

Positionspapier

der
Fachvereinigung Betonbauteile mit Gitterträgern (BmG) e.V.
Qualitätsgemeinschaft Doppelwand Bayern
Syspro-Gruppe Betonbauteile e. V.

zur Anwendung der
DAfStb-Richtlinie
Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton
(WU-Richtlinie)
Ausgabe Dezember 2017

Präambel

Wasserundurchlässige Bauwerke werden seit Jahren auch mit Elementwänden sicher ausgeführt. Bei dieser Wandbauweise werden jeweils zwei mit Gitterträgern verbundene dünne Betonplatten auf der Baustelle mit Ortbeton zu einer monolithischen Wand verbunden. Bereits in den 1990er Jahren wurde dieses Wandsystem als Teil von WU-Bauwerken bei drückendem Wasser eingesetzt. Mit Einführung der damaligen [WU-Richtlinie 2003] wurde diese Bauweise zur anerkannten Regel der Technik.

Vorteile der Elementwand sind der Abbau von Eigenspannungen durch vorweggenommene Schwindverformungen im Fertigteil und die systembedingten Stoßfugen. Als Sollrissfugen können diese zur Umsetzung des Entwurfskonzeptes, bei dem wenige Trennrisse planmäßig und zielsicher abgedichtet werden und die Bereiche dazwischen frei von Rissen bleiben, genutzt werden. Das entspricht dem Entwurfsgrundsatz A nach der WU-Richtlinie.

Im Dezember 2017 wurde die neue [WU-Richtlinie 2017] herausgegeben. Diese enthält geänderte Anforderungen für die Anwendung von Elementwänden mit Gitterträgern. Änderungen betreffen die resultierende Mindestwandstärke und die Rauheit der Verbundfuge.

Unter den Herausgebern dieses Positionspapieres¹⁾ sind Gitterträgerhersteller, Antragsteller von Zulassungen für Elementwände, Hersteller von Elementwänden sowie Planungsbüros organisiert, welche Erfahrungen mit der Anwendung von Elementwänden als Teil einer WU-Konstruktion teilen. Dieses Positionspapier gibt die abgestimmten Empfehlungen für die Anwendung von Elementwänden als Teil eines wasserundurchlässigen Bauwerkes auf Grundlage der Änderungen in der neuen [WU-Richtlinie 2017] wieder.

¹⁾ **Redaktionsgruppe:** S. Bergerhoff, fdu GmbH & Co. KG; M. Biesenecker, Weimer & Müller GmbH; Dipl.-Ing. W. Braun, Qualitätsgemeinschaft Doppelwand Bayern + Betonbauteile mit Gitterträgern e. V.; Dipl.-Ing.(FH) J. Durach, Concrete Rudolph GmbH; Dr.-Ing. J. Furche, Filigran Trägersysteme GmbH & Co. KG; U. Hofmann, H-Bau Technik GmbH; Dipl.-Ing. M. Janda; Heidelberger Betonelemente GmbH & Co. KG; Dr.-Ing. H. Kahmer, Syspro-Gruppe Betonbauteile e.V.; Dipl.-Ing. F. Klein, Otto Knecht GmbH & Co. KG; Dr.-Ing. C. Piehl, B-Tec Concept GmbH; Dr.-Ing. J. U. Pott, Betonbauteile mit Gitterträgern e. V.; Dipl.-Ing. V. Steinhoff, B. Lütkenhaus GmbH

1 Elementwand

Elementwände sind aus jeweils zwei mit Gitterträgern verbundenen dünnen Betonplatten und einem inneren Ortbetonkern hergestellte Wände. Grundlage für Bemessung, Planung und Ausführung sind allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen wie [Z-15.2-40] oder [Z-15.2-9] des Deutschen Institutes für Bautechnik (DIBt). Bei der Bemessung der Wand darf so vorgegangen werden, als ob der Gesamtquerschnitt von Anfang an einheitlich hergestellt worden wäre. Voraussetzung hierfür ist die Sicherung der Verbundfuge zwischen Fertigteilplatte und Ortbeton durch eine ausreichende Rauheit der Fertigteiloberfläche zum Ortbeton sowie durch Verbundbewehrung in Form von Gitterträgerdiagonalen [Furche 2016].

