

2 Berechnungsansätze

2.1 Ausgangssituation

Als Grundlage für die Abschätzung der Betonstahlmenge wurde für einen 1 m langen Beckenabschnitt mit Regelquerschnitt eine Vorberechnung nach DIN 1045-1 (07/2001) [2] durchgeführt. Die Ergebnisse wurden mit der statischen Berechnung des bestehenden Belebungsbeckens von 1995 nach DIN 1045 (07/1988) [3] verglichen. Dabei konnten die in der Statik für das bestehende Becken ermittelten Bewehrungsgrade für den Grenzzustand der Tragfähigkeit quantitativ bestätigt werden. Zur Beschränkung der Rissbreite wurde in diesem ersten Rechengang auf der Basis des Regelwerks DIN 1045-1 (07/2001) gegenüber dem bestehenden Becken, das nach DIN 1045 (07/1988) bemessen wurde, 40 % mehr Bewehrung erforderlich. Da in beiden Fällen von gleichen Verhältnissen ausgegangen worden war, nämlich von zentrischem Zug infolge abfließender Hydratationswärme, war diese Differenz zunächst nicht nachvollziehbar.

Infolgedessen wurden die Berechnungsgrundlagen sowohl für die Bestandsstatik als auch für die Vorberechnung nach DIN 1045-1 (07/2001) näher untersucht. Es stellte sich heraus, dass ca. 5 % bis 10 % der erforderlichen Mehrmenge auf veränderte Eingangsparameter wie Betonfestigkeit (C35/45 statt B 35), eine geänderte Ermittlung der Zugfestigkeit ($f_{ctm} = 0,3 \times f_{ck}^{2/3}$ statt $\beta_{bw} = 0,25 \times \beta_{WN}^{2/3}$) und geänderte Korrekturwerte (z.B. $k = 1,0$ nach [1], Abs. 8.5.1 (2), inzwischen auf Initiative des DBV mit Berichtigung 04/2006 zu [1] zurückgenommen) zurückzuführen sind. Der verbleibende, weitaus größere Anteil der Differenz hingegen beruhte auf einem unterschiedlichen Ansatz für die Größe der Betonzugzone. Während bei der Berechnung nach DIN 1045 (07/1988) (mit EDV-Programm [4]) bereits der Einfluss der Bauteildicke in Form einer wirksamen Betonzugzone berücksichtigt worden war, erfolgte die Berechnung nach DIN 1045 (07/2001) unter Ansatz der gesamten Querschnittsfläche (mit EDV-Programm [5]).

Diese unbefriedigenden Ergebnisse aus der Vorbemessung für die Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit waren Anlass, sich mit den bekannten Risstheorien, deren Umsetzung in den Normen und der Wahl eines geeigneten Berechnungsansatzes für das zu bearbeitende Bauwerk auseinanderzusetzen.

2.2 Verwendeter Berechnungsansatz

Als Ergebnis dieser Untersuchung wurde die Ermittlung der rissverteilenden Bewehrung auf Grundlage des Hefts 466 des DAfStb [6] durchgeführt. Gemäß dem in diesem Heft vorgestellten Bemessungskonzept hängt es von der Bewehrungsanordnung im Bauteil ab, ob sich die gesamte Zugzone des Zustands I oder nur ein Teil des gezogenen Querschnitts am Rissbildungsprozess beteiligt, weil jede Bewehrungslage wegen der Kraftübertragung zwischen Bewehrung und Beton nur eine begrenzte Wirkungszone hat (Bild 2).

Ist der Querschnitt so dünn, dass sich die Wirkungszone überschneiden, wird die gesamte Zugzone nach Zustand I aktiviert. Bei dicken Bauteilen entsteht in der Randzone neben den durchgehenden Primärrissen (Trennrissen) eine Gruppe von Sekundärrissen, die eine weitere Ausbreitung der Zugkräfte aus der Bewehrung in den mittleren Bereich des Betonquerschnitts verhindern (Bild 3).

Die zur Entstehung der Sekundärrisse erforderliche Kraft ist kleiner als die Kraft zur Erzeugung des nächsten durchgehenden Primärrisses, was zwei Effekte zur Folge hat: zum einen treten keine weiteren Trennrisse auf, zum anderen wird die Zwangskraft rasch abgebaut.

Im Kommentar zu DIN 1045-1 (07/2001) [8] heißt es hierzu: „Ist der Nachweis der Rissbreite nach 11.2.2 (5) nicht eingehalten, besteht die Möglichkeit zur Modifikation des Stabdurchmessers. Diesem Vorgang liegt der Umstand zugrunde, dass sich nicht immer die gesamte Betonzugzone, sondern nur die effektive Betonzugzone $A_{c,eff}$ wirksam am Rissbildungsprozess beteiligt. [...] Über diese effektive Betonzugfläche, deren Größe nach Versuchen und Vergleichsrechnungen in guter Näherung zu $A_{c,eff} = 2,5 \cdot (h - d) \cdot b$ bestimmt wurde, und die Spannungsverteilung in der Betonzugfläche, kann die Risskraft F_{cr} genauer bestimmt und die [aus dem Ansatz der gesamten Zugzone nach Zustand I] erforderliche Bewehrungsmenge gegebenenfalls reduziert werden.“

