

Innovative Massivbaukonstruktionen mit Betonelementen

Autor(en): **Hermann, Kurt**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Cementbulletin**

Band (Jahr): **69 (2001)**

Heft 7-8

PDF erstellt am: **18.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-153873>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Innovative Massivbaukonstruktionen mit Betonelementen

Elementdecken und Dreifachwände sind interessante Beispiele für rationelles Bauen mit vorgefertigten Elementen.

Elementdecken und Dreifachwände haben vieles gemeinsam, nicht zuletzt die Tatsache, dass sie in der Schweiz kaum bekannt sind. Dies ist erstaunlich, wenn man bedenkt, dass Elementdecken beim Bau von Wohnhäusern in Deutschland mittlerweile einen Marktanteil von über 70 % haben [3].

Elementdecken [1]

Elementdecken werden aus mindestens 40 mm dicken Fertigteilplatten (Deckenelementen) sowie einer mindestens 50 mm dicken statisch mitwirkenden Ortbetonschicht gebildet [4].

Die Deckenelemente sind in der Regel um 2,40 m breit und bis zu 12 m lang. Sie können bereits alle Aussparungen und Installationsöffnungen sowie die erforderliche Feldbewehrung und die so genannten Gitterträger (*Abbildungen 1 und 2*) enthalten.

Die Gitterträger bestehen aus einem Obergurt, den räumlich gespreizten oder senkrechten Diagonalen und dem Untergurt (*Abbildung 2*). Sie übernehmen verschiedene Funktionen [5]:

- Verbundbewehrung zwischen Fertigteil und Ortbeton
- ggf. Schubbewehrung für die Platte

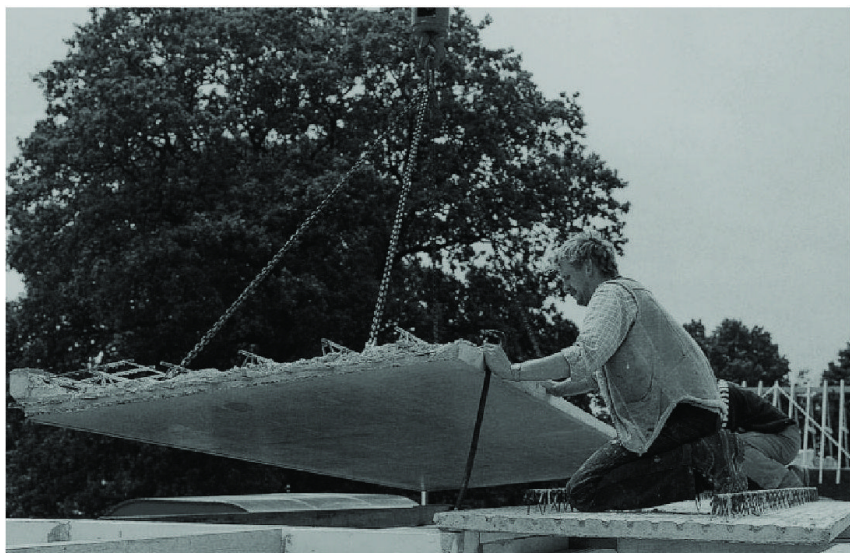


Abb. 1 Verlegen einer Elementdecke.

Foto: Fertig-Decken-Union, Osnabrück

- Teil der Zugbewehrung
- Aufnahme von Belastungen im Montagezustand
- Abstandhalter für obere Bewehrung, wenn Abmessungen entsprechend.

Die Dimensionen der einzelnen Platten einer Elementdecke werden im Fertigteilwerk aufgrund des Grundrisses des Bauvorhabens festgelegt. Die Deckenelemente werden dann unter definierten Bedingungen hergestellt. Dabei lassen sich auch Decken mit komplizierten Grundrissen realisieren.

Nach dem Transport zur Baustelle werden die Elementplatten mittels eines Krans verlegt. Anschliessend

Zu diesem Artikel

Am 14. März 2001 fand in Wildegge die TFB-Fachveranstaltung «Kostengünstig bauen dank innovativen Massivbaukonstruktionen» statt. Ein Schwerpunkt bestand in Referaten über die Anwendung von Betonelementen zur Rationalisierung im Hoch- und Ingenieurbau. Es referierten:

[1] Siegfried Droese (Braunschweig) über «Betonwohnhausdecken ohne Bewehrungsarbeiten am Bau: Stahlfaserortbeton und Betonelemente machen es möglich»

[2] Karsten Ebeling (Sehnde-Höver) über «Die Dreifachwand im Hoch- und Ingenieurbau – eine Alternative zum Schalen auf der Baustelle».

Der vorliegende Artikel basiert teilweise auf diesen Referaten. Weitere Informationen stammen aus der Literatur (siehe Verzeichnis auf Seite 11).

