

Probekapitel

Bauen mit Betonfertigteilen im Hochbau

Autoren: Hubert Bachmann, Alfred Steinle, Volker Hahn

Copyright © 2010 Ernst & Sohn, Berlin

ISBN: 978-3-433-01850-7

BiP

2. Auflage

Bauen mit Betonfertigteilen im Hochbau

Hubert Bachmann, Alfred Steinle, Volker Hahn

Bauingenieur-Praxis



Ernst & Sohn
A Wiley Company

Wilhelm Ernst & Sohn
Verlag für Architektur und
technische Wissenschaften
GmbH & Co. KG
Rotherstraße 21, 10245 Berlin
Deutschland
www.ernst-und-sohn.de

Ernst & Sohn
A Wiley Company

2.1 Randbedingungen beim Entwerfen von Fertigteilen

2.1.1 Herstellungsprozess

Der Herstellungsprozess von Fertigteilen unterscheidet sich vielfach grundlegend von der Fertigung auf der Baustelle. So werden Stützen meist liegend in einer Schalung hergestellt, sodass eine Seite der Stütze eine ungeschalte Seite darstellt. Sollen alle Seiten Sichtbetonflächen sein, so bedarf es einer zusätzlichen Bearbeitung dieser vierten Seite. Hat die Stütze Konsolen nach unterschiedlichen Richtungen, so ist mit dem Werk abzuklären, auf welcher Seite die Stütze betoniert werden soll oder kann.

Wände werden meist liegend auf Kipptischen hergestellt, sodass eine Seite die geschalte Seite und die andere die abgezogene Seite darstellt. Nur bei vertikal in Batterieschalungen hergestellten Wänden sind beide Seiten geschalte Oberflächen.

Fassaden werden im Allgemeinen liegend in negativer Fertigung hergestellt, d. h. die Fassadenoberfläche liegt auf der Schalungspalette. Dadurch können strukturierte und ausgewaschene Oberflächen leicht hergestellt werden. Bezüglich der Herstellung von Sandwichfassaden (Fassadenelemente mit integrierter Wärmedämmung) sei auf Abschnitt 2.4 verwiesen.

Da die Seitenschalungen von der Bodenschalung beim Ausschalen wegzufahren oder wegzukippen sind, muss diese Fuge zum Betonieren sauber abgedichtet werden. Dies geschieht im Allgemeinen mit Dreikantleisten aus Kunststoff, wodurch die Unterkanten von Fertigteilen gebrochen, d. h. abgefast sind. Sollen auch die Oberkanten („oben“ im Sinne des Herstellungsprozesses) gefast sein, so muss dies in den Plänen klar angegeben sein.

Vielfach werden Balken- oder Plattenbalkenquerschnitte aber auch in starren Schalungen hergestellt. Dann sind die Seiten von „Rechteckträgern“ oder von Stegen der TT-Platten etwas geneigt, damit solche Elemente nach dem Aushärten des Betons ohne Bewegung der Seitenschalung aus der Schalung gehoben werden können. Dies ist im Allgemeinen ohne Belang bei abgehängten Decken. Bei sichtbaren Knotenpunkten sind solche herstellungsbedingten Eigenschaften von Fertigteilen allerdings beim Entwurf zu berücksichtigen.

2.1.2 Toleranzen

Bei der Baudurchführung entstehen durch den Herstellungsprozess bedingte Maßabweichungen des Istmaßes vom Nennmaß [36, 37]. So entstehen Maßabweichungen bei Fertigteilen durch ungenaue Übertragung der Entwurfsmaße in die Schalungsmaße, durch Verformungen der Schalung beim Betonieren, durch Abnutzung bzw. verschleißbedingte Fehler der Schalung.

Zum Herstellprozess eines Gebäudes gehört aber auch die Montage, wobei sich zusätzliche Versetztoleranzen ergeben. Sie hängen im Wesentlichen von den dabei verwendeten Messmethoden ab.

Zusätzlich ergeben sich Maßabweichungen aus den Verformungen der einzelnen Bauteile oder der gesamten Gebäudestruktur. Diese Verformungen können lastabhängig und zeitabhängig (z. B. infolge Schwinden und Kriechen) sein.

