgeberbeirat ist mit Experten aller beteiligten Fachrichtungen hochkarätig besetzt.



Nebelpistole

ShoppingBON



Infrarot-thermometer



Jetzt attraktive
Prämie sichern!

Der Bau- sachverständige

Zeitschrift für Bauschäden, Baurecht
und gutachterliche Tätigkeit

Als Bausachverständiger oder Baujurist müssen Sie sowohl über profunde bautechnische als auch baujuristische Kenntnisse verfügen. Der Fraunhofer IRB Verlag und der Bundesanzeiger Verlag haben deshalb ihre technische und juristische Fachkompetenz gebündelt: Seit mittlerweile über 10 Jahren informiert die Zeitschrift „Der Bausachverständige“ alle 2 Monate umfassend und praxisnah über alle Themen rund um Bautechnik und das deutsche Bau- und Sachverständigenrecht. Zwei unabhängige, mit Bauingenieuren und Juristen besetzte Redaktionen sorgen für die fachliche Qualität und den Praxisbezug.

„Der Bausachverständige“ bietet professionelle Unterstützung für alle, die sich mit Bauschäden, Bauschadensrecht, Baurecht, gutachterlicher Tätigkeit, Bausanierung, Bauen im Bestand und neuen Bauvorhaben beschäftigen.

AUS DEM INHALT

Bautechnik:

- Bauschäden und Qualitätssicherung
- Altbausanierung/Bauen im Bestand
- Bauphysik
- Baukonstruktion
- Bauforschung – Ergebnisse für die Praxis

Baurecht:

- Sachverständigenrecht
- Bauschadensrecht
- Baurecht/Bauvertragsrecht
- Bauprozessrecht

Aktuelles:

- Aktuelle Nachrichten aus Verbänden und Bauwirtschaft
- Neueste Rechtsprechung
- Neue Fachliteratur und Rezensionen
- Termine und Veranstaltungen

IHRE VORTEILE

- Die Fachkompetenz der Redaktion garantiert die Rechtssicherheit bei Ihrer täglichen Arbeit.
- Sie lesen topaktuelle Informationen aus Bautechnik und Baurecht.
- Professionelle Unterstützung bei Planung, Durchführung und Nachbearbeitung von Bauvorhaben

Jetzt versandkostenfrei (deutschlandweit) bestellen:

www.derbausv.de

Telefonisch: 0221/97668-306 · Fax: 0221/97668-236

in jeder Fachbuchhandlung

Herausgebergemeinschaft

**Bundesanzeiger
Verlag**

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau
Fraunhofer IRB Verlag

Der Bau- sachverständige

Zeitschrift für Bauschäden, Grundstückswert und gutachterliche Tätigkeit

BUILDING TRUST



Sika-Seminar

»Bau und Praxis 2018 für
Bauwerksabdichtungen«

- Die neue WU-Richtlinie
- Bemessung von WU-Bauwerken
- Elementwände
- Haftungsrisiken erkennen und vermeiden
- WU-Konstruktionen mit Frischbetonverbundsystemen
- Fugenabdichtungssysteme für WU-Bauwerke
- Hochwertig genutzte Untergeschosse
- Empfehlungen für die Zusammenarbeit