Die Zulassungen regeln sowohl die Anwendung der Elementwand als unbewehrte als auch als bewehrte Wand. Wird eine Wand im Hinblick auf den Tragwiderstand als unbewehrte Wand nachgewiesen, erübrigen sich sowohl die Anschlußbewehrung zur Bodenplatte als auch eine Stoßfugenbewehrung zwischen benachbarten Wandelementen. Dies ist für die Betonierbarkeit des Ortbetons im Bereich von innenliegenden Abdichtungen vorteilhaft. Auch bei gelenkig an die Bodenplatte angeschlossenen bewehrten Wänden ermöglichen die Zulassungen bei entsprechendem Nachweis den Verzicht auf solche Bewehrung. [Furche 2016] fasst hierzu Parameterstudien von [Eligehausen 2003] zusammen. Bei der Planung von Elementwänden als Teil einer WU-Konstruktion wird empfohlen, auf statisch nicht erforderliche Bewehrung im Bereich der Anschlussfuge zur Bodenplatte und in den Stoßfugen zwischen den Fertigteilen zu verzichten.

2 Wanddicke

Die allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen erlauben im Hinblick allein auf die Tragfähigkeit und Ausführbarkeit der Elementwände Dicken von unter 200 mm. Die maximalen Wanddicken ergeben sich mit zugelassenen Gitterträgerhöhen bis 410 mm abhängig von der erforderlichen Betonüberdeckung zu etwa 460 mm. Bei Anwendung von Elementwänden als Teil der WU-Konstruktion ergeben sich größere Mindestdicken durch Anforderungen an die lichten Abstände zwischen den Fertigteilplatten bzw. an gegebenenfalls vorhandene Bewehrungslagen im Ortbeton, welche die gute Betonierbarkeit des Ortbetons sicherstellen sollen.

Die [WU-Richtlinie 2017] fordert für Elementwände eine Mindestwanddicke von 240 mm. Unter Beachtung besonderer betontechnischer und ausführungstechnischer Maßnahmen ist bei nicht drückendem Wasser (Beanspruchungsklasse 2) eine Abminderung auf 200 mm möglich.

Zusätzlich wird ein lichtetes Maß zwischen den Fertigteilplatten von 120 mm gefordert. Mit einer außenliegenden Abdichtung oder mit einer innenliegenden Abdichtung ohne Bewehrung im Ortbeton lässt sich eine 240 mm dicke Elementwand ausführen (Bild 1). Die Summe der Schalendicken ist in diesem Fall auf 120 mm begrenzt, was üblichen Ausführungen entspricht.

Die [WU-Richtlinie 2017] fordert bei Ausnutzung der Mindestwanddicke unabhängig von der Beanspruchungsklasse immer eine Anschlussmischung im Fußpunkt der Wand. Hierfür gilt:

- Wanddicken: kleiner ca. 280 mm
- Anschlussmischung: WU-Beton mit Größtkorn 8 mm
- Mindesteinbauhöhe: 300 mm

Der genannte Grenzwert von ca. 280 mm ergibt sich nach [WU-Richtlinie 2017] aus der Mindestwanddicke von 240 mm zuzüglich 15%.

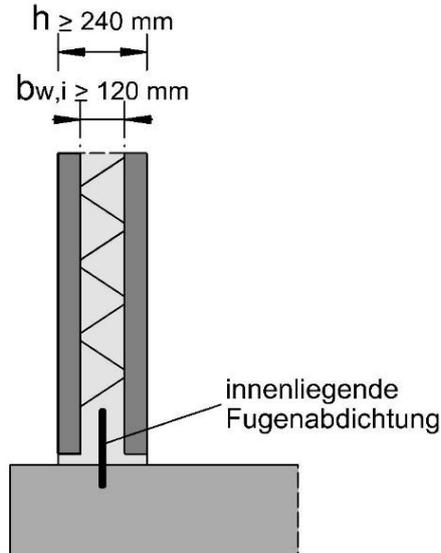


Bild 1: Elementwand mit Mindestdicke von 240 mm und innenliegender Fugenabdichtung am Fußpunkt ohne Anschlussbewehrung aus der Bodenplatte

Die Verwendung einer Anschlussmischung am Fußpunkt wird an dieser Stelle generell für die Ausführung von WU-Wänden empfohlen.