Die unter Zugrundelegung der effektiven Betonzugfläche ermittelte Bewehrung ist nur für eine Beschränkung der Sekundärrisse auf die geforderte rechnerische Rissbreite ausreichend. Sie ist jedoch nicht ausreichend, um auch die Primärrissbreite auf den gleichen Rechenwert zu begrenzen, weil vor der Entstehung der Primärrisse der gesamte Betonquerschnitt unter Zugspannungen steht und damit an der Rissbildung beteiligt ist. Dies wiederum bedeutet, dass die Stahlspannung in den Primärrissen höher ist als in den Sekundärrissen. Deshalb wird in [9] vorgeschlagen, zu-

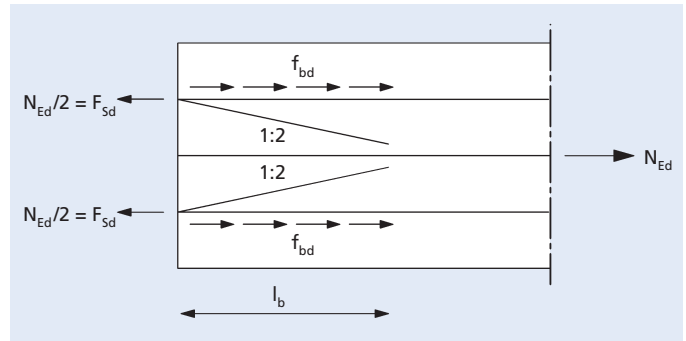


Bild 2: Kraftübertragung zwischen Stahl und Beton in der Einleitungszone mit den aus der Lastausbreitung resultierenden Wirkungszone (Ansicht, nach [6])

sätzlich für die „Mindestbewehrung zur Beschränkung der Sekundärrissbreite“ eine „Mindestbewehrung zur Vermeidung des Fließens im Trennris“ zu ermitteln. Diese ergibt sich nach [9] zu:

$$A_s = k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct} / (0,9 \cdot f_{yk})$$

mit

k_c = Beiwert zur Berücksichtigung der Spannungsverteilung

$k_c = 0,4$ reine Biegung

$k_c = 1,0$ zentrischer Zwang

k = Beiwert zur Berücksichtigung von nichtlinear verteilten Betonzugspannungen

$k = 0,8$

$f_{ct,eff}$ = wirksame Zugfestigkeit des Betons zum betrachteten Zeitpunkt

$f_{ct,eff} = 0,5 f_{ctm}$ bei frühem Zwang

$f_{ct,eff} = f_{ctm}$ in allen anderen Fällen

A_{ct} = Fläche im Betonquerschnitt, die unmittelbar vor der Erstrissbildung rechnerisch unter Zugspannungen steht

Durch dieses „Duktilitätskriterium“ wird eine untere Grenze für die Mindestbewehrung eingeführt, die für die volle rechnerische Risschnittgröße ein Fließen des Stahls verhindert.

Dieser Ansatz wurde zwischenzeitlich – in überarbeiteter Form – in die Neufassung

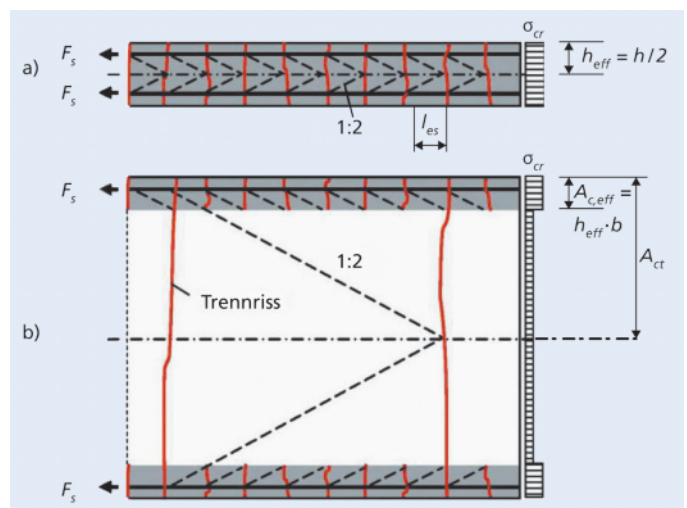


Bild 3: Mechanismus der Rissbildung zwischen zwei Trennrissen a) dünne Bauteile, b) dicke Bauteile (aus [7])