Stahlfaserbetone

Nach Empfehlung SIA 162/6 [8] enthält ein Stahlfaserbeton mindestens 20 kg Stahlfasern/m³. Im allgemeinen werden die Gehalte allerdings höher sein.

Stahlfasern

Die Auswahl kommerziell erhältlicher Stahlfasern ist gross. Der Formfaktor (Faserlänge/Faserdurchmesser) beträgt in der Regel 50–100 bei Faserdurchmessern $\leq 1,0$ mm [9]. Stahlfasern weisen relativ hohe Zugfestigkeiten (400–1500 N/mm²) auf; ihre Elastizitätsmoduln sind mit 200 kN/mm² rund eine Zehnerpotenz höher als diejenigen der Mörtelmatrices. In Stoffraumrechnungen wird die Dichte von Eisen (7850 kg/m³) eingesetzt.

Duktiles Materialverhalten

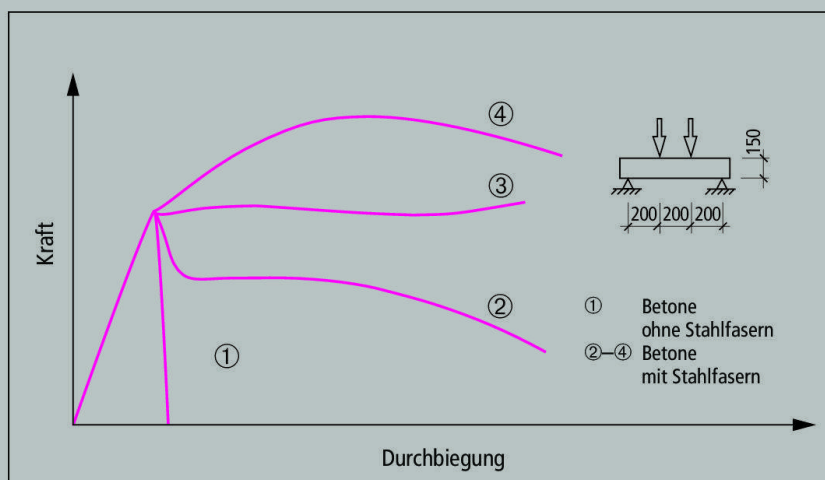
Stahlfaserbetone sind Verbundwerkstoffe. Sie unterscheiden sich von unbewehrten Betonen vor allem beim Überschreiten der Rissfestigkeit: Statt eines spröden haben sie ein duktileres Materialverhalten, das durch das Arbeitsvermögen (Fläche unter Lastverformungskurve) dargestellt werden kann. Illustriert ist dies in der *Abbildung* anhand von Biegezugversuchen [9]:

Betone ohne Fasern versagen relativ schnell nach dem Erreichen der Reissfestigkeit (Kurve 1). Bei Stahlfaserbetonen (Kurven 2–4) hängt der Kurvenverlauf stark vom Fasertyp und -gehalt ab. Die Last fällt ab, wenn der Fasergehalt zu klein ist, der Verbund Fasern–Mörtelmatrix schlecht ist oder die Fasern reißen (Kurve 2). Enthält der Beton Fasern in ausreichender Menge und mit hohem Auszieh Widerstand (z. B. Drahtfasern mit Endverankerung), kann die Last nach dem Überschreiten der Rissdehnung sogar zunehmen (Kurve 4). Stahlfaserbewehrte Bauteile versagen in der Regel durch das Heraus-

ziehen der Fasern. In speziellen Fällen (lange, fest eingebettete Fasern, hochfeste Betone) können die Fasern auch reißen [6].

Vorteilhaft ist die risshemmende und rissüberbrückende Wirkung von Stahlfasern. So wurden beispielsweise die Rissbreiten bei Konstruktionsbetonen mit 0,38 Vol.-% Stahlfasern um mehr als 50 % vermindert. Der Anteil der Mikrorisse bei der Verformung war grösser als bei Stahlbetonen, zudem nahm die Zahl der Risse zu, während ihr Abstand kleiner wurde. Die Durchlässigkeit gegenüber Wasser verringerte sich stark [10].

Quelle: [7]



Biegezugversuche an Stahlfaserbetonen (nach [9], modifiziert).

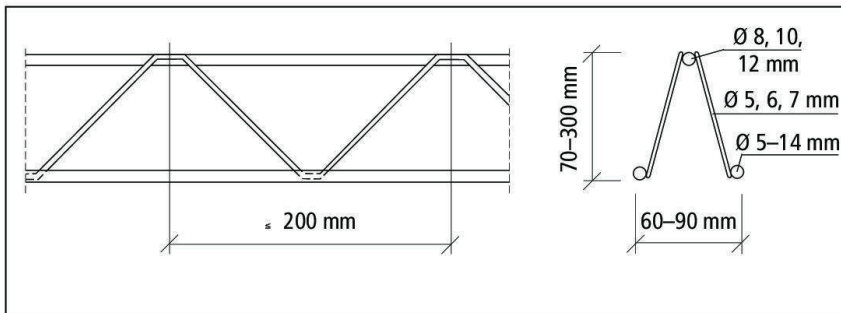


Abb. 2 Gitterträger zur Bewehrung von Elementdecken (nach [5]). Zeichnungen: TFB

werden die Stossfugen bewehrt sowie – falls erforderlich – die Zulagebewehrungen der unteren Bewehrung angeordnet. Es folgt das Verlegen der oberen Bewehrung und der Stützbewehrungen.