In DIN 18 202:2005, Toleranzen im Bauwesen, sind zulässige Toleranzen festgelegt, die baustoffunabhängig für den Rohbau und Ausbau gelten. Die zulässigen Grenzabweichungen von Baustoffen sind in den Stoffnormen, wie z. B. in DIN 18 203-1, Toleranzen im Hochbau – vorgefertigte Teile aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton, enthalten und müssen zusätzlich berücksichtigt werden. Nach diesen Normen gibt es keine Genauigkeitsklassen mehr wie früher. Man hat erkannt, dass der Sinn der Vorgabe von Toleranzen in den Normen nur darin bestehen kann, dass das pass- und funktionsgerechte Zusammenfügen von Bauteilen des Roh- und Ausbaus ohne Nacharbeiten gewährleistet sein und nicht etwa ästhetischen Anforderungen, z. B. dem Fluchten von Außenwandfugen, genügen muss. Funktionsgerecht bedeutet, dass z. B. die Tragfunktion bei kurzen Auflagertiefen von Deckenplatten oder die Abdichtungsfunktion einer Außenwandfuge voll erfüllt wird.

Die in der Norm festgelegten Toleranzen stellen die im Rahmen üblicher Sorgfalt zu erreichende Genauigkeit dar. Werden höhere Genauigkeiten verlangt, so müssen sie und evtl. auch die dazu erforderlichen Prüfverfahren im Leistungsverzeichnis angegeben werden. Sie verursachen unverhältnismäßig höhere Kosten (vgl. [39, 40] und Bild 2.1).

Die in den Normen angegebenen Toleranzen sind nur als Herstelltoleranzen aus Fertigung und Montage zu verstehen. Die zeit- und lastabhängigen Verformungen müssen ebenso wie funktionsbezogene Anforderungen (z. B. Grenzwerte für die zulässige Dehnung einer Fugendichtung) in anderen Vorschriften oder objektbezogen begrenzt und erforderlichenfalls in der statischen Berechnung erfasst werden. Sonst müssten die Toleranzen nur für ganz bestimmte Randbedingungen wie Zeitpunkt der Abnahme mit definiertem Temperatur- und Belastungszustand, gelten.

Die Maßtoleranz ist die Differenz von Höchstmaß und Mindestmaß. Zulässige Maßabweichungen von ± 10 mm bedeuten also eine Maßtoleranz von 20 mm (Bild 2.2). So sind in DIN 18 202, Tabelle 2.1 allgemein für den Hochbau zulässige Grenz-

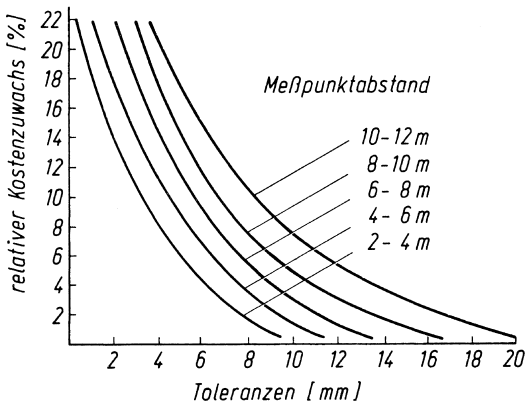


Bild 2.1 Kosten horizontaler Bauwerkstoleranzen [39]

Tabelle 2.1 Toleranzen für vorgefertigte Teile aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton nach DIN 18 203-1

a) Grenzabweichungen der Längen- und Breitenmaße

Zeile	Bauteile	Grenzabweichungen in mm bei Nennmaß in m							
		bis 1,5	über 1,5 bis 3	über 3 bis 6	über 6 bis 10	über 10 bis 15	über 15 bis 22	über 22 bis 30	über 30
1	Längen stabförmiger Bauteile (z. B. Stützen, Binder, Unterzüge)	±6	±8	±10	±12	±14	±16	±18	±20
2	Längen und Breiten von Deckenplatten und Wandtafeln	±8	±8	±10	±12	±16	±20	±20	±20
3	Längen vorgespannter Bauteile	-	-	-	±16	±16	±20	±25	±30
4	Längen und Breiten von Fassadentafeln	±5	±6	±8	±10	-	-	-	-

b) Grenzabweichungen der Querschnittsmaße

Zeile	Bauteile	Grenzabweichungen in mm bei Nennmaß in m					
		bis 0,15	über 0,15 bis 0,3	über 0,3 bis 0,6	über 0,6 bis 1,0	über 1,0 bis 1,5	über 1,5
1	Dicken von Deckenplatten	±6	±8	±10	-	-	-
2	Dicken von Wand- und Fassadentafeln	±5	±6	±8	-	-	-
3	Querschnittsmaße stabförmiger Bauteile (z. B. Stützen, Unterzüge, Binder, Rippen)	±6	±6	±8	±12	±16	±20

c) Winkeltoleranzen

Zeile	Bauteile	Winkeltoleranzen als Stichmaße in mm bei Längen L in m					
		bis 0,4	über 0,4 bis 1,0	über 1,0 bis 1,5	über 1,5 bis 3,0	über 3,0 bis 6,0	über 6,0
1	Nicht oberflächenfertige Wandtafeln und Deckenplatten	8	8	8	8	10	12
2	Oberflächenfertige Wand- und Fassadentafeln	5	5	5	6	8	10
3	Querschnitte stabförmiger Bauteile (z. B. Stützen, Unterzüge, Binder, Rippen)	4	6	8	-	-	-