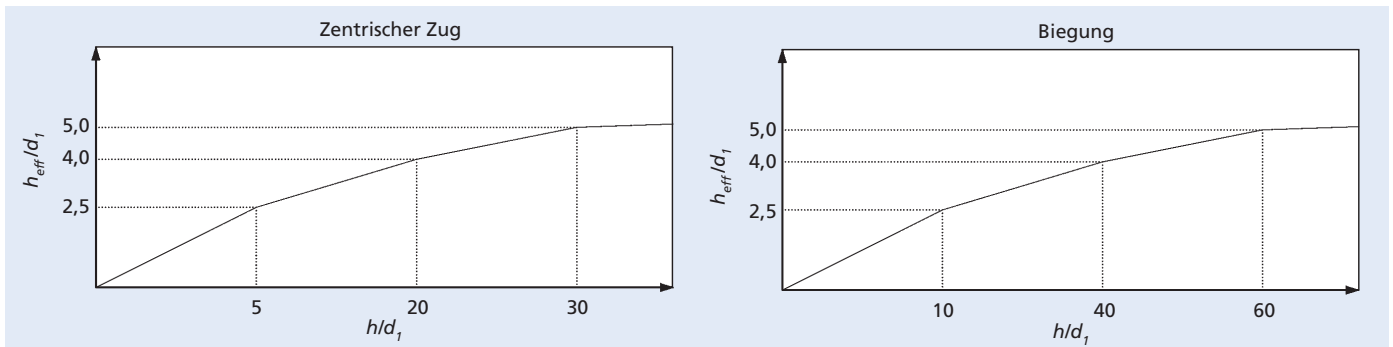


Bild 4: Empfehlung zur Wahl der effektiven Dicke h_{eff} nach [6]

der DIN 1045-1 (08/2008) [10] übernommen.

Bei den Berechnungen für das vorliegende Beckenbauwerk wurde die Größe der effektiven Betonzugzone nicht pauschal mit $A_{c,\text{eff}} = 2,5 \cdot (h - d) \cdot b$ bestimmt, sondern in Abhängigkeit von h/d_1 nach [6] (Bild 4). Ergab sich aus der Bestimmung der Werte h_{eff}/d_1 eine Überschneidung der beiden effektiven Zugzonen, wurde mit der tatsächlichen Querschnittsgröße gerechnet, sonst mit der effektiven Betonzugzone. Bei den Zwangsschnittgrößen, die im Querschnitt rechnerisch zur Erstrissbildung führten, wurde zusätzlich das zuvor genannte „Duktilitätskriterium“ eingeführt.

In [8] wird darauf hingewiesen, dass die zulässigen Spannungen der Tabelle 20 aus DIN 1045-1 (07/2001) unter Berücksichtigung des Dauerstandeffekts ermittelt wurden. Da Zwangseinwirkungen durch die Rissbildung schnell wieder abgebaut werden, müssen sie in der Regel jedoch nicht als lang andauernde Einwirkung betrachtet werden. Aus diesem Grund wurden die Stahlspannungen der Tabelle 20 nach [9] bei Vernachlässigung des Dauerstandeffekts um den Faktor 1,2 erhöht.

2.3 Auswirkungen der Bauweise ohne Bewegungsfugen

Für die Ermittlung der Mindestbewehrung zur Begrenzung der Rissbreite sind verschiedene Zeitpunkte, Zwangursachen und Zwangsformen zu untersuchen: Üblicherweise wird zur Bemessung der rissverteilenden Bewehrung allein der zuerst eintretende Lastfall „abfließende Hydratationswärme“ herangezogen, weil es aus dieser Beanspruchung zur Erstrissbildung kommen kann. Dies ist bei Bauwerken mit Bewegungs- bzw. Dehnungsfugen i.d.R. eine zulässige Vereinfachung, weil alle weiteren Verformungen etwa aus der Temperatur nicht behindert sind. Bei einem Bauwerk ohne Bewegungsfugen kann es bei Beanspruchungen aus „spätem Zwang“ zur Bildung weiterer Primär- und Sekundärrisse kommen, zumal die Größe und Verteilung der Betonzugfestigkeit eine andere ist als bei „frühem Zwang“. Als Ursachen für späten Zwang kommen in Betracht:

- Schwinden und Quellen
- thermische Dehnungen aus klimatischen Veränderungen

- nutzungsabhängige thermische Dehnungen
- ungleiche Setzungen

Neben der Ermittlung der rissverteilenden Bewehrung für die zusätzlichen Sekundärrisse ist hier der Nachweis erforderlich, dass auch durch die Kombination äußerer Lasten mit Zwangsbeanspruchungen unter der maßgebenden Einwirkungskombination die Aufweitung der Risse unter der rechnerisch zulässigen Rissbreite bleibt. Diese Forderung wird durch die WU-Richtlinie [1] verschärft, wonach alle Nachweise zur Begrenzung der Rissbreite für die häufige Einwirkungskombination geführt werden müssen.

Im vorliegenden Fall wurde das Becken für die vor genannten Zwangsbeanspruchungen entsprechend deren zeitlichem Auftreten untersucht.

3 Bemessungsergebnisse

Die Ermittlung der Mindestbewehrung aus den Berechnungen des Abschnitts 2 zeigt, dass bei den Bauteilen, die unterhalb des Abwasserspiegels liegen, im Regelfall der Ansatz der konstanten Temperaturänderung maßgebend wird. Dies ist insofern plausibel, als dass hier gegenüber dem Lastfall „abfließende Hydratationswärme“ die volle Betonzugfestigkeit anzusetzen ist. Bei den Wandköpfen, die oberhalb des Abwasserspiegels liegen und daher der freien Bewitterung ausgesetzt sind, wird das Trocknungsschwinden bemessungsrelevant.

Bei der Kombination der Zwangsbeanspruchungen mit äußeren Lasten musste die Horizontalbewehrung der Längswände im Bereich der Querwände (Kammertrennwände)

gegenüber der statisch erforderlichen Bewehrung deutlich vergrößert werden, um den rechnerischen Nachweis zur Begrenzung der Rissbreite erbringen zu können. Ursächlich hierfür ist die gegenüber dem Regelquerschnitt stark erhöhte Krümmungs- und Dehnungsbehinderung durch die Querwände bei gleichzeitigem Auftreten von erheblichen Schnittgrößen aus äußerer Belastung (zweiachsiges Tragverhalten in diesem Bereich).