Nach dem Betonieren mit Transport- oder Baustellenbeton entsteht eine monolithische Stahlbetondecke, die gemäss DIN 1045 (Ausgabe 07.1988) eine «Teilfertigdecke mit statisch wirkender Ortbetonschicht» ist.

Die Vorteile dieses Vorgehens liegen auf der Hand: Unter anderem kann auf aufwändige Schalungen verzichtet werden, auf der Baustelle muss weniger Bewehrung verlegt werden. Zudem ist die Qualität der Deckenunterseiten derart, dass diese nicht verputzt werden müssen. Dies führt zu einer Verkürzung der Bauzeit. Die Kosten lassen sich beträchtlich senken: Im Jahr 1998

kostete 1 m² einer 100 m² grossen, 18 cm dicken Decke in Ortbeton etwa 124 DM, 1 m² Elementdecke aber nur rund 84 DM [4].

Stahlfasern statt zusätzliche Bewehrung [1]

Eine weitere Rationalisierung der Bauweise mit Elementdecken ergibt sich durch die Verwendung von Stahlfaserbeton [7] (siehe Seite 4) für die Ortbetonschicht. Wie weiter unten gezeigt wird, lassen sich dadurch

die obere Stützbewehrung sowie die Abreiss- und Zusatzbewehrungen aus Betonstahl ersetzen. Dadurch wird das Bauverfahren weiter beschleunigt, und die Kosten sinken.

Das Prinzip dieser Elementdecken ohne obere Bewehrung ist in Abbildung 3 an einem Zwischenaufleger auf Mauerwerk dargestellt. Wenn Stahlfasern mit gekröpften Endverankerungen mit einem Formfaktor von 80 (Faserlänge 60 mm/Faserdurchmesser 0,75 mm) eingesetzt werden, genügt ein Stahlfasergehalt von rund 40 kg/m³, um das erforderlich Tragverhalten zu erreichen [1].

Biegetragverhalten und Querkrafttragfähigkeit [6]
Durchlaufende Decken aus Stahlfaserbeton unterscheiden sich in ihrem Tragverhalten stark von herkömmlichen Betondecken. Das vom Stahl-

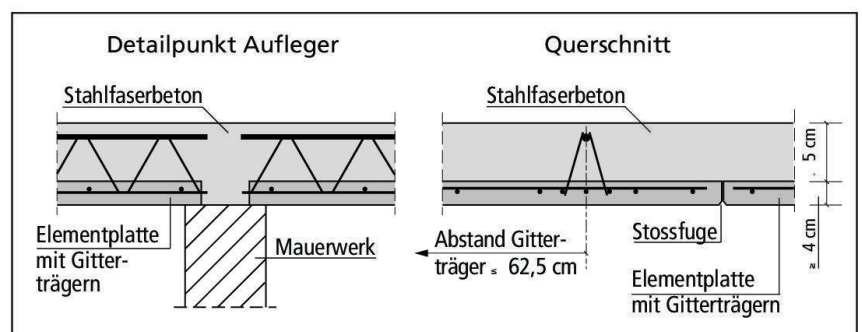


Abb. 3 Prinzip der Elementdecken ohne obere Bewehrung, dargestellt an einem Zwischenaufleger auf Mauerwerk (nach [6]).

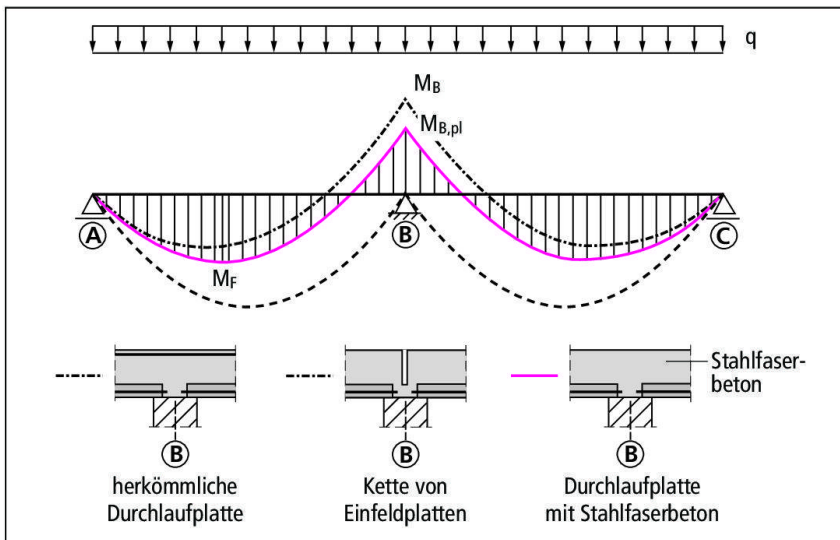


Abb. 4 Momentenverlauf einer zweifeldigen Deckenplatte bei unterschiedlicher Ausführung im Bereich der Mittelunterstützung (nach [6]).