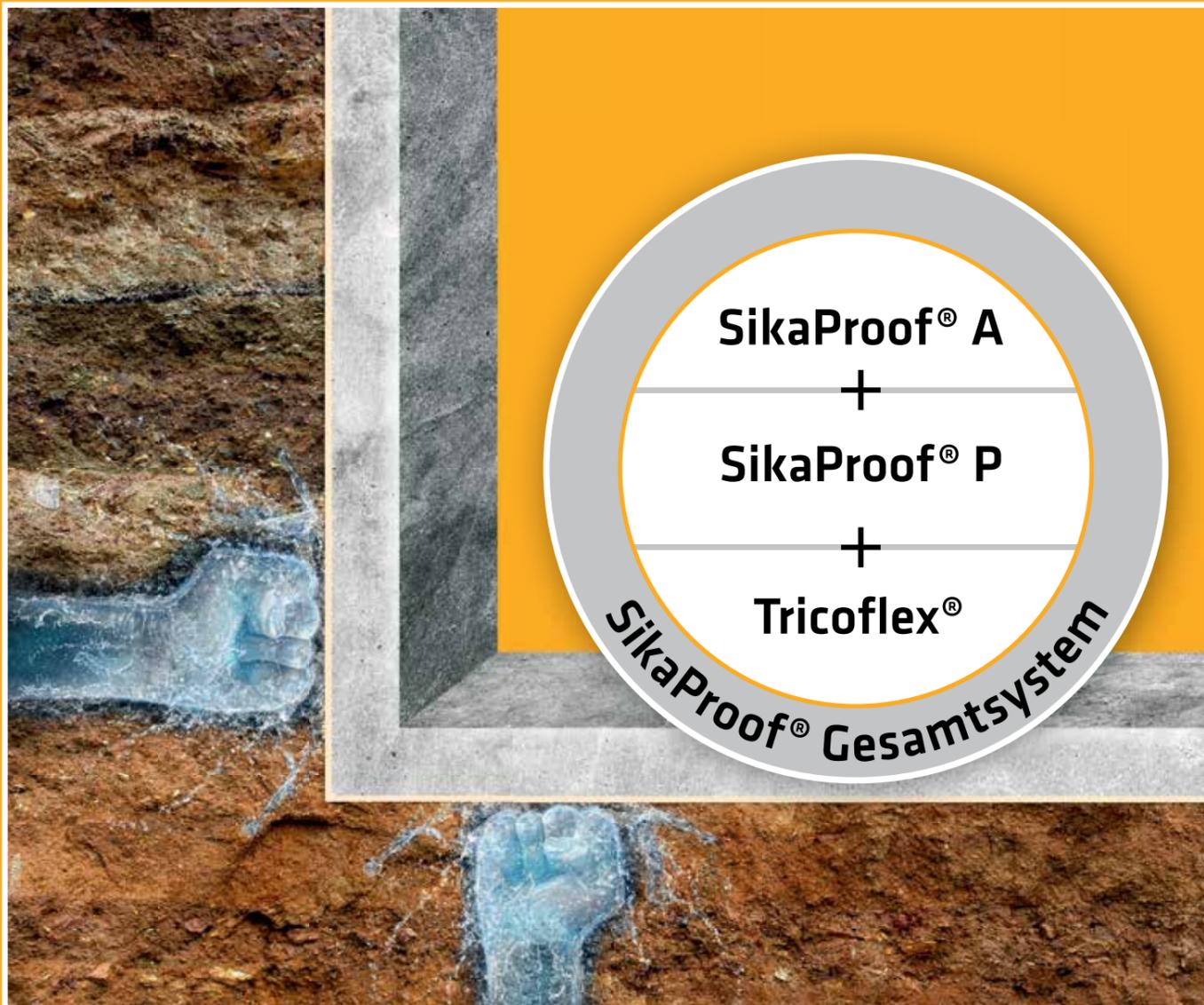
 **Bundesanzeiger
Verlag**

www.bundesanzeiger-verlag.de

Fraunhofer IRB Verlag

www.baufachinformation.de

Sonderdruck



FRISCHBETONVERBUNDTECHNOLOGIE SikaProof® Gesamtsystem

- **DAUERHAFTER, ZUVERLÄSSIGER VERBUND**
mit der Betonkonstruktion
- **HÖCHSTE NUTZUNGSSICHERHEIT**
durch druckwasserdichten Hinterlaufschutz und Rissüberbrückung
- **VOLLUMFÄNGLICH GEPRÜFTES GESAMTSYSTEM**
mit allgemein bauaufsichtlichen Prüfzeugnissen (abP) inklusive aller Kombinationen und Details

www.sika.de/sikaproof

JETZT IN EINEM BUCH –
DIE KOMPLETTE SIKA KOMPETENZ
IN DER FBV-TECHNOLOGIE



BUILDING TRUST



Checkliste für die Ausführung von FBV-Systemen

Bauvorhaben/Bauteil: _____

Bearbeiter: _____ (Kürzel)

Bearbeiter: _____ (Kürzel)

Bearbeiter: _____ (Kürzel)

Kontrolle vor der Verlegung	erledigt	nicht erledigt	Kürzel
<ul style="list-style-type: none"> Planungsunterlagen auf Plausibilität geprüft und vollständig inkl. Details, Anschlüsse und Übergänge auf der Baustelle vorhanden Auffälligkeiten, Konfliktpunkte, eingeleitete Maßnahmen: _____ _____ _____ WU-Fachplanung durch : _____ 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
<ul style="list-style-type: none"> Konfliktpunkte mit anderen Gewerken wurden berücksichtigt bzw. behoben 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
<ul style="list-style-type: none"> Das Baustellenpersonal inkl. der Nachfolgewerke bzw. dem verantwortlichen Bauführer (Polier/Bauleiter) wurde auf die Besonderheiten bei Arbeiten mit und auf dem FBV-System eingewiesen (insbesondere Schutz und Vorgehen bei Beschädigungen und Verschmutzung) 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
<ul style="list-style-type: none"> Verarbeitungsrichtlinie sowie Verwendbarkeitsnachweise des Herstellers liegen der Bauleitung vor, wurden eingesehen und verstanden 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
<ul style="list-style-type: none"> Untergrund nach Herstellerangaben vorbereitet (insbesondere ausreichende Ebenheit, keine scharfen Kanten/Grate/Versätze, kein stehendes Wasser) 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
<ul style="list-style-type: none"> Erforderliche Anzahl von Bahnen/Rollen und erforderlichem Zubehör sowie das Verarbeitungswerkzeug gemäß Herstellervorgaben für den jeweiligen Arbeitsabschnitt vorrätig und nach Herstellerangaben gelagert 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
<ul style="list-style-type: none"> Maßnahmen zur Vermeidung des Schmutzeintrages waren erforderlich und wurden getroffen. (z.B. Sauberlaufzone, definierter Zugang etc.) 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
<ul style="list-style-type: none"> Gültiger Schulungsnachweis des Verarbeitungspersonals Name/Firma: _____ Name/Firma: _____ Name/Firma: _____ 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____