Um die aus den Nachweisen in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit erforderliche Bewehrungsmenge bewerten zu können, wurden insgesamt drei Konstruktionsvarianten hinsichtlich ihres Bewehrungsbedarfs untersucht:

- Variante A: Ausführung des neuen Beckens analog dem bestehenden Becken, Übertragung der Bewehrungsgrade (unter Berücksichtigung des Einflusses der Bauteildicke mit Programm [4] ermittelt) nach DIN 1045 (07/1988), gleiche Art und Anzahl von Fugen, $w_{\text{cal}} = 0,15$ mm
- Variante B: Ausführung des neuen Beckens wie Variante A, jedoch mit Ermittlung der Bewehrungsgrade nach DIN 1045-1 (07/2001) mithilfe von EDV-Programmen (überall voller zentrischer Zwang unter Ansatz des gesamten Betonquerschnitts)
- Variante C: Ausführung des Beckens ohne Bewegungsfugen und mit den aus der Berechnung des Abschnitts 2 resultierenden Bewehrungsgraden, $w_{\text{cal}} = 0,15$ mm bis 0,20 mm.

Die jeweils erforderliche Bewehrungsmenge kann Tafel 1 entnommen werden. Danach

Tafel 1: Erforderliche Bewehrungsmengen für die Varianten A, B und C

		Variante A	Variante B	Variante C
Bodenplatte Mittelteil	kg/m ²	80	120	85
Bodenplatte Restfläche	kg/m ²	80	120	60
Längswände Bereich Querwände	kg/m ²	45	70	80
Längswände Regelquerschnitt	kg/m ²	45	70	65
Querwände	kg/m ²	40	55	60
Gesamte Bewehrungsmenge	t	240	360	265
		100 %	150 %	110 %

PENTAFLEX®

Abdichtungssystem für "Weiße Wanne"

Perfekte Abdichtung ist kein Zufall



- bauaufsichtliches Prüfzeugnis
- geprüft bis 5,0bar Wasserdruck
- Abdichtungssystem für WU-Bauteile
- für Ortbeton und Fertigteilkeller

PENTAFLEX®
Abdichten mit System

www.h-bau.de

J&P: Die Baupartner.

Deutsche Kahnisen
Gesellschaft mbH
Nobelstraße 51
D-12057 Berlin
Tel. +49 (0) 30/6 82 83-02
Fax +49 (0) 30/6 82 83-497
info@jordahl.de
www.jordahl.de

H-BAU Technik GmbH

Am Güterbahnhof 20
D-79771 Klettgau 1
Tel. +49 (0) 77 42/92 15-20
Fax +49 (0) 77 42/92 15-90
info.klettgau@h-bau.de
www.h-bau.de

Pfeifer
Seil- und Hebeteknik GmbH
Dr.-Karl-Lenz-Straße 66
D-87700 Memmingen
Tel. +49 (0) 83 31/937-290
Fax +49 (0) 83 31/937-342
bautechnik@pfeifer.de
www.pfeifer.de

J&P Bautechnik
Vertriebs-GmbH
Nobelstraße 51
D-12057 Berlin
Postfach 44 05 49
D-12005 Berlin

www.jp-bautechnik.de

www.jp-bautechnik.de

> Deutschlands Nr. 1 bei Stahlfasern: www.krampeharex.com



Selbst außergewöhnliche
Bodenbelastungen lassen
unsere kleinen Helden kalt.



KrampeHarex®-Stahlfasern und KrampeFibrin®-Kunststofffasern
ersetzen konventionelle Bewehrungen bei Industrieböden.

- + Schneller:** bis zu 2,5-mal schneller
- + Besser:** dauerhaft und sicher
- + Günstiger:** geringere Material- und Lohnkosten

KrampeHarex®-Stahlfasern, die zeitgemäße Art der Bewehrung beim Bau von Industrieböden. KrampeHarex®-Stahlfasern genügen höchsten technischen Ansprüchen und stellen doch eine wirtschaftliche Alternative zu herkömmlich bewehrten Böden dar.

Die Vorteile von KrampeHarex®- und KrampeFibrin®-Fasern bei Industrieböden:

- verbessertes Nachbruchverhalten
- höhere Schlagfestigkeit
- verbessertes Schwindverhalten
- schnellerer Baufortschritt

konnte die erforderliche Bewehrungsmenge durch den gewählten Bemessungsansatz der effektiven Betonzugzone gegenüber dem Ansatz des gesamten Betonquerschnitts erheblich reduziert werden. Dabei darf nicht außer Acht gelassen werden, dass die Menge der rissverteilenden Bewehrung wegen der Auswirkungen des späten Zwangs bei Bauwerken ohne Bewegungsfugen deutlich höher ist als bei solchen Konstruktionen, bei denen später Zwang wegen der Ausbildung von Bewegungsfugen von untergeordneter Bedeutung ist. Aus den vorliegenden Zahlen kann somit indirekt der Schluss gezogen werden, dass bei Ausführung eines konstruktionsgleichen Bauwerks mit Fugen die Bewehrungsmengen gegenüber dem Bestand hätten reduziert werden können. An dieser Stelle sei aber erneut darauf hingewiesen, dass die Fugen ggf. technisch problematisch sind und deren Wartung und Instandsetzung kostenintensiv ist.