beton-Querschnitt aufnehmbare plastische Moment $M_{B,pl}$ ist in der Regel kleiner als die Beanspruchungen durch äussere Lasten. Durch Momentumlagerungen von den Auflagern zu den Feldern kann das Gesamtsystem die Lasten aber tragen (Abbildung 4). Bedingung dafür ist, dass die grösser werdenden Feldmomente M_F durch eine entsprechende Bewehrung aus Rundstahl abgedeckt werden [6].

Da in den Elementplatten Gitterträger angeordnet sind, ist die Querkrafttragfähigkeit bei Wohnhausdecken in der Regel problemlos nachweisbar [6].

Gebrauchs- und Brandverhalten

Nach [6] zeigen Durchlaufplatten mit Stahlfaserbeton im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit «ähnlich geringe Durchbiegungen und Rissbildungen wie eine herkömmlich Stahlbetondecke. Bei zunehmender Belastung werden sich im Bereich des Stützquerschnitts Risse ausbilden. Stahlfasern geeigneter Form (z.B. Fasern mit abgekröpften Enden) wirken rissverteilend, allerdings mit geringerer Wirkung als übliche Bewehrungsstäbe. Die Rissaufweitung im Stützquerschnitt bei zunehmender Belastung ist daher überwiegend eine Funktion der Durchbiegung der Platten im Feld und der dadurch bewirk-

ten Rotation im Stützquerschnitt. Eine Vergrösserung der Deckendicke und/oder eine verstärkte Feldbewehrung ermöglichen es, den Rotationswinkel und damit das Mass der Rissöffnung im Stützquerschnitt auf gewünschte Werte zu begrenzen. Für trockene Innenräume halten wir eine Rissbreite im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit von $w_{crit} = 0,4 \text{ mm}$ für zulässig». Die Feuerwiderstandsfähigkeit der Deckenkonstruktionen wurde noch nicht experimentell untersucht; der Nachweis muss rechnerisch erfolgen.

Vorteile durch den Einsatz von Stahlfaserbeton

Durch die Verwendung von Stahlfaserbeton als Ortbeton fallen bei Elementdecken die Bewehrungsarbeiten am Bau weg. Dies bringt vor allem eine Zeit-, aber auch eine gewisse Kosteneinsparung. Die Wahrscheinlichkeit, dass bei der Bauausführung Fehler auftreten, wird stark reduziert.

Erste Anwendungen

Wohnhausdecken aus Stahlfaserbeton ohne obere Bewehrung wurden erstmals in einer Überbauung mit zwölf Wohneinheiten in Wolfsburg eingesetzt. Der Einbau verlief an sich problemlos. Lediglich das Pumpen des Stahlfaserbetons (70 kg Stahlfa-

sern/m³ Beton) war nicht ganz problemlos [11].

Das Gebrauchsverhalten und die Tragsicherheit des vorgestellten Elementdecken-Systems wurde zudem eingehend untersucht [12]. Dabei wurde auch gezeigt, dass die Faser- menge auf 40 kg/m³ gesenkt werden kann.

Dreifachwände [2]

Dreifachwände bestehen aus zwei dünnen Fertigplatten, die im Fertigbetonwerk mittels Gitterträgern zu einem Doppelement mit einem verbleibenden Zwischenraum verbunden werden. Nach dem Aufstellen auf der Baustelle wird der Raum zwischen den Fertigplatten mit Ortbeton aufgefüllt (Abbildung 5 und 6). Der Gesamtquerschnitt aus dem Doppelement und dem Ortbeton wirkt statisch gemeinsam im Verbund.

Dreifachwände sind unter verschiedenen Namen bekannt, beispielsweise als Elementwand, Doppelwand, Hohlwand oder Dreischichtwand. In Deutschland werden sie vor allem beim Kellerbau eingesetzt [2]. Weitere Anwendungen sind zum Beispiel Geschosswände im Wohnungsbau sowie Wasserbehälter im Ingenieurbau.