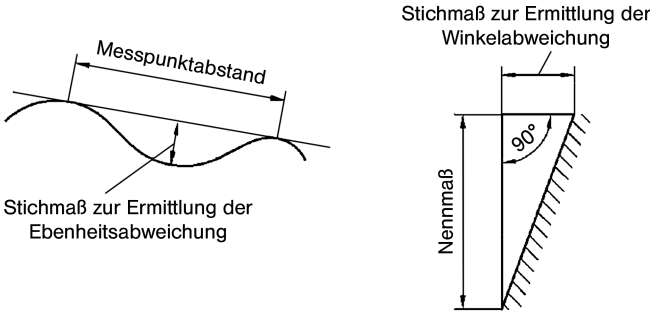
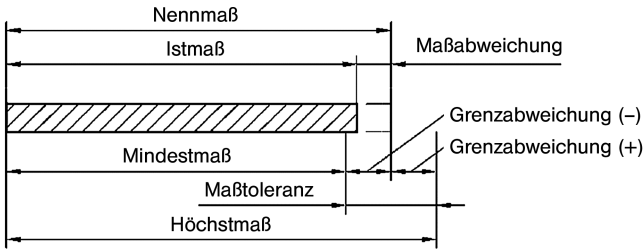


Bild 2.2 Anwendung der Begriffe und Stichmaße

abweichungen für Gebäudemaße im Grund- und Aufriss (z. B. Längen, Breiten, Raster- und Geschossmaße) und etwas höhere Werte für lichte Maße (z. B. zwischen Stützen) sowie Grenzabweichungen für Fenster- bzw. Türöffnungen in Abhängigkeit von der Größe der Nennmaße angegeben.

Darüber hinaus werden noch Grenzwerte für Winkel- und Ebenheitsabweichungen und Fluchtabweichungen bei Stützen durch zulässige Stichmaße angegeben (DIN 18 202; siehe Tabellen 2, 3 und 4). Diese dürfen nun nicht mehr mit den Grenzabweichungen zusammengezählt werden. Dies entspricht dem Boxprinzip (Schachtelprinzip) der ISO 4464, wonach die Istmaße eines Bauteils oder einer Öffnung im ganzen Bereich innerhalb der Grenzmaße liegen müssen (Bild 2.3).

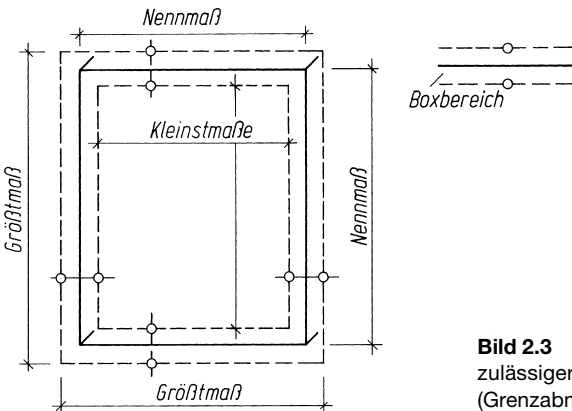


Bild 2.3 Darstellung des Boxprinzips am Beispiel zulässiger Maßabweichungen von Öffnungen (Grenzabmaße und Winkeltoleranzen) [37]

In den für die Ebenheit zulässigen Abweichungen sind die der Bauteile untereinander nicht enthalten und müssen zusätzlich berücksichtigt werden. So sind z. B. die zwischen Spannbetonplatten auftretenden Absätze oft unvermeidlich und müssen in ihrer Zulässigkeit gesondert geregelt werden.

In DIN 18 203-1 (Tabelle 2.1) sind demgegenüber die Herstelltoleranzen für die Betonfertigteile selbst angegeben, unterschieden in Grenzabmaße für Längen, Breiten und Querschnittsmaße von stabförmigen Elementen bzw. Decken-, Wand- und Fassadentafeln und Winkeltoleranzen für flächenförmige Tafeln und Platten und für Querschnitte von stabförmigen Bauteilen.

