

Fugenlose Stahlbetonplatten an Beispielen

Timur Uzunoglu
convex ZT GmbH, Graz, Österreich

KURZFASSUNG:

Dieser Beitrag behandelt die Konstruktion von fugenlosen Stahlbetonplatten im schweren Industriebau anhand von drei gebauten Beispielen. Als Fundierung dienende Stahlbetonplatten haben oftmals eine Doppelfunktion als „Beton-Bodenplatten“ und „Stahlbeton-Fundamentplatten“. Die unterschiedlichen Anforderungen an die jeweilige Funktion, sowie die verschiedenen anzuwendenden Regelwerke erfordern eine sorgfältige Wahl der Konstruktion, und gegebenenfalls eine Trennung der Bauelemente „Industrieboden“ und „Bauwerksfundierung“. Die fugenlose Ausführung erfordert eine möglichst zutreffende Ermittlung der Rissbreiten bzw. der rissbreitenbeschränkenden Bewehrung. Dabei kommt der Erfassung des Lastfalls früher und später Zwang eine besondere Bedeutung zu. Anhand von gebauten Beispielen und den dabei gewonnenen Erfahrungen werden die mit der Thematik verbundenen Schwierigkeiten und Lösungsmöglichkeiten aufgezeigt.

1 Einleitung

Inbesondere im schweren Industriebau hat die Stahlbeton-Fundamentplatte auch eine zweite Funktion als Beton-Bodenplatte. Die Anforderungen an eine Beton-Bodenplatte sind vielfältig, und erfordern eine sehr bewusste Auseinandersetzung mit der Bemessung und Konstruktion. In diesem Zusammenhang erfordert insbesondere die fugenlose Ausführung besondere Beachtung der Bontechnologie und der damit verknüpften Bemessung.

2 Beton-Bodenplatten

Eine Beton-Bodenplatte ist kein Tragwerk im Sinne des Eurocode 2 [1]. Somit sind keine Tragfähigkeitsnachweise zu führen, und Gebrauchstauglichkeits- und Dauerhaftigkeitsnachweise stehen im Vordergrund.

2.1 Bemessungskriterien

Die Bemessungskriterien für Beton-Bodenplatten im Industriebau sind nach [2]:

- die Nutzungsart
- die Nutzungsdauer
- die Zuverlässigkeit
- die Belastung
- die Beanspruchung

Bei der Auslegung der Beton-Bodenplatten gilt es den Untergrund, die Tragschicht und die Betonbodenplatte selbst zu beurteilen bzw. festzulegen.

2.2 Konstruktionsarten

Die Konstruktion einer Beton-Bodenplatte kann nach [2] sinngemäß erfolgen:

- als Betonbodenplatte ohne Risse, jedoch mit Fugen („rissfrei“ bzw. möglichst rissarm)
- als Betonbodenplatte ohne Fugen, jedoch mit Rissen (Risse mit begrenzter Breite)
- als Betonbodenplatte ohne Risse und ohne Fugen, mit einer Druckvorspannung durch Spannbewehrung

3 Stahlbeton-Fundamentplatten

Eine Stahlbeton-Fundamentplatte ist ein Tragwerk im Sinne des Eurocode 2. Somit stehen die Tragfähigkeitsnachweise oftmals im Vordergrund.

3.1 Bemessungskriterien

Für Stahlbeton-Fundamentplatten gilt es die Tragfähigkeit, die Gebrauchstauglichkeit und die Dauerhaftigkeit nach den relevanten Eurocode's nachzuweisen.

3.2 Konstruktionsarten

Die Konstruktion einer Stahlbeton-Fundamentplatte kann auf folgende Arten durchgeführt werden:

- als monolithische Platte ohne Bewegungs- und Arbeitsfugen
- als monolithische Platte ohne Bewegungs-, aber mit (z.B. schachbrettartig angeordneten) Arbeitsfugen
- als monolithische Platte ohne Bewegungs-, aber mit nachträglich verpressten Sollfugen
- als Platte mit Bewegungsfugen

4 Fugenlose Bauweise

Die fugenlose Bauweise erfordert, dass einerseits die Zwangskräfte und Verformungen auf einem niedrigen Niveau gehalten werden; und andererseits das dennoch auftretende Kräfte und Verformungen vom Bauwerk aufgenommen werden können.