Ein Größtkorn von maximal 8 mm ist bei Beanspruchungsklasse 1 über die gesamte Wandhöhe einzuhalten, wo das lichte Maß zwischen den Fertigteilplatten von 120 mm ausgenutzt wird. Dies wird an dieser Stelle auch bei Beanspruchungsklasse 2 empfohlen.

Der Verzicht auf eine Anschlussbewehrung aus der Bodenplatte in die Wand ist in vielen Fällen möglich. In unbewehrten Wänden lässt sich die horizontale Auflagerkraft am Fußpunkt auf der Grundlage geltender Bemessungsregeln allein über den Verbund in der unbewehrten Fuge übertragen. Hinweise hierzu gibt [Furche 2016]. Auch bei gelenkig angeschlossenen bewehrten Wänden lässt sich in vielen Fällen dieser Nachweis führen. Anstelle einer Verankerung der vertikalen Wandbewehrung in der Bodenplatte lässt sich zudem ein Nachweis wie für ein indirektes Auflager führen. Das Nachweiskonzept mit dem Ergebnis von Parameterstudien aus [Eligehausen 2003] wurde von [Furche 2016] zusammengestellt.

Die Bodenplatte im Bereich der Wand soll aufgeraut und vor dem Aufstellen der Wandelemente gesäubert werden. Dies ist sowohl für die Tragfähigkeit als auch für die Dichtheit der Anschlussfuge vorteilhaft.

Die [WU-Richtlinie 2017] fordert bei Beanspruchungsklasse 1 (drückendes Wasser) und innenliegenden Fugenabdichtungen die Einhaltung eines lichten Innenmaßes $b_{w,i}$ zwischen den „Bewehrungslagen“ und bei Elementwänden ohne Bewehrung in der Ortbetonerfüllung zwischen den Innenflächen der Fertigteilplatten. Diese Forderung dient zur Sicherstellung der Betonierbarkeit und eines fachgerechten Einbaus innenliegender Fugenabdichtungen.

Bei Elementwänden ist im Ortbetonkern grundsätzlich eine Bewehrung in Form von Gitterträgerdiagonalen vorhanden. Diese Bewehrung stört die Betonierbarkeit des Ortbetons nicht. Dies gilt auch für einzelne senkrechte Anschlussstäbe aus der Bodenplatte. Anders als bei einer „Bewehrungslage“ mit auch horizontaler Zulagebewehrung lassen sich Verdichtungsgeräte bei nur einzelnen vertikalen Anschlussstäben problemlos einführen, Fehlstellen unterhalb horizontaler Bewehrungsstäbe können nicht auftreten und das Risiko einer Entmischung des Ortbetons an der horizontalen Bewehrung besteht nicht.

Bei einzelnen vertikalen Stäben im Ortbetonkern kann daher das lichte Maß $b_{w,i}$ nach [WU-Richtlinie 2017] auf den Abstand der Innenflächen der Fertigteilplatten bezogen werden. In diesem Fall sollte ein Mindestabstand der Einzelstäbe in Längsrichtung der Wand von mindesten 120 mm analog dem geforderten $b_{w,i}$ der [WU-Richtlinie 2017] eingehalten werden. Für ein optionales Einführen von Betonierschläuchen bis in diese Bereiche hinein kann eine Erhöhung dieses Werte in Wandlängsrichtung auf 150 mm sinnvoll sein (s. Bild 2).