In [36] ist ein Kommentar zu DIN 18 201 und DIN 18 202 enthalten mit Hinweisen zur Planung unter Berücksichtigung von Toleranzen. Dort wird auch zusätzlich ein Verfahren vorgeschlagen, wie das Fluchten von Stützen bei Skelettbauten und Hallen überprüft werden kann.

Bauwerke mit Genauigkeitsanforderungen gemäß DIN 18 202 sollten stets vermessungstechnisch vermessen und überwacht werden. Eine konventionelle Vermessung vom Polier mit Schnürbock, Schnur und Bandmaß ist keinesfalls ausreichend. In den deutschen Normen werden allerdings keine Angaben über zulässige Abweichungen beim Vermessen gemacht.

Nach ISO/DIS 4463 sind Grenzabweichungen bei Abständen von $> 4 \text{ m}$ von $\pm 2K \cdot \sqrt{L}$ [mm] (Abstand L in [m]) zulässig (vgl. auch [37]),

mit

$K = 5$ bei Erdarbeiten und

$K = 2$ bei Rohbauarbeiten

Die Festlegung von Mindestanforderungen für Toleranzen nach der Norm ist in vielen Fällen für die Praxis ausreichend. Ob allerdings eine ausreichende Wahrscheinlichkeit für „das Passen“ besteht, ist damit noch nicht gesagt. Dies ergibt sich erst durch eine entsprechende Passungsberechnung, die jedoch die Kenntnis der erreichbaren Herstellungsgenauigkeiten voraussetzt. Hierzu bilden die angegebenen Toleranzen die Grundlage. Dabei ist es auch wesentlich, ob der Hersteller von Fertigteilen diese auch selbst montiert. Ist das nicht der Fall, wird sich jeder Subunternehmer auf die ihm zustehenden Ungenauigkeiten berufen und es bleibt nur die additive Methode um jedem Streit aus dem Weg zu gehen.

Passungsberechnungen unter Berücksichtigung des Fehlerfortpflanzungsgesetzes können für Unternehmer, die den ganzen Fertigungsprozess (Vermessung, Herstellung und Montage der Fertigteile) toleranzmäßig im Griff haben, durchaus Einsparungen, z. B. beim Fugenmaterial, bringen. Beispiele für derartige Berechnungen finden sich in [37, 41, 42].

Bei Fertigteilkonstruktionen sind darüber hinaus die Toleranzen in den Auflagerbereichen besonders wichtig. Es muss sichergestellt sein, dass die Toleranzen in der tatsächlichen Ausführung mit denen übereinstimmen, die bei der Statik zugrunde gelegt wurden. So müssen zulässige Toleranzen in den Ausführungsplänen angegeben werden, die auf

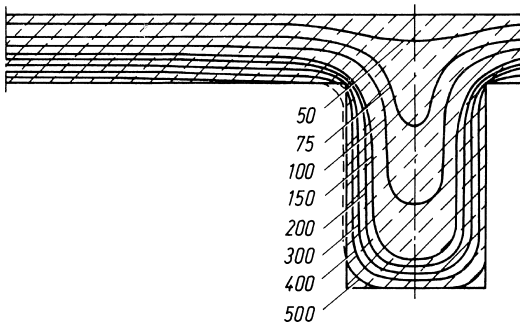


Bild 2.6 Isothermen in °C bei einem brandbeanspruchten Plattenbalken [45]

Auf die brandschutztechnische Bemessung der einzelnen Fertigteilelemente wird in Abschnitt 2.6.5 näher eingegangen.

2.2 Aussteifung von Fertigteilbauten

Die grundsätzlichen Überlegungen für die Aussteifung von Skelettbauten im Hochbau sind ausführlich in [50] beschrieben. Im Folgenden werden einige allgemeine Gedanken zu diesem Thema kurz im Zusammenhang dargestellt und es wird auf die für den Fertigteilbau spezifischen Probleme näher eingegangen.

2.2.1 Anordnung der Aussteifungselemente

In Wohn- und Bürogebäuden erfolgt die Aussteifung in der Regel über Treppenkerne und/oder raumabschließende Wandscheiben. Bei Fertigteilhallen, die zur Produktion dienen sowie teilweise auch bei Fertigteil skelettbauten mit ein oder zwei Geschossen wird die horizontale Aussteifung hingegen von den Stützen übernommen. Meistens sind die Stützen bei solchen Gebäuden über die gesamte Gebäudehöhe durchgehend und im Fundament eingespannt. Der Anschluss Träger-Stütze wird dabei gelenkig ausgebildet. Systeme dieser Art sind verschieblich und müssen nach Theorie 2. Ordnung unter Berücksichtigung des verformten Systems berechnet werden (Bild 2.7). Bauten mit mehr als zwei Geschossen benötigen zur Horizontalaussteifung zusätzlich Wandscheiben, Rahmen, Verbände oder torsionssteife Kerne. Der Anschluss der Trägergelenkketten und Stützen an die aussteifenden Bauteile erfolgt über die relativ starre Deckenscheibe.