Die Zwangskräfte und Verformungen können im Wesentlichen auf vier Ursachen zurückgeführt werden:

- Zwang im frühen Bauwerksalter (Bauteilverkürzung zufolge Abfließens der Hydratationswärme, insbesondere bei Bodenplatten)
- Zwang infolge Schwindverkürzung
- Zwang infolge Temperatur
- Zwang zufolge ungleichmäßigen Setzungen unter Last

Durch entsprechende konstruktive Maßnahmen können die oben angeführten Zwangskräfte und Verformungen zwar reduziert, aber nicht vollständig verhindert werden. Die verbleibenden Beanspruchungen müssen sorgsam abgeschätzt werden, um die jeweilig erforderliche Rissbreitenbeschränkung zu erreichen.

In der Praxis kommt einer zutreffenden und wirtschaftlichen Ermittlung der Rissbreitenbeschränkenden Bewehrung eine große Bedeutung zu.

4.1 Rissbreitenbeschränkung

Der maßgebende Parameter bei der Berechnung der rissbreitenbeschränkenden Bewehrung nach Eurocode 2 ist die mittlere wirksame Zugfestigkeit $f_{ct,eff}$ des Betons, der beim Auftreten der Risse zu erwarten ist. Je höher diese ist, umso mehr an Bewehrung ist erforderlich, um die Risschnittgröße aufzunehmen.

Diese wirksame Zugfestigkeit hängt nun maßgeblich von der Betontechnologie ab. Gemäß ÖNORM EN 1992-1-1:2011, Abschnitt 10.2.2 [3] kann die Zugfestigkeit bzw. die erforderliche Mindestbewehrung wie folgt reduziert werden:

- Die Zugfestigkeit kann mit $0,5 \cdot f_{ctm}$ angenommen werden, vorausgesetzt, ein Beton mit einer mittleren, langsamen oder sehr langsamen Festigkeitsentwicklung wird angewandt; und eine ausreichende Nachbehandlung wird vorgesehen.
- Bei Zugspannungen infolge im Bauteil selbst hervorgerufenen Zwangs (zufolge Abfließen der Hydratationswärme), kann die erforderliche Mindestbewehrung um 20 % verringert werden.
- Bei dickeren Bauteilen kann die erforderliche Mindestbewehrung um 15 % verringert werden, wenn ein langsam erhärtender Beton verwendet wird.

Diese erheblichen Reduktionen sind allerdings nur dann zulässig, wenn sichergestellt ist, dass die erforderlichen Voraussetzungen zutreffen.

So ist oftmals zum Zeitpunkt der Planung kein Konnex zur Betontechnologie gegeben. Üblicherweise wird die Geschwindigkeit der Festigkeitsentwicklung des Betons auf den Schalungsplänen nicht eingetragen, wobei hier zusätzlich Widersprüche mit den Betoneigenschaften gemäß den erforderlichen Expositionsklassen möglich sind.

Die Reduktion der erforderlichen Mindestbewehrung infolge im Bauteil selbst hervorgerufenen Zwangs ist nur dann zulässig, wenn die Fundamentplatte sich bewegen und somit die Zwangsspannungen abbauen kann (siehe Abschnitt 4.2). In der Praxis wird oftmals zu leichtfertig diese Reduktion in Anspruch genommen, ohne das Zutreffen der Voraussetzungen genauer zu überprüfen.

Auch der Lastfall später Zwang wird nach [4] oftmals unterschätzt. Die Bewegungsbehinderung

einer Stahlbeton-Fundamentplatte zufolge Verzahnung mit dem Baugrund kann auch nach mehreren Jahren Zwangskräfte verursachen und somit Risse auslösen.

In der Praxis zeigt es sich, dass auf der Ausführungsseite die maßgebenden Parameter die ausreichende Nachbehandlung und die plangemäße Betondeckung sind. Insbesondere bei dickeren Bauteilen mit massiver Bewehrung ist dabei eine Fehleranfälligkeit in der Ausführung (oftmals zu hohe Betondeckung und nicht ausreichende Nachbehandlung) gegeben.

4.2 Konstruktive Erfordernisse

Stahlbeton-Fundamentplatten sollten idealerweise eine ebene Untersicht haben, wobei die Anordnung einer gleitfähigen Trennschicht zwischen Sauberkeitsschicht und Platte empfehlenswert ist (Abbildung 1, oben). Diese Bewegungsmöglichkeit ist bei einer Betonmassen sparenden Konstruktion (Abbildung 1, unten) nicht gegeben. Auch Fixpunkte wie Pumpensämpfe, Aufzugsschächte, Rinnen sowie eine Pfahlfundierung hindern die Bewegung einer Fundamentplatte.