4 Herstellung des Bauwerks

4.1 Schalung

Neben der eingangs zitierten Schädigung der Bewegungsfugen wies das vorhandene Becken bereits deutliche Schädigungen der Betonoberfläche auf. Teilweise war das Korngerüst freigelegt, Schmutz und Bewuchs (Moose, Algen) hatten sich an der rauen Oberfläche festgesetzt. Die Zerstörung des Betongefüges in den oberflächennahen Bereichen (der Kernbeton wies keine Mängel im Betongefüge auf) ist offensichtlich auf eine reduzierte Betondichte an der Bauteiloberfläche zurückzuführen. Solche Schadensbilder zeigen sich häufig, wenn durch die Verwendung einer glatten, wenig saugenden Schalung das beim Verdichtungsvorgang an die Schalungsoberfläche verdrängte Überschusswasser nicht abgeführt werden kann, sodass sich eine Schicht wasserreichen Feinmörtels an der Betonoberfläche bildet.

Um solche Schäden am neuen Belebungsbecken zu vermeiden und die Dauerhaftigkeit der Betonoberfläche zu verbessern, wurde nach Maßnahmen gesucht, um die geringere Festigkeit infolge des erhöhten

Tafel 2: Mischungszusammensetzung

Expositionsklassen		XC4 / XD2 / XF3 / XA1	
Betonfestigkeitsklasse		C35/45	
Zementart und Festigkeitsklasse		CEM III/B 32,5-LH/HS	
Zementgehalt z	kg/m ³	320	
Flugaschegehalt f	kg/m ³	75	
Wassergehalt w	kg/m ³	145	
w/(z+0,4f)		0,41	
Gesteinskörnung	0/2	kg/m ³	611
	2/8	kg/m ³	315
	8/16	kg/m ³	426
	16/32	kg/m ³	493
Zusatzmittel	BV	M.-% v. z	0,5
	FM	M.-% v. z	1,0

Wasserzementwerts der oberflächennahen Zone zu verhindern. Die nahe liegende Forderung nach saugender Schalung kann in den meisten Fällen nicht durchgesetzt werden, weil große Flächen heute ohne den Einsatz von Großflächenschalung nicht mehr wirtschaftlich geschalt werden können. Als Alternative besteht die Möglichkeit, die Schalung mit Schalungsbahnen zu versehen, die die Saugfähigkeit auch beim Einsatz von glatter Schalung sicherstellen sollen. Solche Schalungsbahnen, bestehend aus Polypropylenfasern, haben je Seite unterschiedliche Funktionen und sind dementsprechend unterschiedlich aufgebaut: Die Drainage-Seite besteht aus einem speziell geformten Kunststoff, sammelt Luft sowie Überschusswasser und erlaubt deren Abführung an der Kontaktfläche mit der Schalung. Die Filter-Seite hält die Zementpartikel auf der Betonoberfläche zurück, sodass eine dichte, feste Betonoberfläche entsteht. Die Schalungsbahn verbleibt nach dem Ausschalen auf der Schalung und kann mehrfach wiederverwendet werden.

Bei der Ausführung (Oktober 2006 bis März 2007) des Belebungsbeckens wurden derartige Schalungsbahnen erfolgreich eingesetzt.

4.2 Bewehrung

Wegen der gleichmäßigen Form und der in weiten Teilen gleichartigen Bewehrung des Beckenbauwerks wurden Listenmatten eingesetzt. Bei den Nachweisen im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit zeigte sich die Verwendung des eingesetzten Typs mit Doppelstäben als vorteilhaft. Entsprechend den Auslegungen des Normenausschusses Bauwesen (siehe Nr. 49 von [11]) darf bei der Ermittlung der rissverteilenden Bewehrung anstelle des Vergleichsdurchmessers der Durchmesser eines Einzelstabs angesetzt werden. Durch die Anordnung als Doppelstäbe war es außerdem möglich, die erforderlichen Bewehrungsquerschnitte mit kleinen Stabdurchmessern ($d_{s,max} = 12 \text{ mm}$) abzudecken und gleichzeitig ausreichend große Rüttellücken zu gewährleisten.

4.3 Beton

Neben den Expositionsklassen und der Mindestdruckfestigkeitsklasse wurde für die Ausführung die Vorgabe gemacht, dass Beton mit einer geringen Hydratationswärmeentwicklung einzusetzen ist. Die Mischungszusammensetzung ist in Tafel 2 angegeben. Eine über die Anforderungen von DIN 1045-3