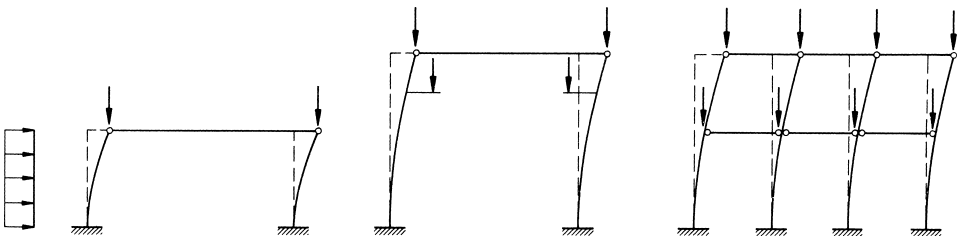


Bild 2.7 Verschiebliche Systeme (Bemessung nach Theorie 2. Ordnung)

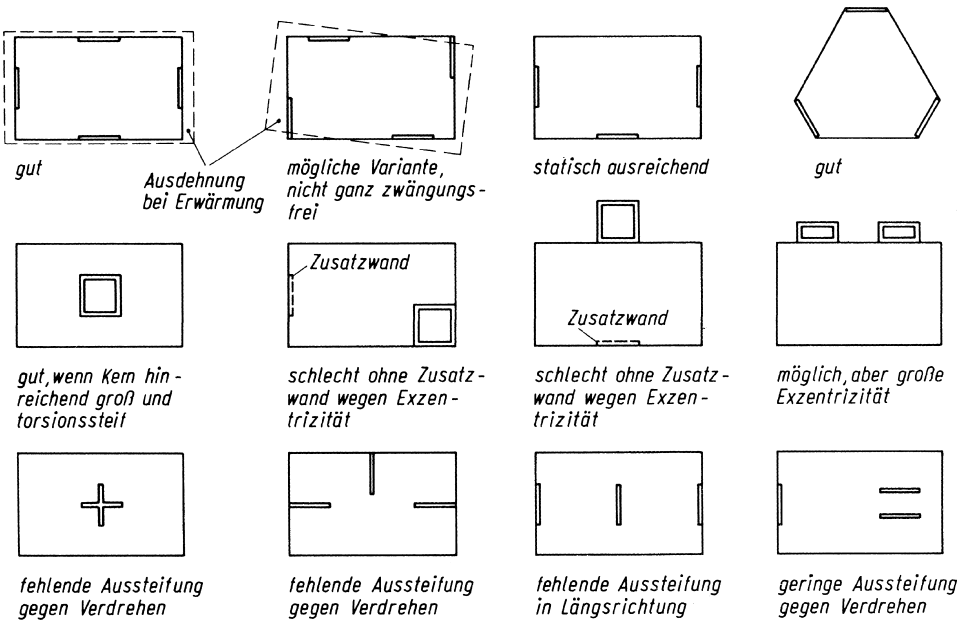


Bild 2.8 Anordnung der Gebäudeaussteifung im Grundriss

Bei der Planung von aussteifenden Wandscheiben bzw. Kernen sollte man versuchen, diese im Grundriss statisch bestimmt anzuordnen, um damit Zwängungen in den Deckenscheiben infolge Schwinden oder Temperaturveränderungen zu verhindern. Außerdem sollte darauf geachtet werden, dass die aussteifenden Kerne oder Wandscheiben so angeordnet sind, dass möglichst nur geringe Verdrehungen des Gebäudes im Grundriss bei gleichmäßiger Horizontalbelastung aus Wind und Lotabweichung entstehen können. Wandscheiben müssen in wenigstens zwei zueinander nicht parallelen Richtungen und in wenigstens drei Achsen angeordnet sein (Bild 2.8).

Bei statisch bestimmten Aussteifungen ist die maximale Gebäudegröße von Skelettbauten von der Verformungsfähigkeit der Stützen abhängig. Nach [50] können bei üblichen Skelettbauten freie Längen von 100 m und mehr ohne Dehnfugen ausgeführt werden. Die Verformungsfähigkeit der Stützen hängt vom wirklichkeitsnahen Erfassen der Steifigkeiten im gerissenen Zustand ab. Hierfür sind neben den Querschnittswerten vor allem die Größe der von den Stützen zu tragenden Normalkräfte maßgebend [52].