Eine „Entspannung durch Bewegung“ [4] ist bei einer Verzahnung der Fundamentplatte mit dem Baugrund rissefrei nicht möglich. Somit treffen dann auch die Annahmen zur Reduzierung der Mindestbewehrung (siehe Abschnitt 4.1) nicht zu.

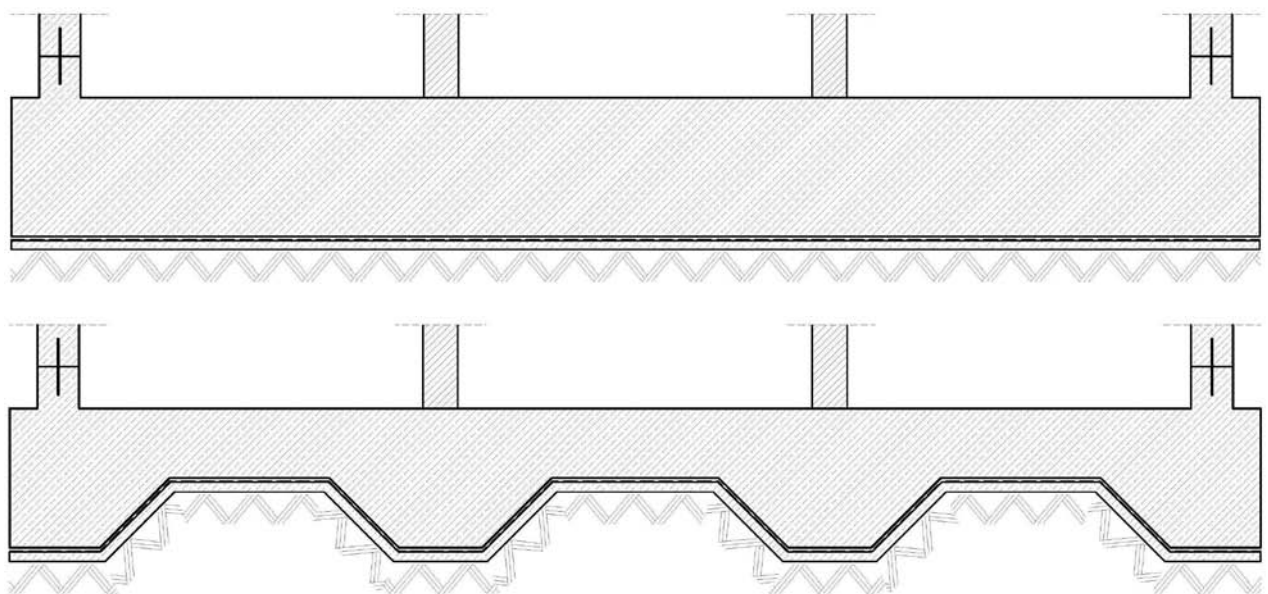


Abbildung 1 Ebene und unebene (mit dem Baugrund verzahnte) Fundamentplattenuntersicht

5 Normen und Richtlinien

Dadurch, dass bei der Stahlbeton-Bemessung immer mehr Bezug auf die Betontechnologie genommen wird (ÖNORM B 4710-1 [5]), und zusätzlich zur Normung eine Reihe von anforderungsspezifischen Richtlinien aufliegen (wie z.B. die Richtlinie „Weiße Wanne“ [6]), ist besondere Achtsamkeit bei der Bemessung vonnöten.

Teilweise kann es auch zu Widersprüchen bei der Betonspezifikation nach unterschiedlichen Regelwerken kommen, so lässt sich z.B. ein sowohl nach ÖNORM 4710 frost- und tausalzbeständiger Beton als auch ein nach der Richtlinie „Weiße Wanne“ „wasserundurchlässiger Beton“ nicht herstellen.

6 Beispiele

6.1 Kraftwerk, Maschinenhalle

6.1.1 Objektbeschreibung

Auf der Donauhalbinsel Csepel in Budapest/Ungarn wurde ein Gas- und Dampfkraftwerk errichtet. Die Maschinenhalle wurde auf einer Stahlbeton-Fundamentplatte gegründet, welche 21,5 m breit und 120 m lang ist. Im Mittelteil (Dampfturbine) ist die Platte 1,2 m dick; in den zwei Randbereichen (Gasturbinen) 0,8 m dick (siehe Abbildung 2). Bedingt durch die unmittelbare

Nähe zur Donau ist der Grundwasserspiegel knapp unter Geländeoberkante.