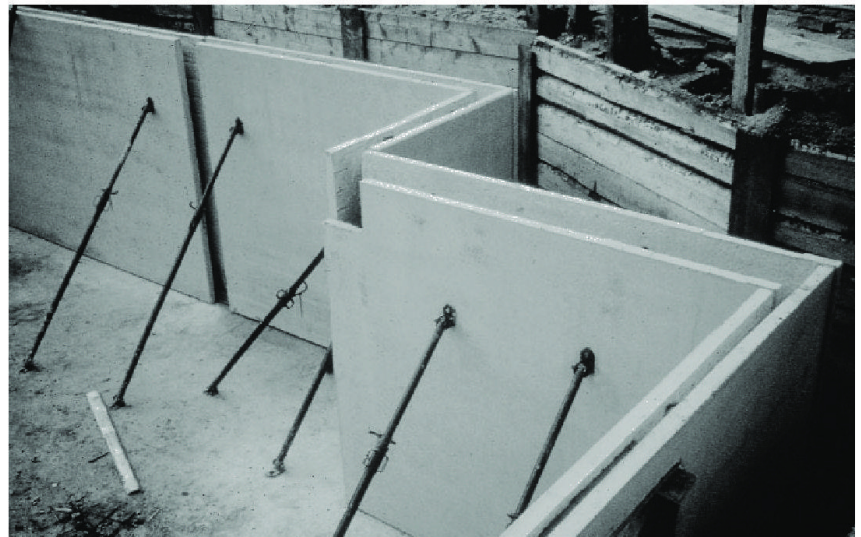


Abb. 5 Dreifachwand für Keller nach dem Aufstellen.

Foto: Bauberatung Zement Hannover

Dreifachwände für Keller

Eine Auswahl wichtiger Anforderungen an Dreifachwände für Keller ist in Tabelle 1 zusammengefasst. Die Längen der vorfabrizierten Wandelemente für Geschosshöhen bis zu 3,0 m betragen im Normalfall etwa 6 m. In besonderen Fällen können die Elemente aber bis zu 14 m lang sein.

Wichtig ist, dass die etwa 4 bis 6 cm dicken Fertigplatten raue Innenflächen aufweisen, damit ein guter Verbund mit dem Ortbeton entsteht. Die Gitterträger (siehe Abbildung 2) sind ein Teil der Bewehrung der Fertigplatten. Sie werden in der Regel

senkrecht in Abständen von höchstens 62,5 cm angeordnet. Zur Aufnahme des Frischbetondrucks muss

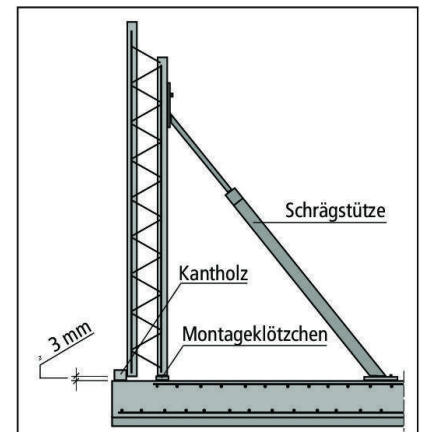


Abb. 6 Aufstellen der Fertigplatten auf einer Fundamentplatte zum Ausbetonieren mit Ortbeton (nach [12, 13]).

		Dreifachwand für Keller		
		Fertigplatten	Zwischenraum in Ortbeton	
Wandabmessungen	Gesamtdicke	- 25 cm, besser 30 cm		
	Elementlänge	ca. 6 m (bei Geschosshöhe - 3 m), Sonderfälle: bis 14 m		
	Dicke	- 4 cm, aussen besser 6 cm	- 15 cm	
Anforderungen an den Beton nach DIN 1045	Festigkeitsklassen	- B 25 möglichst B 35	B 25 (entspricht ungefähr B 35/25)	
	Wasserundurchlässigkeit	e_w - 30 mm	e_w - 50 mm	
	W/Z-Wert	möglichst - 0,50	- 0,60	
	weitere Eigenschaften bzw. Anforderungen	hoher Frostwiderstand ggf. hohen Widerstand gegen starken chemischen Angriff	Zementleimgehalt - 280 l/m ³	
			Konsistenz KR mit BV od. HBV	
		Grösstkorn Fusspunkt: 8 mm Grösstkorn: 16 mm		
		CEM 32,5 oder CEM 32,5 R		

Tab. 1 Anforderungen an Dreifachwände für Keller ([12], leicht modifiziert).

stets eine Mindestbewehrung vorhanden sein. Dreifachwände können für unbewehrte oder bewehrte Wände hergestellt werden (Abbildung 7). In bewehrten Wänden darf die statisch erforderliche Bewehrung ganz oder teilweise in die Fertigplatten integriert werden.

Die waagrecht angeordnete Bewehrung muss in Plattenstössen, Wandecken und Wandanschlüssen verbunden werden, beispielsweise durch zusätzlich in den Ortbeton eingelegte Bewehrung [13]. Anschlussbewehrungen für die Wände auf der Fundamentplatte sollten nur eingesetzt werden, wenn sie

auch erforderlich sind. Sie erschweren sonst das Arbeiten auf der Baustelle (Aufstellen der Elemente, Betonieren) in unnötiger Weise.