Die Verformungsfähigkeit der Stützen lässt sich durch gelenkige Lagerung der Stützen oder gleitende Auflagerung der ersten Decke über der Fundamentsohle erhöhen, wobei diese Maßnahmen nur an den vom Kern am weitesten entfernten Stützen vorgesehen werden müssen (Bild 2.9).

Bei statisch unbestimmten Aussteifungssystemen ergeben sich infolge ungleicher Temperaturänderungen Zwängungen zwischen Decken und aussteifenden Bauteilen (Bild 2.10) (s. Abschn. 2.2.2.5). Wenn einfache und übersichtliche Fugenschnitte mög-

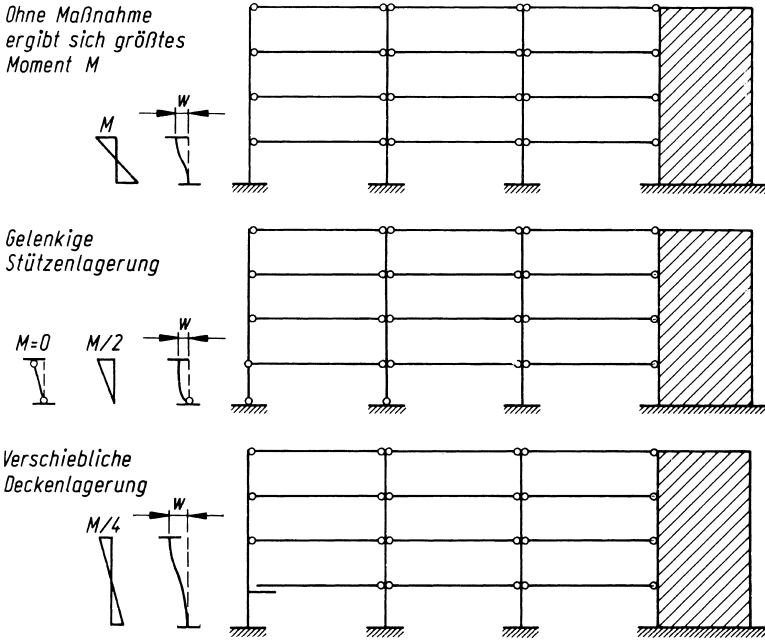


Bild 2.9 Maßnahmen zur Erhöhung der Verformbarkeit von Stützen und Wänden bei horizontaler Deckenausdehnung

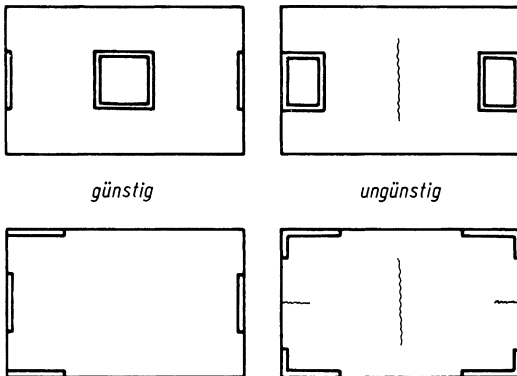


Bild 2.10 Zwängungen durch Behinderung der horizontalen Deckenverformung

lich sind, sind Fugen meist das zweckmäßigste Mittel, um Zwängungen zu vermeiden (Bild 2.11). Mögliche Fugenausbildungen sind in Bild 2.12 dargestellt. Bei Anforderungen hinsichtlich des Brandschutzes sind Fugen ggf. nach Bild 2.13 auszubilden. Dehnfugen stellen immer eine Quelle möglicher Bauschäden dar, deren Sanierung nur mit sehr viel Aufwand zu bewerkstelligen ist. Die Konstruktion ist daher sorgfältig auszuarbeiten und entsprechende Zeichnungen und Montageanweisungen anzufertigen. Insbesondere ist eine Qualitätssicherung auf der Baustelle vorzusehen, die eine ordnungsgemäße Ausführung sicherstellt. Oftmals beobachtete Schäden entstehen durch unbeabsichtigtes