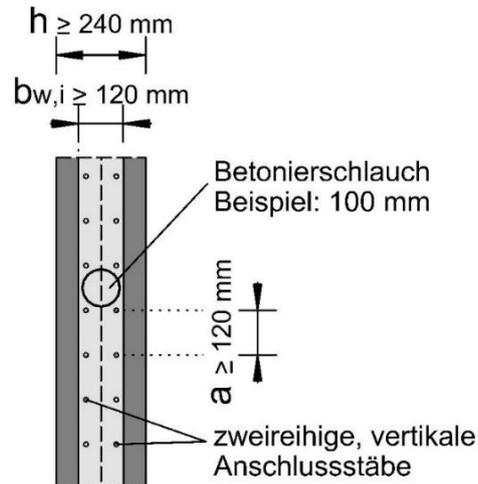


Bild 2: Mögliches Einbringen eines Betonierrohres in eine Elementwand mit Wanddicke von 240 mm bei zweireihiger Anschlussbewehrung aus einzelnen vertikalen Bewehrungsstäben mit Mindestabstand in Wandlängsrichtung

Bild 3 zeigt die Ausführung einer 240 mm dicken Elementwand mit zweireihiger Anschlussbewehrung aus einzelnen lotrechten Stäben. Durch die Einhaltung der Mindeststababstände von 120 mm in Längsrichtung der Wand sowie des Mindestabstandes der Wandschalen ist auch bei dieser die fachgerechte Verdichtung und auch die Betoneinbringung mittels geeignetem Betonierrohr sichergestellt.

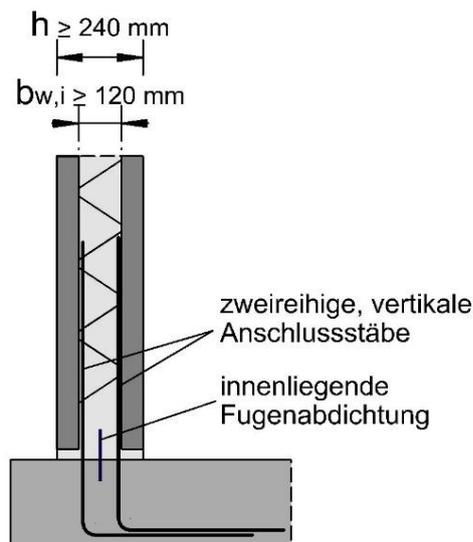


Bild 3: Elementwand mit Wanddicke von 240 mm und innenliegender Fugenabdichtung mit zweireihiger Anschlussbewehrung aus einzelnen vertikalen Bewehrungsstäben

Als Mindestabstand zwischen einer Fugenabdichtung aus z. B. beschichteten Fugenblechen und einzelnen Bewehrungsstäben wird ein Mindestabstand von 30 mm bzw. die dreifache Größe des Größtkorns empfohlen.

Wird im Ortbetonbereich eine mattenartige Bewehrung mit horizontaler Bewehrung eingebaut, gelten die Regelungen der [WU-Richtlinie 2017] bezüglich der Mindestabstände $b_{w,i}$ zwischen diesen Bewehrungslagen. Eine solche Bewehrung aus der Bodenplatte ist die große Ausnahme, da Kollisionenpunkte mit den Gitterträgern entstehen. Im Bereich vertikaler Stoßfugen werden teilweise korbartige Bewehrungen eingesetzt, obwohl eine Bewehrung durch eine Sollrissfuge hinweg nicht empfohlen wird. Zudem gibt es Ausführungen, bei denen horizontale Zulagebewehrungen im Ortbetonkern eingebracht werden. Durch vorgenannte Bewehrungsanordnung können sich Bewehrungslagen im Ortbetonkern ergeben, zwischen denen der Mindestabstand einzuhalten ist. Bei einer Anschlussmischung mit 8 mm Größtkorn ergibt sich ein Mindestwert von $b_{w,i} = 120\text{mm}$. Wird beispielhaft ein Abstand der Bewehrungslage von der Platteninnenseite von etwa 20 mm ausgeführt und die Summe der Schalendicken von nicht mehr als 120 mm (z.B. 2 x 60mm) vorausgesetzt, ergibt sich eine Mindestwandstärke von 300 mm (vgl. Bild 4).