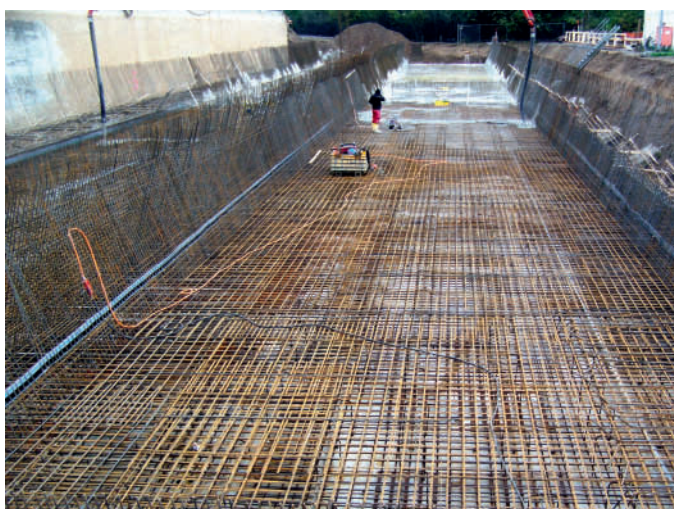


Bild 5: Herstellung der 84 m langen Bodenplatte in einem Betonierabschnitt



Bild 6: Abschnittsweise Herstellung der Längswände unter Einsatz von Abschalelementen

Faxantwort an: 040 / 4 14 48-499

oder per Post an Anschrift:

PressUp GmbH
Fachzeitschrift beton
Postfach 701311

22013 Hamburg

**Gleich
Bestellkarte
ausfüllen!**

Fachzeitschrift beton:

Informiert über die Gebiete
der Betonherstellung und
Betonverwendung

Liefert Erkenntnisse aus
Forschung und Baubetrieb

Setzt Impulse
für neue Bauverfahren
und wirtschaftliche
Anwendungstechniken

„JA, ICH WILL DAS JAHRES-ABO!“



Mein Jahresabonnement kostet 248,00 € inkl. MwSt. und Versand (Ausland 258,00 €) und verlängert sich jeweils um ein weiteres Jahr, wenn es nicht spätestens 6 Wochen vor Ablauf der Bezugszeit schriftlich gekündigt wird.

Firma

Name, Vorname

Straße, Nr.

PLZ, Ort

Telefon, Fax-Nr.

E-Mail

Meine Vorteile:

- › Exklusiver Online-Zugriff auf die aktuellen Fachbeiträge in der Datenbank „Fachwissen Bau“
- › Fast 14,5 % Preisvorteil gegenüber der Einzelheftbestellung
- › Lieferung frei Haus
- › Jederzeit kündbar (Mindestbezug: 1 Jahr)

Datum, 1. Unterschrift für das Jahresabo

Datum, 2. Unterschrift für die Kenntnisnahme des Widerrufsrechts

Mir ist bekannt, dass ich das Recht habe, den Abschluss meines Vertrags innerhalb von 2 Wochen bei der PressUp GmbH, Fachzeitschrift beton, Postfach 701311, 22013 Hamburg, zu widerrufen. Zur Wahrung der Frist genügt die rechtzeitige Absendung des Widerrufs.

VERLAG  BAU+TECHNIK

(07/2001) [12] hinausgehende Nachbehandlung des Betons wurde nicht vorgenommen.

4.4 Bauablauf

Seitens der ausführenden Bauunternehmung wurde der Vorschlag gemacht, die Bodenplatte in ihrer gesamten Größe in einem Betonierabschnitt herzustellen (Betonmenge etwa 1250 m³). Da bei der Ermittlung der Schnittgrößen infolge Reibung nach Abschnitt 2 als anzusetzende Länge der Abstand vom mittleren Teil der Bodenplatte (Achse der Pumpensäule als Festpunkt) bis zum äußeren Ende angesetzt worden war, sprach aus tragwerksplanerischer Sicht nichts gegen eine solche Ausführung. Der Einbau der 1250 m³ Beton erfolgte in ca. 24 h unter Einsatz von zwei großen Betonpumpen mit Ausleger mit ca. 60 m Reichweite (Bild 5). Die Wände wurden in mehreren Betonierabschnitten hergestellt, wobei der kleinste Abschnitt ca. 13 m und der längste Abschnitt ca. 40 m lang war (Bild 6).

Um im Bereich der Arbeitsfugen Wand/Wand eine volle Schubverzahnung (zweiachsiges Tragverhalten im Bereich der Querwände) zu gewährleisten, wurden Abschallemente eingesetzt. Das eingesetzte Abschalelement verfügt über zusätzliche Verzahnungsfugen sowie ein integriertes Fugenblech von 2 mm Dicke und 300 mm Breite. Damit ist die Konformität mit den Anforderungen aus [1] an die Wasserundurchlässigkeit in Arbeitsfugen gegeben. Bild 7 zeigt schematisch die Anordnung dieses Abschalelements in der Fuge Wand/Wand.

5 Beobachtete Rissbildung am Bauwerk

Die im Zuge der Fremdüberwachung hergestellten Würfel (150 mm Kantenlänge) wurden nach jeweils 90 Tagen einer Druckfestigkeitsprüfung unterzogen. Dabei wurde festgestellt, dass die geforderte Druckfestigkeitsklasse C35/45 bei Überfestigkeiten von 11 % bis 29 % durchgängig erreicht wurde.