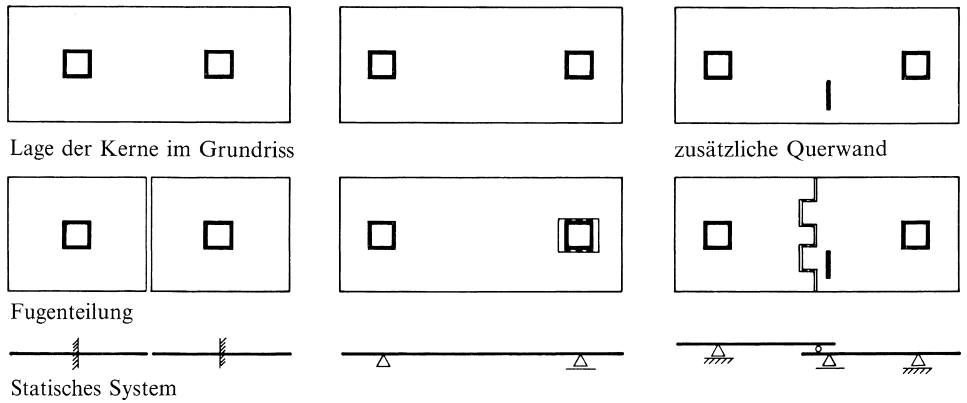
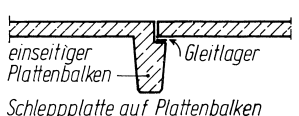


Bild 2.11 Prinzipielle Anordnung der Fugen

Bewegungsfugen in Decken



Bewegungsfugen an Stützen

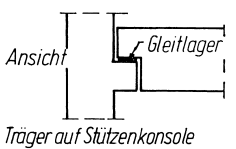
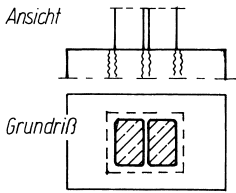


Bild 2.12 Ausbildung von Gebäudefugen

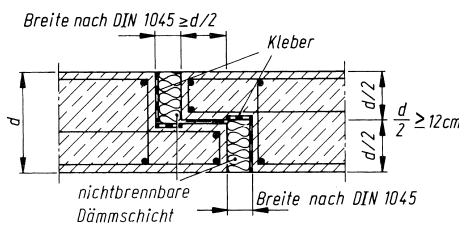
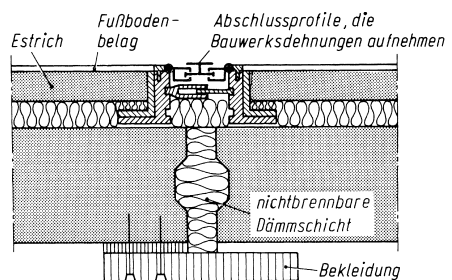


Bild 2.13 Fugen mit Anforderungen aus Brandschutz [45]



Ausbetonieren der gesamten Fuge (Unterguss konstruktiv vermeiden) und dem fehlerhaften Einbau resp. dem Einbau falscher Lager.

Es sollte daher immer in Betracht gezogen werden, das Gebäude fugenlos herzustellen. Sollen Gebäude ohne Fugen ausgebildet werden, dann müssen insbesondere

- die tatsächlichen Ausdehnungen infolge Temperatur und Schwinden,
- die Verformbarkeit der aussteifenden Bauteile (inklusive horizontaler Elemente-Decke) insbesondere im gerissenen Zustand,
- die Kriechverformbarkeit des Betons, sowie
- die Bauzustände

in Betracht gezogen werden. Bei sorgfältiger Untersuchung des Problems unter Verwendung moderner Berechnungsmethoden können Dehnfugen oftmals vermieden werden.

Mindestens ist zu prüfen, ob die Fugen über die gesamte Gebäudehöhe durchgeführt werden müssen oder ob nicht bei entsprechend hohen Gebäuden die oberen Decken fugenlos ausgebildet werden können (Bild 2.14) [53]. Am stärksten sind immer nur die untersten Decken durch Zwang beansprucht, sofern man den Brandlastfall in den oberen Stockwerken außer Acht lässt.

Beim Züblin-Haus (Bild 2.15) wurden die beiden 94 m langen Gebäuderiegel jeweils durch eine Fuge geteilt. Die dadurch etwas exzentrisch liegenden Kerne erhielten eine Unterstützung durch zwei Querwände in den beiden mittleren Achsen. Im Bereich einer dieser beiden Wände wurden die beiden Deckenscheiben durch einen Querkraftzahn, der in Gebäudelängsrichtung beweglich ist, miteinander verbunden, sodass sich beide Deckenscheiben auf die Querwände abstützen konnten. Die oberste Decke des Gebäudes wurde fugenlos ausgebildet. Die entstehenden Zwangskräfte können von dieser Decke und von den Kernen aufgenommen werden.