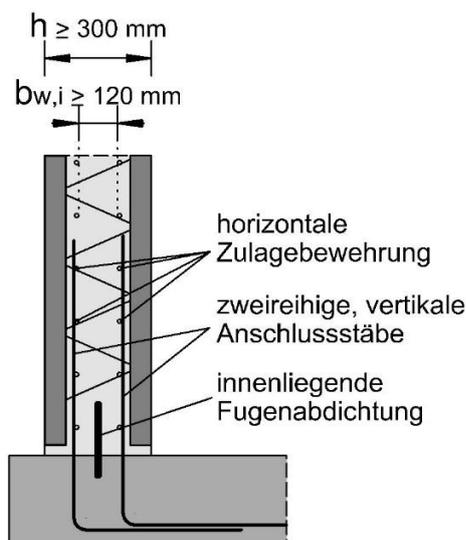


Bild 4: Elementwand mit Wanddicke von 300 mm und innenliegender Fugenabdichtung und Bewehrungslagen im Ortbeton mit dem Sonderfall horizontaler Bewehrungsstäbe

Für eine Elementwand als WU-Konstruktion wird von einigen Autoren [Hohmann 2018], [Alfes 2018], [Lohmeyer 2018] eine Mindestdicke von 300 mm empfohlen. Begründung ist die mit steigender Wanddicke größere Ausführungssicherheit im Hinblick auf die Verdichtung des Betons. Die Verdichtung des Ortbetons kann durch enge Bewehrung und insbesondere horizontale Bewehrung in der Wand beeinträchtigt werden. Durch horizontale Bewehrungsstäbe wird das Einbringen von Füllrohren und Innenrüttlern erschwert und die Betonentmischung gefördert. Für solche Bewehrungslagen bestehend aus vertikalen und horizontalen Stäben, wie sie in Ortbetonwänden üblich sind, fordert die [WU-Richtlinie 2017] einen Mindestabstand von 120 mm und es ergibt sich die vorgenannte Mindestdicke von 300 mm.

Wie bereits in Bild 3 dargestellt und durch ausgeführte Praxis bestätigt, sind geringere Wanddicken bis 240 mm ausführbar, wenn nur einzelne senkrechte Anschlussstäbe in den Ortbeton geführt werden. Darüber hinaus ergeben sich günstigere Randbedingungen, wenn nur einreihige Anschlussbewehrung eingebaut wird. Bild 5 zeigt einen solchen Wandquerschnitt. Eine statisch erforderliche Anschlussbewehrung muss mit der senkrechten Bewehrung in der Fertigteilplatte einen Übergreifungsstoß bilden. Eine erforderliche Übergreifungsbewehrung ist nach Zulassung [Z-15.2-40] mit einem lichten Abstand zwischen 5 mm und 20 mm anzuordnen. Eine mittig in der Wand angeordnete Bewehrungsreihe ist nicht zu empfehlen. Neben der eingeschränkten Funktion als Übergreifungsstoß stört eine mittige Bewehrungsanordnung den sachgerechten Einbau von Dichtungssystemen in der Wand [Hohmann 2018].

Beim Wandquerschnitt nach Bild 5 ist der geforderte lichte Abstand entsprechend Bild 2 zwischen den Stäben der Anschlussbewehrung in Längsrichtung eingehalten. Ein Füllrohr mit z. B. 100 mm Durchmesser kann bis in den Bereich der Anschlussbewehrung eingeführt werden. Wird als Abdichtungssystem z. B. ein beschichtetes Blech gewählt, ist ein Abstand zur Innenseite der Wandschale von mindestens 50 mm einzuhalten.