Kontrolle nach der Verlegung	erledigt	nicht erledigt	Kürzel
<ul style="list-style-type: none"> Verarbeitungstemperatur lag bei min ___ °C und max ___ °C, zulässiger Einbautemperaturbereich von ___ °C bis ___ °C eingehalten, bzw. folgende zusätzliche Maßnahmen ergriffen: _____ _____ _____ 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
<ul style="list-style-type: none"> Längs- und Querstöße nach Herstellerangaben ausgeführt und geprüft Längsstoßausbildung mit: _____ Quer- und Detailstoßausbildung mit: _____ 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
<ul style="list-style-type: none"> Durchdringungen fachgerecht abgedichtet mit: _____ 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
<ul style="list-style-type: none"> Anschlüsse, Übergänge und Produktkombinationen gemäß Herstellervorgabe ausgeführt und geprüft: 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
<ul style="list-style-type: none"> Das FBV-System zeigt keine Beschädigung 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____

Kontrolle vor dem Betoneinbau	erledigt	nicht erledigt	Kürzel
<ul style="list-style-type: none"> • FBV-System geprüft: <ol style="list-style-type: none"> 1. Keine Beschädigung oder Fehlstellen 2. Keine störende Verschmutzung bzw. Trennlage 3. Evtl. ausgelaufene Betonschlämme aus anderen Betonierabschnitten wurde beseitigt 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	---
<ul style="list-style-type: none"> • Geeignete Abstandhalter in der richtigen Einbaurichtung verwendet (gemäß Herstellerangaben, versetzt angeordnet) 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	---
<ul style="list-style-type: none"> • Aufstehendes Wasser entfernt 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	---
<ul style="list-style-type: none"> • Anschlussdetails aller Durchdringungen, Längs- und Querstöße und Übergänge kontrolliert und ohne Beanstandung 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	---
<ul style="list-style-type: none"> • Arbeitsfugen und Anschlussbereiche für das FBV-System geeignet ausgebildet und vor Verschmutzung geschützt durch: _____ 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	---
<ul style="list-style-type: none"> • Maximale Dauer der Offenliegezeit und freien Bewitterung eingehalten bzw. es wurden folgende Maßnahmen getroffen: _____ _____ _____ 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	---
<ul style="list-style-type: none"> • Bestellte Betonkonsistenz F__ ist konform mit der Anforderung des FBV-Systemherstellers F__ 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	---

Kontrolle nach dem Betoneinbau	erledigt	nicht erledigt	Kürzel
<ul style="list-style-type: none"> • Benachbarte Bereiche an Arbeitsfugen ohne Zementleimverschmutzung, bzw. ausreichend gereinigt 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	---
<ul style="list-style-type: none"> • Geforderte Mindest-Ausschalfristen des FBV-Systemherstellers eingehalten 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	---
<ul style="list-style-type: none"> • Schalungsanker wasserdicht verschlossen und von außen zusätzlich nach Herstellerangaben abgedichtet 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	---
<ul style="list-style-type: none"> • Außen sichtbares FBV-System geprüft: <ol style="list-style-type: none"> 1. Keine erkennbaren Beschädigungen in Fläche oder Detailpunkten 2. Keine erkennbaren Fehlstellen in Fläche 3. Keine gravierende Verwerfungen 4. Keine erkennbaren Ablösungen oder Blasenbildung 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	---
<ul style="list-style-type: none"> • System außenseitig innerhalb der gemäß Herstellerangaben erforderlichen Frist verwahrt (Anbringen der Dämmung oder Verfüllschutz und Verfüllen der Baugrube) 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	---
<ul style="list-style-type: none"> • Erforderliche Dokumentationen vorhanden und in der Bauakte abgelegt 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	---

Bemerkung zu nicht erledigten Punkten:

	erstellt	geprüft
Name		
Datum		
Unterschrift		