Aussteifende Wandscheiben können auch stockwerksweise versetzt sein, wobei dann die Scheibenquerkräfte von den entsprechenden Deckenscheiben übertragen werden müssen (Bild 2.16). Die Kräfte und insbesondere die Deckenverformungen müssen dabei statisch verfolgt werden. Es ist sicherzustellen, dass die Kraftübertragungen zwischen den vertikalen und horizontalen Aussteifungselementen erfolgen kann. Gerade an Wandscheiben und Kernen sind oftmals Aussparungen in der Decke vorgesehen, welche die Kraftüber-

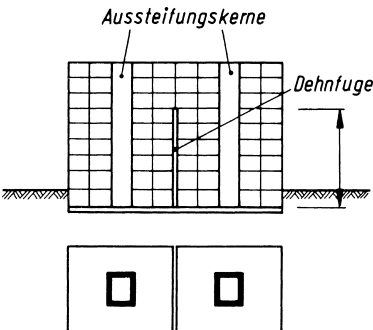


Bild 2.14 Anordnung von Dehnfugen lediglich in den unteren Deckenscheiben



Hubert Bachmann, Volker Hahn, Alfred Steinle
Bauen mit Betonfertigteilen im Hochbau

Neben allgemeinen Betrachtungen zum Bauen mit Betonfertigteilen werden insbesondere der Entwurf des Tragwerks und der Entwurf der tragenden Elemente und der Fassaden behandelt.

Die Beschreibung der Fertigung erzeugt beim Leser das notwendige Verständnis für die Besonderheiten dieser industrialisierten Bauweise. Verbindungen und spezifische konstruktive Probleme werden ausführlich behandelt.

Das Buch gibt insgesamt den aktuellen Stand des Betonfertigteilbaus wieder. Es ist nicht nur für Bauingenieure, sondern auch für Architekten und Studierende ein praktisches Arbeitsmittel.

Darüber hinaus ist es das Anliegen der Verfasser, Ingenieuren und Architekten die Randbedingungen und Möglichkeiten aufzuzeigen, die sich durch die Vorfertigung im Werk ergeben, und somit den Weg zur Weiterentwicklung des Betonfertigteilbaus zu bereiten.

(290 Seiten, 260 Abb.. Broschur. Erschienen.)

Aus dem Inhalt:

- ENTWURF VON FERTIGTEILBAUTEN
- Randbedingungen beim Entwerfen
- Aussteifung von Fertigteilbauten
- Tragende Elemente
- Fassaden aus Betonfertigteilen
- Knotenpunkte
- Aktuelle Einzelfragen zur Bemessung
- VERBINDUNGEN VON FERTIGTEILEN
- Druckverbindungen
- Zugverbindungen
- Schub- und Querkraftverbindungen
- FERTIGUNG IM WERK
- Fertigungsverfahren
- Betonarten im Fertigteilbau
- Herstellung des Betons im Werk
- Bewehrungstechnik bei Werksfertigung
- Qualitätsüberwachung und Güteüberwachung

Fax-Antwort an +49(0)30 47031 240 - Ernst & Sohn, Berlin

Anzahl	Bestell-Nr.	Titel	Einzelpreis
	978-3-433-01850-7	Bauen mit Betonfertigteilen im Hochbau	€ 55,-
	2093	Probeheft der Zeitschrift Beton- und Stahlbetonbau	kostenlos
	904852	Gesamtverzeichnis Verlag Ernst & Sohn	kostenlos

Liefer- und Rechnungsanschrift: privat geschäftlich

Firma			
Ansprechpartner			Telefon
UST-ID Nr./VAT-ID No.			Fax
Straße//Nr.			E-Mail
Land	-	PLZ	Ort

Vertrauensgarantie: Dieser Auftrag kann innerhalb von zwei Wochen beim Verlag Ernst & Sohn, Wiley-VCH, Boschstr. 12, D-69469 Weinheim, schriftlich widerrufen werden.

Wilhelm Ernst & Sohn
 Verlag für Architektur und
 technische Wissenschaften GmbH & Co. KG
 Rotherstraße 21
 10245 Berlin
 www.ernst-und-sohn.de

 Datum / Unterschrift

*€-Preise gelten ausschließlich in Deutschland. Alle Preise enthalten die gesetzliche Mehrwertsteuer. Die Lieferung erfolgt zuzüglich Versandkosten. Es gelten die Lieferungs- und Zahlungsbedingungen des Verlages. Irrtum und Änderungen vorbehalten.
 Stand: November 2009 (homepage_Leseprobe)