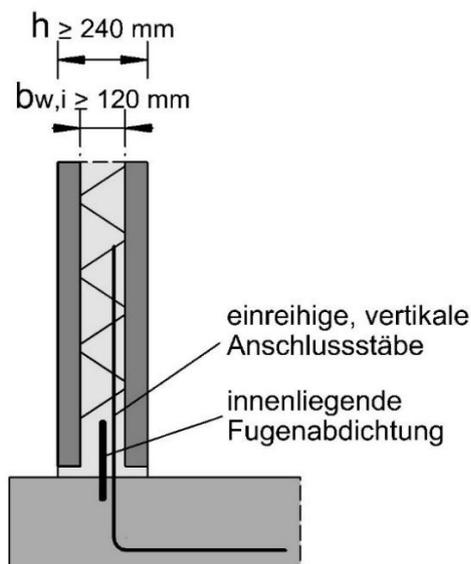


Bild 5: Elementwand mit Wanddicke von 240 mm und innenliegender Fugenabdichtung und einreihiger Anschlussbewehrung aus einzelnen vertikalen Bewehrungsstäben

Die Bewehrungsanordnung nach Bildern 1, 3 und 5 ermöglicht die bedingungsgemäße Ausführung einer Elementwand als WU-Konstruktion bei einer Wanddicke von 240 mm. Eine entsprechend sorgfältige Planung ist bei einer WU-Konstruktion obligatorisch.

3 Länge der Wandelemente

Elementwände haben als Teil einer WU-Konstruktion den Vorteil, dass die Stoßfugen zwischen den Fertigteilen als Sollrissquerschnitt genutzt werden können. Bei entsprechender Wahl der Elementlänge bleiben die Wandabschnitte zwischen den Sollrissfugen frei von Trennrissen. Die zu wählende Abschnittslängen richten sich nach den Lagerungsbedingungen. Nach den Erläuterungen [DAfStb-Heft 555] zur früheren [WU-Richtlinie 2003] sollten, falls der Spannungszustand der Wandabschnitte nicht näher untersucht wird, für die Bedingungen einer (nahezu) Volleinspannung bzw. (nahezu) keiner Krümmungsbehinderung die Abstände der Sollrissquerschnitte die 2-fache bzw. 4-fache Wandhöhe nicht überschreiten, für Elementwände konnte bei üblichen Bodenplattendicken bis zu 300 mm vom oberen Grenzwert ausgegangen werden.

Die neue [WU-Richtlinie 2017] sieht für Elementwände mit abgedichteten Sollrissquerschnitten den Nachweis der Trennrissicherheit als erbracht, wenn die Sollrissquerschnitte oder Fugenabstände so gewählt werden, dass Risse infolge von Lasten und Zwang in den dazwischenliegenden Bereichen vermieden werden.

Für Elementwände kann ohne weiteren Nachweis von einer Trennrissicherheit zwischen den Sollrissfugen ausgegangen werden, wenn die Länge der Wand die dreifache Wandhöhe [Alfes 2018] nicht überschreitet. Aufgrund von rechnerischen Studien von [Eligehausen 2003] und [Kerkeni 2002] wird an dieser Stelle ohne weiteren Nachweis eine zusätzliche Begrenzung auf 9 m und auf die 2,5-fache Wandhöhe empfohlen.

4 Stoßfugen als Sollrissfugen

Bei üblichen Planungskonzepten von Elementwänden als Teil einer WU-Konstruktion wird die vertikale Stoßfuge zwischen benachbarten Fertigteilelementen als Sollrissfuge ausgebildet. Der Sollriss wird planmäßig durch ein Dichtungssystem abgedichtet. Die [WU-Richtlinie 2017] fordert eine Schwächung des Gesamtquerschnitts im Bereich von Sollrissfugen von mindestens 1/3 der Wanddicke. Diese Schwächung ergibt sich bei Elementwänden im Bereich der Stoßfugen aus der Summe der Fertigteileplattendicken. Bei dickeren Wänden, bei denen die Summe der Schalendicken weniger als ein Drittel der Gesamtwandstärke beträgt, sind zusätzliche Schwächungen im Ortbetonkern vorzusehen.

Auf eine Stoßfugenbewehrung in vertikalen Sollrissfugen soll grundsätzlich verzichtet werden. In Sollrissfugen soll ein Riss auftreten. Eine Stoßfugenbewehrung behindert möglicherweise diese geplante Rissbildung, stört bei der Betonverdichtung in diesem Bereich und ist bei breiten Rissen, wie sie in diesen Sollrissfugen auftreten können, ggf. nicht ausreichend vor Korrosion geschützt.