6.1.2 Gewählte Bauweise

Bei der gewählten Bauweise hat die Fundamentplatte der Maschinenhalle mehrere Funktionen zu erfüllen, und zwar:

- als Gründungsplatte für die Maschinenhalle und für die Turbinenfundamente,
- als abdichtende Platte gegenüber drückendem Grundwasser,
- als Industrieboden der Maschinenhalle.

Der Keller der Maschinenhalle wurde als Weiße Wanne ausgeführt. Um etwaige Schwachstellen gegenüber dem drückenden Grundwasser auszuschließen, wurde die Stahlbeton-Fundamentplatte trotz ihrer Länge von 120 m ohne Bewegungsfugen konzipiert. Die Fundamentplatte wurde als Kontinuum auf elastischer Bettung modelliert, bei der Stahlbetonbemessung wurde die rechnerische Rissbreite auf 0,2 mm begrenzt. Als für die Rissbreiten maßgebende Bewehrung wurden im Mittelteil Stäbe $d_s = 20$ mm im Abstand von 15 cm oben und unten angeordnet. Die Ausführung erfolgte in drei Arbeitsschritten (erst der Mittel-, dann die beiden Randbereiche). Es wurde bewusst darauf geachtet, dass die Platte eine ebene Untersicht hat, die max. erforderliche Dicke der Platte unter lokal hohen Lasten wurde für die gesamte Platte als maßgebend erachtet (den Mehrmassen an Beton wurde die Erleichterung im Aushub und in der Ausführung der Platte gegenübergestellt). Weiters wurde eine Gleitschicht auf der Sauberkeitsschicht vorgesehen. Durch diese konstruktive Gestaltung und einer sorgfältigen Nachbehandlung konnte eine nahezu rissfreie Platte erzielt werden.

6.2 Kraftwerk, Abhitzeessel

6.2.1 Objektbeschreibung

In Mellach/Österreich wurde ein neues Gas- und Dampfkraftwerk errichtet. Die zwei Abhitzeessel und die zugehörigen Kamine wurden auf einer Stahlbeton-Fundamentplatte gegründet, welche 54,2 m breit und 70,6 m lang ist. Im Bereich des Abhitzeessels ist die Platte 1,2 m; im Bereich des Kamins 3,0 m dick (siehe Abbildung 3). Der Grundwasserspiegel liegt unterhalb der Plattenunterkante.

6.2.2 Gewählte Bauweise

Bei der gewählten Bauweise hat die Fundamentplatte der Kesselhäuser eine Doppelfunktion zu erfüllen, und zwar:

- als Gründungsplatte für die gesamte Kesselanlage einschließlich aller Nebenanlagen und der Gebäudeeinhausung,
- als Industrieboden für die ordnungsgemäße langfristige Nutzung in allen Betriebs- und Wartungszuständen.

Gemäß vorliegendem Bodengutachten ist eine großflächige Gründung der Kesselhäuser auf flächenhaft verbessertem Boden vorzusehen. Dieses Konzept erfordert zum Teil erhebliche Plattendicken mit kräftiger Bewehrung und erlaubt keinen Fugenschnitt im Sinne der üblichen Betonböden, da dadurch das großflächige Tragverhalten verlorrenge.

Bei der Planung wurde die Fundamentplatte als Kontinuum auf elastischer Bettung modelliert und die Stahlbetonbemessung durchgeführt. Die rechnerische Rissbreite wurde mit 0,3 mm begrenzt. Als für die Rissbreiten maßgebende Bewehrung