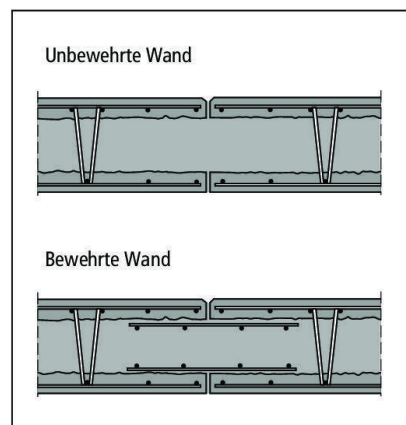


Abb. 7 Waagerecher Schnitt durch Wandelemente für bewehrte und unbewehrte Wände (nach [12, 13]).

Betonieren vor Ort

Vor dem lagenweisen Einbringen des Ortbetons müssen die Elementplatten innen gut vorgeätzt werden. Im Bereich der Wandanschlüsse im Fussbereich (etwa 20–30 cm hoch, je nach Höhe der Dreifachwände) haben sich fliesfähige Betone mit einem Grösstkorn von 8 mm bewährt. Darüber kann das Grösstkorn auf 16 mm erhöht werden.

Benötigt wird ein wasserundurchlässiger Beton. Seine freie Fallhöhe darf 50 cm nicht überschreiten. Geeignet sind Krankübel mit einem Betonierschlauch.

Die Betoniergeschwindigkeit richtet sich in Deutschland nach der Zulassung. Typische Werte sind 50 und 80 cm/Std.

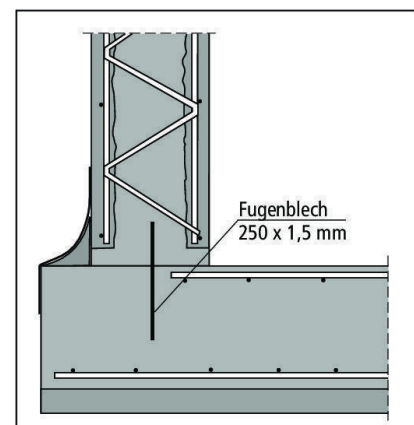


Abb. 8 Abdichtung der Fuge zwischen der Fundamentplatte und der Dreifachwand mit einem Fugenblech (nach [13]).

Beim Verdichten des Betons ist es wichtig, dass der Innenvibrator auch richtig in den Beton eintaucht. (Da keine Schalung verwendet wird, ist die optische Kontrolle des erhärteten eingebauten Betons nicht möglich.) Erfahrungsgemäss muss im oberen Bereich nachverdichtet werden, damit ein monolithischer Wandquerschnitt entsteht. Anschliessend wird die Wandkrone mit Folie abgedeckt (nachbehandelt).

Abdichten gegen Bodenfeuchte, Sickerwasser oder drückendes Wasser
Für einen wasserundurchlässigen Keller müssen sowohl die waagerechten Fugen zwischen der Fundamentplatte und der Wand als auch die senkrechten Fugen bei den Stössen der Fertigplatten abgedichtet werden. Dafür stehen verschiedene Verfahren zur Verfügung, die in [12] eingehend diskutiert werden.

Löschwasserbehälter [14]

Der Einsatz von Dreifachwänden beschränkt sich nicht auf Kellerwände. Ein Anwendungsbeispiel ist ein Behälter für 320 000 l Löschwasser, der unter räumlich beschränkten Bedingungen in sehr kurzer Zeit gebaut werden musste. Der quadratische Behälter weist Seitenlängen von 11,00 m und eine Höhe von 2,65 m auf.



Abb. 9 Einsetzen des Bewehrungskorbs im Eckbereich der Dreifachwände.

Foto: Ragano, Nordhorn

Anforderungen an den Beton	Behälterwände als Dreifachwand		
	Fertigplatten	Zwischenraum in Ortbeton Wandfuss (h = 50 cm)	normaler Wandbereich
Druckfestigkeitsklasse	B 35 (. B 40/30)	B 35 (. B 40/30)	
Wasserundurchlässigkeit	ja		ja
Zement	CEM I 42,5 R		CEM I 42,5 R
Zementgehalt Z	330 kg/m ³	350 kg/m ³	330 kg/m ³
W/Z-Wert	0,48	0,46	0,48
Zementleimgehalt	265 l/m ³	274 l/m ³	265 l/m ³
Konsistenzbereich	KR		KR
Grösstkorndurchmesser	16 mm	8 mm	16 mm
HBV	0,4 M.-% von Z	1,0 M.-% von Z	0,4 M.-% von Z

Tab. 2 Betontechnologische Anforderungen an den Beton des Löschwasserbehälters (nach [14]).