Für die Abdichtung der vertikalen Stoßfugen als Sollrissfuge werden Dichtungssysteme empfohlen, welche auch bei einer Rissbreite von 1,0 mm funktionsfähig sind.

5 Rauheit der Verbundfuge

Im Hinblick auf den statischen Nachweis der Elementwand kann die Verbundfuge zwischen Fertigteilschale und Ortbetonkern sowohl glatt als auch rau ausgeführt werden. Für die Anwendung als WU-Konstruktion fordert die [WU-Richtlinie 2017] eine vollflächige kornraue Verbundfläche. Während die frühere [WU-Richtlinie 2003] eine mittlere Rautiefe von mindestens 0,9 mm als ausreichend ansah, fordert die neue [WU-Richtlinie 2017] einen mittleren Wert der Rautiefe von mindestens 1,5 mm. Der neuere Wert bedeutet eine Anpassung an die erstmalig mit DIN 1045-1:2008 eingeführte Anforderung an eine raue Fuge beim statischen Nachweis [Furche 2016].

Raugkeitsmessungen mit dem Sandflächenverfahren an Elementwänden mit mechanisch unbehandelten Oberflächen (Bild 6) zeigen, dass die erhöhten Anforderungen an die mittlere Rautiefe eingehalten werden können aber in Einzelfällen unterschritten wurden. Dies bedeutet, dass die Hersteller von Elementwänden durch gezielte Steuerung der Konsistenz, der Rezeptur und der Verdichtung des Betons die Anforderung sicherstellen.

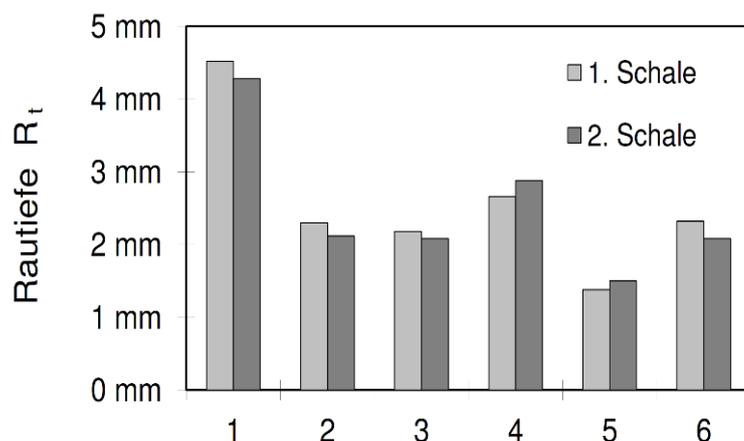


Bild 6: Mit dem Sandflächenverfahren gemessene mittlere Rautiefen R_t von mechanisch unbehandelten Oberflächen der Innenseiten von Elementwänden von sechs Produzenten [Blume 2005]

Die in Bild 6 angegebenen Rautiefen R_t sind Mittelwerte aus 5 Messungen mit dem Sandflächenverfahren an verschiedenen Stellen der Platten. Um auch an innenliegenden Stellen messen zu können, wurden die Innen- und Außenschale der beprobten Elementwand vor der Rauheitsmessung voneinander getrennt. Die Messergebnisse streuen stark und bestätigen die Erfahrungen aus anderen Messserien. Die Kleinstwerte der gemessenen Rauheiten lagen jeweils deutlich unter der mittleren Rautiefe der jeweiligen Probe. Im Mittel der insgesamt 12 getesteten Platten lag der Kleinstwert bei etwa dem 0,6-fachen Wert der mittleren Rautiefe. Bei einzelnen Platten lagen die Verhältniswerte noch niedriger. Danach entspricht die Forderung nach einer mittleren Rautiefe von $R_t = 1,5$ mm etwa der Forderung nach einem Mindestwert aus fünf Einzelmessungen von etwa $R_{t,min} = 0,9$ mm.