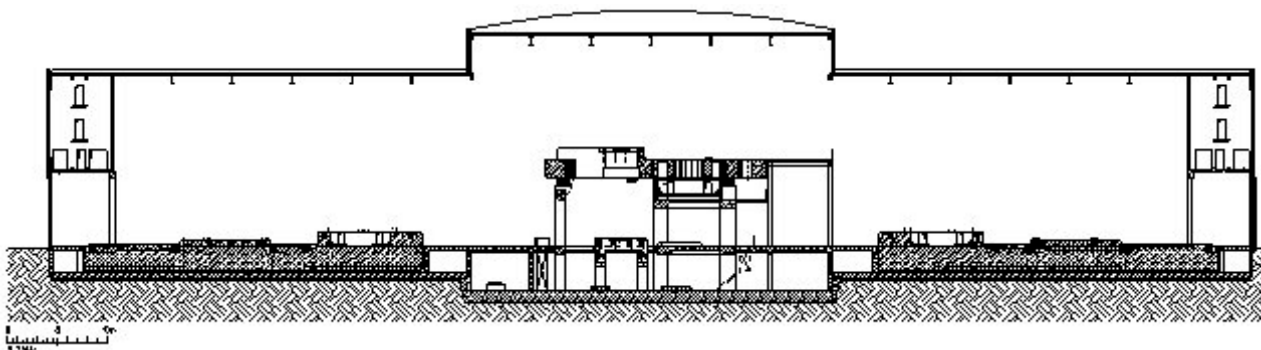


Abbildung 2 Kraftwerk, Maschinenhalle (Längsschnitt)

wurden im Bereich des Abhitzeessels Stäbe $d_s = 16 + 20$ mm im Abstand von 15 cm oben und unten angeordnet.

Aufgrund der vielen Einbauten und Kanäle konnte keine ebene Plattenuntersicht erreicht werden, dieser Umstand wirkte sich ungünstig auf die Rissbildung aus. Zuzufolge nicht plangemäßer, zu hoher Betondeckung und nicht durchgängiger Nachbehandlung kam es zu verstärkter Rissbildung (wobei die Rissbreite von 0,3 mm nicht überschritten wurde), welche durch das nachträgliche Sandstrahlen der Platte besonders gut wahrnehmbar waren.

Da in weiterer Folge eine Beschichtung der Fundamentplatte vorgesehen war, kam es zur Diskussion, ob diese Beschichtung rissüberbrückend oder nicht rissüberbrückend auszuführen war. Es konnte nachgewiesen werden, dass diese Risse zufolge Zwang im frühen Bauwerksalter waren, und sich unter wechselnder Betriebsbelastung (insbesondere Wind auf die Einhausung des Kessels und Entleerung/Füllung des Kessels) der Fundamentplatte nicht weiter öffnen würden. Somit konnte nach dem Verpressen der Risse eine konventionelle, nicht rissüberbrückende Beschichtung vorgesehen werden.

6.3 Papierfabrik, Laugenkessel

6.3.1 Objektbeschreibung

Die Papierfabrik in Frantschach/Österreich errichtet einen neuen Laugenkessel. Dieser wird auf einer Stahlbeton-Fundamentplatte mit einer Breite von 27,3 m und Länge von 37,6 m gegründet, welche zwischen 1,4 m hohen Balken gespannt ist. Diese Balken liegen auf unterirdisch bestehenden Fundamenten auf, welche die Druckkräfte aufnehmen können. Die hohen Zugkräfte werden mit GEWI-Zugpfählen im Untergrund verankert (siehe Abbildung 4).

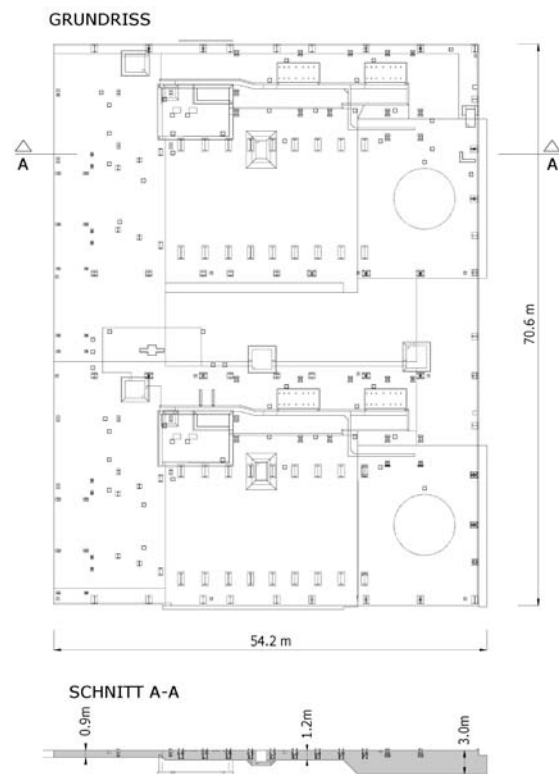


Abbildung 3 Kraftwerk, Fundierung Abhitzeessel und Kamin (Grundriss und Schnitt)