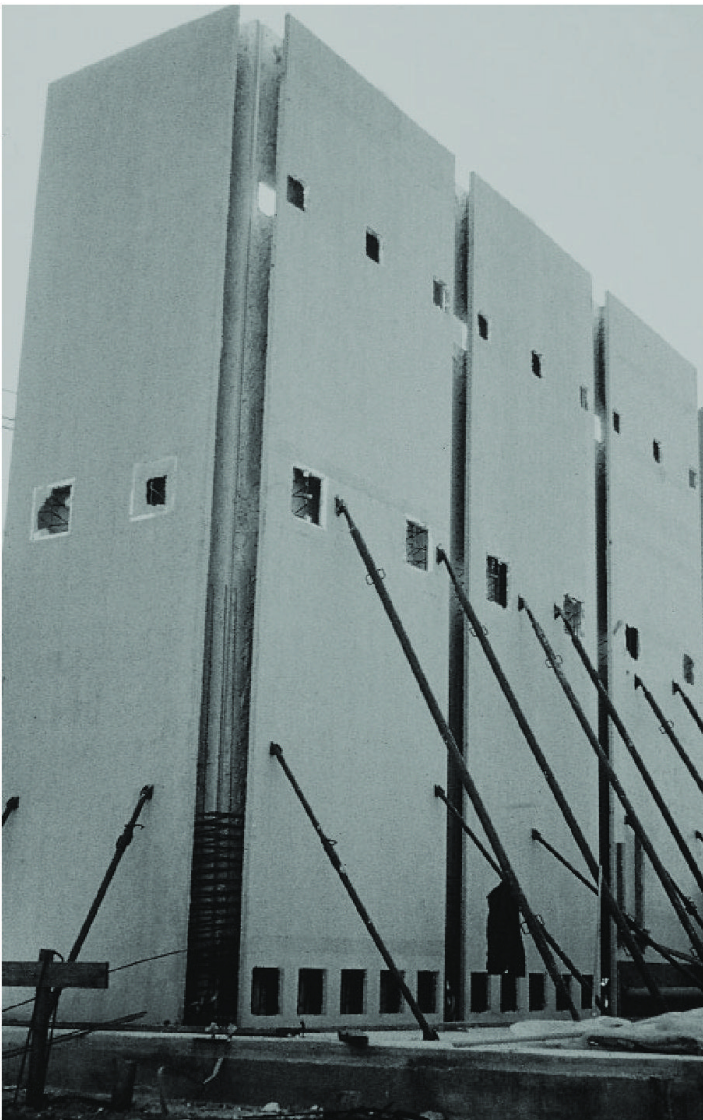


Abb. 10 Aufstellen der Dreifachwände für die 8,8 m hohen Wände eines Denitrifikationsbehälters.

Foto: Funke, Frankfurt/Main

Der Behälter wurde aus vier Wandelementen von 30 cm Dicke aufgebaut. Davon nahmen die inneren und äusseren Fertigteilplatten je 6 cm ein. Der verbleibende Zwischenraum wurde mit dem in *Tabelle 2* beschriebenen wasserundurchlässigen Ortbeton ausgefüllt.

Die waagerechten Betonierfugen zwischen der Fundamentplatte und den Wänden wurde mit einem Fugenblech gesichert. Als zusätzliche Sicherheit wurde in dieser Betonierfuge ein Injektionsschlauch verlegt. Aus Platzgründen wurde an den Elementstössen in den Eckpunkten des

Behälters auf die übliche Fugensicherung verzichtet. An ihrer Stelle wurden Bewehrungskörbe zur Beschränkung der Rissbreite eingesetzt (siehe *Abbildung 9*).

Wasseraufbereitungsanlage [15]

Für den Flughafen Frankfurt/Main musste eine neue Wasseraufbereitungsanlage erstellt werden. Dazu gehörte neben 4,29 m hohen Behältern für Frisch- und Brauchwasser auch ein Dreikammersystem für die Denitrifikation. Diese wies die folgenden Dimensionen auf: Länge 9,86 m, Breite 3,03 m und Höhe 8,79 m (siehe *Abbildung 10*).

Ursprünglich war eine Stahlbauweise vorgesehen. Den Zuschlag erhielt aber schliesslich ein Unternehmen, das die Verwendung von Dreifachwänden vorgeschlagen hatte, und dies aus technischen und wirtschaftlichen Gründen.

Die Gesamtbauzeit betrug acht Wochen, für den Rohbau wurden drei Wochen benötigt. Die Fertigteilplatten waren je 5,5 cm dick, die gesamte Wand 36,5 cm. Zahlreiche Rohrdurchführungen und Öffnungen in den Wänden erschwerten die Anordnung der Gitterträger in den Fertigteilwänden und das Einbringen des Ortbetons.

Bei einer Füllprobe nach acht Wochen traten im Bereich der Rohrdurchführungen zunächst kleinere Undichtigkeiten auf. Diese sinterten aber zu (Selbstheilung). Mehr Probleme bereiteten Undichtigkeiten unter den 1 m hohen Mannlöchern, die mit Kunstharz vervüllt wurden. Seit 1998 ist die Anlage dicht und in Betrieb.