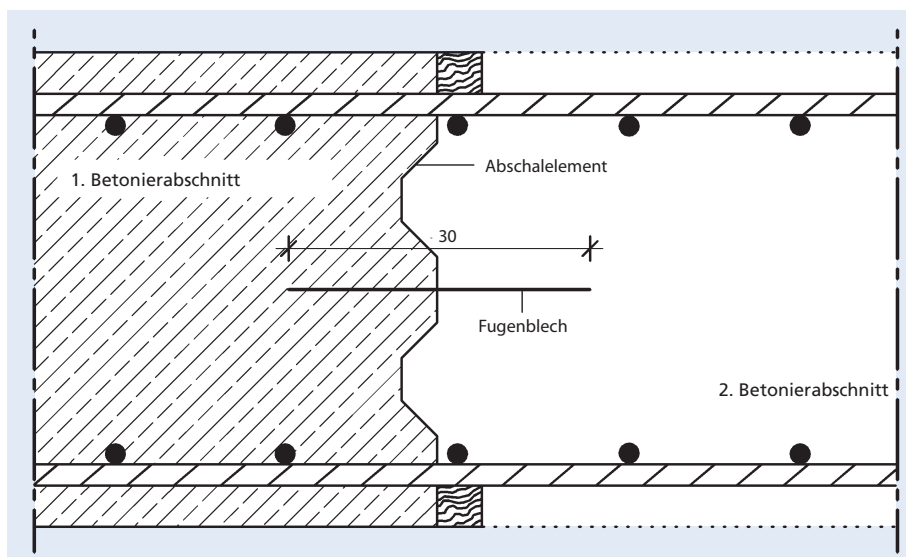


Bild 7: Abschalelement mit integriertem Fugenblech in der Fuge zwischen 1. und 2. Betonierabschnitt

Im März 2007 (ca. vier Monate nach Herstellung) fand die erste Untersuchung der Rissentwicklung an der Bodenplatte und einigen Abschnitten der Außenwände statt. Wegen der winterlichen Temperaturen war davon auszugehen, dass die Festigkeitsentwicklung vor Ort langsamer verläuft als unter Laborbedingungen. Daher wurden, um Anhaltspunkte für die Festigkeitsentwicklung zu erhalten, am Bauwerk näherungsweise Druckfestigkeitsprüfungen mit dem Rückprallhammer nach Schmidt durchgeführt. Die ermittelten Druckfestigkeiten zwischen C20/25 und C25/30 sind – trotz verfahrensbedingter Ungenauigkeiten – ein Indiz dafür, dass der Hydratationsprozess bei diesen winterlichen Witterungsverhältnissen gegenüber der Festigkeitsentwicklung der Probekörper im Labor stark verlangsamt abließ. Zu diesem Zeitpunkt war eine nennenswerte Rissbildung noch nicht zu beobachten, es zeigten sich nur einige wenige Risse mit Rissbreiten < 0,1 mm.

Im August 2007, kurz vor Übergabe des Bauwerks an die Bauherrschaft, wurde eine erneute Begehung durchgeführt. Die Druckfestigkeitsprüfungen vor Ort ergaben Festigkeiten zwischen C30/37 und C35/45. Nun war verstärkte Rissbildung festzustellen, wobei durchgehende Trennrisse erwartungsgemäß im Bereich der Wandköpfe zu beobachten waren (Bild 8).

In diesem Zusammenhang erwähnenswert ist, dass in der Fläche fast keine Rissbildung beobachtet werden konnte, während sich im Bereich der Arbeitsfugen – trotz durchlaufender rissverteiler Bewehrung – Risse mit Rissbreiten bis zu 0,2 mm zeigten (Bild 9).

Da nach Eintreten des Lastfalls „abfließende Hydratationswärme“ keine nennenswerte Rissbildung, nach Ablauf eines knappen halben Jahres jedoch das zuvor beschriebene Rissbild zu beobachten war, kann vermutet werden, dass andere Lastfälle als „abfließende Hydratationswärme“ ursächlich für die Bildung von Primär- und Sekundärrissen sind.



Bild 8: Trennriss im Wandkopf einer Längswand



Bild 9: Riss in der Arbeitsfuge

Bei der Probebefüllung einer der beiden Straßen des Belebungsbeckens im Oktober 2007 wurde im Bereich zweier Arbeitsfugen und an mehreren ursprünglichen Spannstellen der Schalung Feuchtigkeitsdurchtritt festgestellt. Während die Feuchtigkeit an den Spannstellen flächig aus der Vermörtelung heraustrat (Bild 10), konnten an den Arbeitsfugen wasserführende Risse mit einer Breite von 0,1 mm bis 0,2 mm festgestellt werden (Bild 11).

Nach vorübergehender Trocknung der Risse konnte festgestellt werden, dass diese nur auf einer Länge von ≤ 10 cm wasserführend waren. Die optische Wirkung war aufgrund der Kapillarwirkung in den benachbarten Rissabschnitten jedoch sehr viel eindrucksvoller.

Da es sich sowohl im Falle der Hüllrohre für die Spannanker als auch der Arbeitsfugenbleche um lokalen Feuchtigkeitsdurchtritt handelt, muss als Ursache eine mangelhafte Umhüllung mit Zementleim oder unzureichendes Verpressen der Spannanker-Leerrohre vermutet werden. Die wasserführenden Bereiche der Risse wurden auftragnehmerseitig verpresst, während an den Spannstellen keine weiteren Maßnahmen ergriffen wurden. Im Hinblick auf die bei einer Verpressung gegebene Absprenggefahr der Mörtelstopfen und die geringe Menge der durchtretenden Feuchtigkeit wurde entschieden, auf ein Verpressen zu verzichten.