6.3.2 Gewählte Bauweise

Bei der gewählten Konstruktionsweise wurden die Stahlbeton-Fundamentplatte und die Industriebodenplatte voneinander getrennt. Die Stahlbeton-Fundamentplatte dient ausschließlich als Fundierung. Auf diese Platte wurde eine verdichtete Schüttung von 0,4 m aufgebracht, und auf diese wiederum die Industriebodenplatte mit 0,2 m Dicke schwimmend gelegt. Die Bodenplatte wurde anforderungsgemäß auf eine rechnerische Rissbreite von 0,2 mm bemessen.

Durch die Trennung der Bodenplatte von der Fundierung konnte die Bodenplatte deutlich dünner gemacht, und somit auch wirtschaftlicher bewehrt werden. Die Voraussetzungen zur Reduktion der erforderlichen Bewehrung für die Rissbreitenbeschränkung hätten sonst nicht zugetroffen.

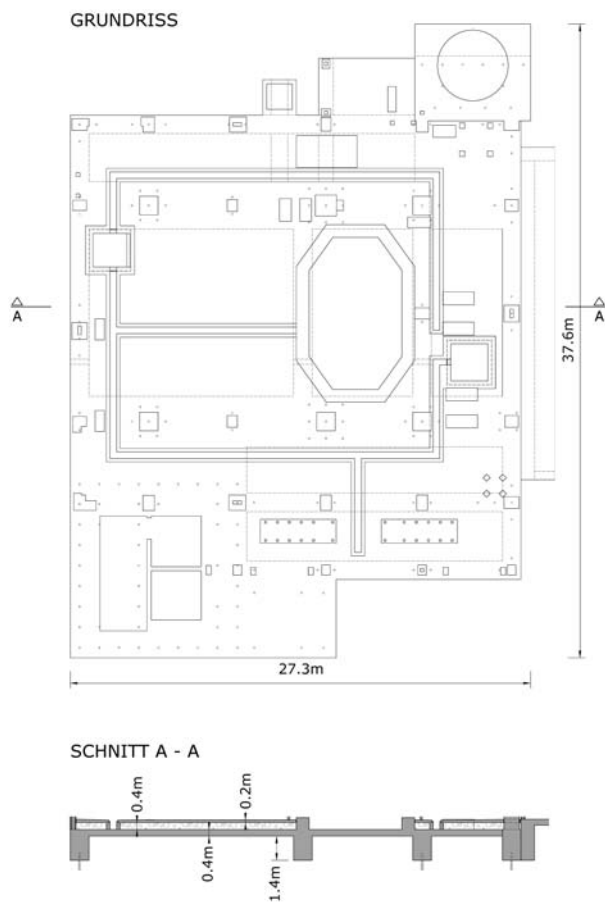


Abbildung 4 Papierfabrik, Fundierung Laugenkessel (Grundriss und Schnitt)

7 Zusammenfassung

Die fugenlose Ausführung Stahlbeton-Fundamentplatten, welche als Bodenplatte eine zweite Funktion haben, erfordert eine genaue Berechnung der rissbreitenbeschränkenden Bewehrung, wobei das Zutreffen der Annahmen, welche diese Bewehrung rechnerisch deutlich reduzieren, gewissenhaft überprüft werden muss. In manchen Fällen kann die getrennte Ausführung von Fundierung und Bodenplatte die wirtschaftlichere Lösung sein.

8 Literatur

- [1] EN 1992-1-1:2004 + AC:2008 + AC:2010 (D): *Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln für den Hochbau*

- [2] Lohmeyer, G., Ebeling, K.: *Betonböden für Produktions- und Lagerhallen*, 1. Auflage, Verlag Bau & Technik, Düsseldorf, 2012
- [3] ÖNORM B 1992-1-1:2011: *Eurocode 2 - Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln für den Hochbau*
- [4] Meier, A.: *Der späte Zwang als unterschätzter – aber maßgebender – Lastfall für die Bemessung*, Beton- und Stahlbetonbau 107 (2012), Heft 4, Ernst & Sohn
- [5] ÖNORM B 4710-1: *Beton – Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis*
- [6] Richtlinie *Wasserundurchlässige Betonbauwerke - Weiße Wanne*, ÖVBB, Ausgabe März 2009