Die [WU-Richtlinie 2017] fordert bei der Erstprüfung an einer Referenzplatte und in Zweifelsfällen auf der Baustelle den Nachweis der mittleren Rautiefe R_t z. B. nach dem Sandflächenverfahren. Das von [Kaufmann 1971] beschriebene Verfahren setzt für die Beurteilungsfläche eine ausreichende Anzahl von Messstellen voraus, die von der Gleichmäßigkeit der Oberflächentextur abhängt und im Regelfall zwischen 5 und 10 liegen kann. Für eine Beurteilung der Rauigkeit sind daher mindestens fünf Messungen an verschiedenen Stellen der Platte durchzuführen. Einzelwerte unterhalb von $R_t = 1,5$ mm bis $R_{t,min} = 0,9$ mm und sind aufgrund üblicher Streuungen bei einer mittleren Rautiefe $R_t = 1,5$ mm systembedingt.

Literatur

- [Alfes 2018] Alfes, C.; Fingerloos, F.; Flohrer, C.: *Hinweise und Erläuterungen zur Neuauflage der DAfStb-Richtlinie „Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton“*, Beton-Kalender 2018, Ernst & Sohn, 2017, Berlin.
- [Blume 2005] Blume, F.; Schmitt, M.: *Wasserundurchlässige Elementwände mit Ortbetonergänzung – Rauigkeitsmessungen an den Innenflächen von Elementwandprüfkörpern – Bericht über einen Ringversuch- Bericht 62772/05 vom 18.1.2005*, Güteschutz Beton- und Fertigteilewerke Nord e.V. –Prüfstelle-
- [DAfStb-Heft 555] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (DAfStb): *Erläuterungen zur DAfStb-Richtlinie Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton*, 2006, Berlin.
- [Eligehausen 2003] Eligehausen, R.; Asmus, J.; Mayer, U.: *Untersuchungen zur Anschlussbewehrung, zur Verankerung der Biegezugbewehrung sowie Rißbreiten infolge Zwang bei Elementwänden. Bericht vom 5.5.2003 im Auftrag der Fachgruppe Betonbauteile mit Gitterträger im BDB*, 2003 Stuttgart.
- [Furche 2016] Furche, J.; Bauermeister, U.: *Elementbauweise mit Gitterträgern nach Eurocode 2*. In: *Beton-Kalender 2016*, Ernst & Sohn, 2015, Berlin.
- [Hohmann 2018] Hohmann, R.: *Elementwände als WU-Konstruktion – aber richtig! Planung-Ausführung – Fehlervermeidung*, Filigran-Seminarreihe 6.3.2018 bis 15.3.2018, Tagungsunterlage.
- [Kaufmann 1971] Kaufmann, N.: *Das Sandflächenverfahren*. *Straßenbautechnik* 24 (1971), Nr. 3, S. 131-135
- [Kerkeni 2002] Kerkeni, N.; Hegger, J.; Kahmer, H.: *Mindestbewehrung von weißen Wannern aus Doppelwänden*. *Beton- und Stahlbetonbau* 97, 2002, Heft 1 (Seite 1-7).
- [Lohmeyer 2018] Lohmeyer, G.; Ebeling, K.: *Weißer Wannern – einfach und sicher*. 11. überarbeitete Auflage, Verlag Bau+Technik, 2018.
- [WU-Richtlinie 2003] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (DAfStb): *DAfStb-Richtlinie Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton (WU-Richtlinie)*, November 2003, Berlin.
- [WU-Richtlinie 2017] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (DAfStb): *DAfStb-Richtlinie Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton (WU-Richtlinie)*, Dezember 2017, Berlin.
- [Z-15.2-40] Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt): *Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Z-15.2-40 für Filigran-D-Gitterträger und/oder Filigran-E-Gitterträger und/oder Filigran-EW-Gitterträger und/oder Filigran-SE-Gitterträger und/oder Filigran-SE2-Gitterträger und/oder Filigran-SWE-Gitterträger und Filigran-EQ-Gitterträger für Filigran-Elementwände*. 11.7.2016, Berlin.
- [Z-15.2-9] Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt): *Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Z-15.2-9 für Gitterträger KTW 200 oder KTW 300 für Kaiser-Omnia-Plattenwände*. 1.1.2015, Berlin.