Seit Ende 2007 wird das Belebungsbecken planmäßig genutzt, ohne dass es bislang zu Schäden gekommen ist. Vorübergehende Außerbetriebnahmen des Beckens (etwa für Reinigungsarbeiten) sollen genutzt werden, um weiterhin die Rissentwicklung im Bauwerk beobachten zu können.



Bild 10: Feuchtigkeitsdurchtritt an einer ursprünglichen Spannstelle der Schalung



Bild 11: Rissbild an der Schadensstelle nach vorübergehender Trocknung

6 Zusammenfassung

Für den Neubau eines Belebungsbeckens ohne Bewegungsfugen wurde nach einem Verfahren gesucht, um eine rissverteilende Bewehrung in wirtschaftlicher Größenordnung festzulegen. Dabei wurde das inzwischen in die Neufassung der DIN 1045-1 (08/2008) [10] aufgenommene Konzept der effektiven Betonzugzone bei dicken Bauteilen bei der Bemessung zugrunde gelegt. Bei der Berechnung wurde der Versuch unternommen, auch die Auswirkungen späten Zwangs aus Schwinden und Temperaturbeanspruchung rechnerisch zu erfassen. Die auf diese

Weise ermittelte rissverteilende Bewehrung ist nach gegenwärtigem Stand ausreichend, um die Rissbreiten auf den geforderten Rechenwert zu begrenzen. Dabei konnten die Bewehrungsgrade auf die Größenordnung eines vorhandenen Beckens, das in den 1990er Jahren nach DIN 1045 (07/1988) [3] und mit Bewegungsfugen ausgeführt wurde, zurückgeführt werden. Die Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass bei Ausführung eines konstruktionsgleichen Bauwerks (d.h. mit Bewegungsfugen) die Bewehrungsmengen gegenüber dem Bestand hätten reduziert werden können.

Literatur

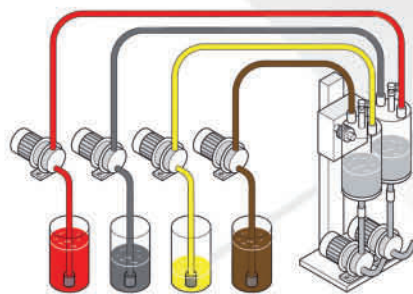
- [1] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton: DAfStb-Richtlinie „Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton“ (WU-Richtlinie); Ausgabe November 2003
- [2] DIN 1045-1: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton; Teil 1: Bemessung und Konstruktion; Ausgabe Juli 2001
- [3] DIN 1045: Beton und Stahlbeton – Bemessung und Ausführung; Ausgabe Juli 1988
- [4] Programm von P. Westphal (Grundlage: Deutscher Ausschuss für Stahlbeton: Heft 400 „Erläuterungen zu DIN 1045 Beton- und Stahlbetonbau, Ausgabe 07/88“; Ausgabe 1989)
- [5] mb AEC Software GmbH: Ing+ 2006, Programm S437 (Grundlage: [2]), in Version Ing+ 2009 Regelungen für dicke Bauteile nach [10] eingearbeitet König, G.; Tue, N. V.: Grundlagen und Bemessungshilfen für die Rissbreitenbeschränkung im Stahlbeton und Spannbeton. Schriftenreihe des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton, Heft 466, 1996
- [7] Fingerloos, F.; Zilch, K.: Einführung in die Neuausgabe von 1045-1. Beton- und Stahlbetonbau 103 (2008) H. 4, S. 221–235
- [8] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton: Heft 525 „Erläuterungen zu DIN 1045-1“; 1. Auflage September 2003
- [9] Maurer, R.; Tue, N. V.; Haveresch, K.-H.; Arnold, A.: Mindestbewehrung zur Begrenzung der Rissbreiten bei dicken Wänden. Bauingenieur 80 (2005) H. 10, S. 479–485
- [10] DIN 1045-1: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton; Teil 1: Bemessung und Konstruktion; Ausgabe August 2008
- [11] Normenausschuss Bauwesen (NABau): Auslegungen zu DIN 1045-1; Stand 29.11.2005
- [12] DIN 1045-3: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton; Teil 3: Bauausführung; Ausgabe Juli 2001

Dosieranlagen Zusatzmittel - Flüssigkeiten - Pulver - Farbpigmente

Seit 1961 entwickeln und produzieren wir Dosieranlagen und Systeme für die Betonindustrie



Zusatzmittelwaage AC 15/15/15/15 für 8 Zusatzmittel in 4 Zylinder



Neue Pulverdosieranlage Type FLEX 70 für 4 Farben

Die Vorteile unserer Systeme:

- Zuverlässigkeit und lange Lebensdauer
- Hohe Dosiergenauigkeit
- Komponenten aus hochwertigem Material
- Maßgeschneiderte Lösungen
Komplettes Produktspektrum für
Zusatzmittel- und Farbdosierungen



Würschum GmbH - P. O. Box 4144 - D-73744 Ostfildern
Phone: +49 711 44813-0 - Fax.: +49 711 44813-110
E-mai: info@wuerschum.com - www.wuerschum.com