Vorteile von Dreifachwänden

Nach [2] bringt der Verzicht auf eine Schalung bei Dreifachwänden geringere Kosten. Zudem werden die Vorteile von Ortbeton und Fertigteil kombiniert. Ein Teil der Arbeit kann witterungsunabhängig im Werk ausgeführt werden, und schliesslich erhöht sich auch der Baufortschritt.

Kurt Hermann, TFB

LITERATUR

Neben den Angaben der Referenten der TFB-Fachveranstaltung wurden die folgenden Publikationen verwendet oder zitiert:

- [3] **Riese, A., und Droese, S.**, «Elementdecken ohne Bewehrungsarbeiten am Bau – Einsatz von Stahlfaserbeton bei Wohnhausdecken», *Betonwerk + Fertigteil-Technik* **65** [3], 40–46 (1999).
- [4] **Faoro, M.**, «Mit Fertigteilen innovativ bauen», *Betonwerk + Fertigteil-Technik* **64** [6], 34–42 (1998).
- [5] «Betonkalender», **1996 A**, Seiten 256–258.
- [6] **Droese, S.**, «Elementdecken für Wohnhäuser: Stahlfaserbeton ersetzt Bewehrungsarbeiten am Bau», schriftliche Unterlagen zur TFB-Veranstaltung Nr. 4731 «Fertigelemente im Hochbau: Herausforderung für Projektierung und Bauausführung» vom 10. Mai 2000 in Wildegg.
- [7] **Hermann, K.**, «Stahlfaserbetone», *Cementbulletin* **67** [9], 3–7 (1999).
- [8] Empfehlung SIA 162/6: «Stahlfaserbeton» (Ausgabe 1999).
- [9] **Maidl, B.**, «Stahlfaserbeton», Ernst & Sohn Verlag, Berlin (1991).
- [10] **Winterberg, R.**, «Einfluss von Stahlfasern auf die Durchlässigkeit von Beton», Deutscher Ausschuss für Stahlbeton **483**, 71–135 (1997).
- [11] **Völkel, W., Riese, A., und Droese, S.**, «Neuartige Wohnhausdecken aus Stahlfaserbeton ohne obere Bewehrung», *Beton- und Stahlbetonbau* **93** [1], 1–6 (1998).
- [12] **Lohmeyer, G., und Ebeling, K.**, «Die Dreifachwand für Keller – Wirtschaftliche Kombination aus Betonfertigplatten und Ortbeton», *Beton* **46** [1], 28–33 (1996).
- [13] **Lohmeyer, G., und Ebeling, K.**, «Die Dreifachwand für Keller – Bewehrung der Dreifachwand», *Beton* **47** [11], 662–663 (1997).
- [14] **Ebeling, K., Lohmeyer, G., und Stegink, H.**, «Die Dreifachwand im Ingenieurbau – Anwendungsbeispiel Wasserbehälter», *Beton* **49** [1], 17–20 (1999).
- [15] **Ebeling, K., Lohmeyer, G., und Strauch, A.**, «Wirtschaftlicher Ingenieurbau mit der Dreifachwand», *Betonwerk + Fertigteil-Technik* **66** [10], 64–70 (2000).
- [16] **Schellenbach, M., und Pfeffer, K.**, «BubbleDeck – neue Wege im Betonbau», *Betonwerk + Fertigteil-Technik* **67** [1], 140–141 (2001).

Auch andere bauen rationell

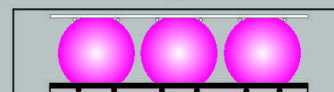
Elementdecken und Dreifachwände sind nur zwei ähnlich gelagerte Beispiele rationaler Bauverfahren. Wir werden uns – wie bereits früher angekündigt – im «Cementbulletin» auch weiterhin mit interessanten Entwicklungen in diesem Bereich befassen.

Hier noch kurz ein Hinweis auf ein anderes Verfahren zum Bau von Decken [16]: die BubbleDeck genannte Hohlkörperdecke. Bei ihr werden Kunststoffhohlkörper mit den Bewehrungselementen verbunden. Diese vorgefertigten Hohlkörpermodule können in drei Arten eingesetzt werden:

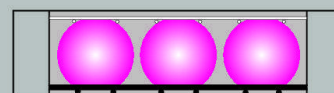
- Als Bewehrung für Ortbetondecken:



- Als teilvorgefertigte Decke (analog Elementdecke), die auf der Baustelle mit Ortbeton fertiggestellt wird:



- Als vorgefertigtes Betonelement, das fertig auf die Baustelle geliefert wird:



Schlüsselwörter

Betondecken, Betonelemente, Dreifachwände, Elementdecken, Hohlkörperdecken, Kellerwände, Stahlfaserbeton.