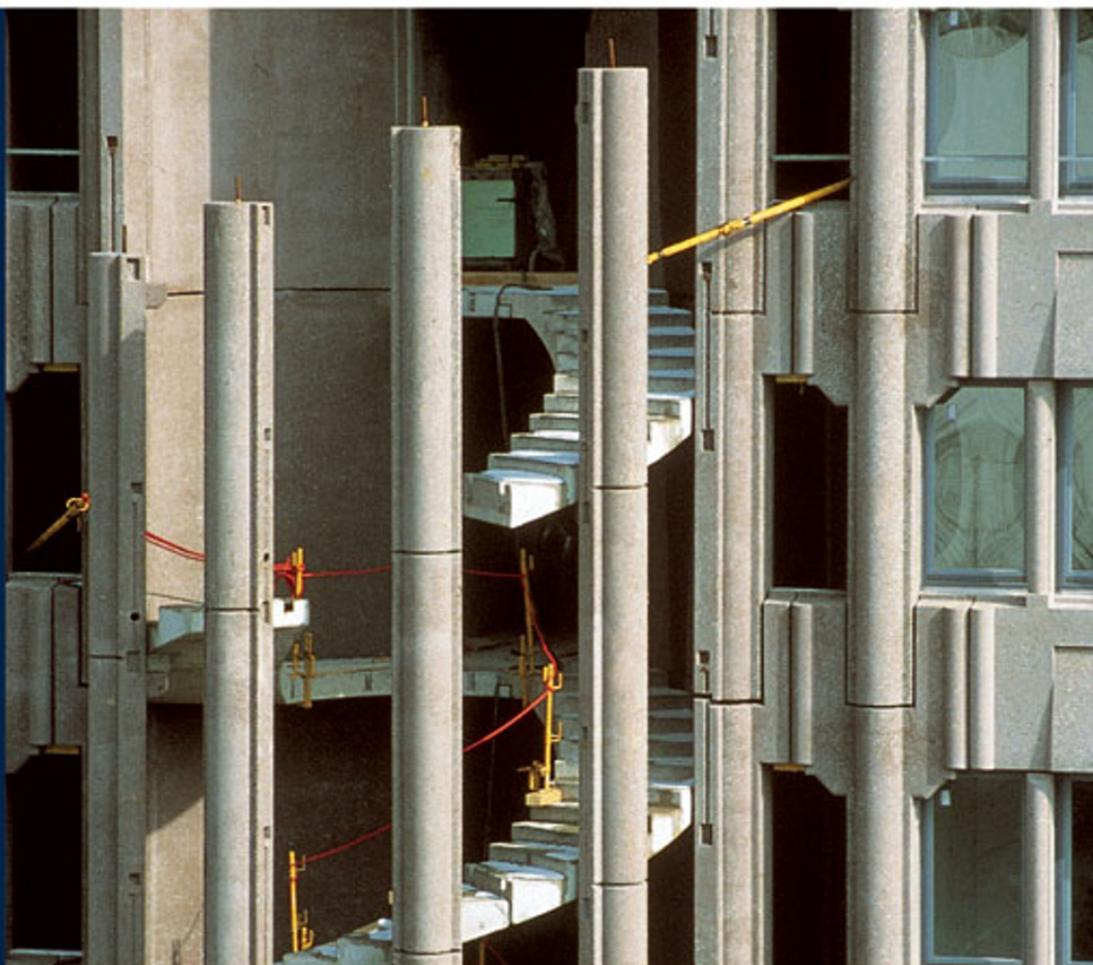


Bauen mit Betonfertigteilen im Hochbau

Hubert Bachmann, Alfred Steinle, Volker Hahn

Bauingenieur-Praxis



Ernst & Sohn
A Wiley Company

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

Bauen mit Betonfertigteilen im Hochbau

Hubert Bachmann, Alfred Steinle, Volker Hahn

Dr.-Ing. Hubert Bachmann
Ed. Züblin
Technisches Büro
Konstruktiver Ingenieurbau (TBK)
Albstadtweg 3
70567 Stuttgart

Dr.-Ing. Alfred Steinle
Alte Weinsteige 92
70597 Stuttgart

Prof. Dr.-Ing. Volker Hahn († 01.05.2009)

Titelbild: Treppenturm Züblin-Haus, Stuttgart
Foto: Ed. Züblin AG, Stuttgart

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation
in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische
Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

ISBN: 978-3-433-01850-7

2. aktualisierte Auflage
© 2010 Ernst & Sohn
Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG, Berlin

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung in andere Sprachen, vorbehalten.
Kein Teil dieses Buches darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgend-
einer Form – durch Fotokopie, Mikrofilm oder irgendein anderes Verfahren –
reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungs-
maschinen, verwendbare Sprache übertragen oder übersetzt werden.

All rights reserved (including those of translation into other languages). No part
of this book may be reproduced in any form – by photoprint, microfilm, or any other
means – nor transmitted or translated into a machine language without written
permission from the publisher.

Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen, Handelsnamen oder sonstigen Kenn-
zeichen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass diese von jedermann
frei benutzt werden dürfen. Vielmehr kann es sich auch dann um eingetragene
Warenzeichen oder sonstige gesetzlich geschützte Kennzeichen handeln, wenn sie
nicht eigens als solche markiert sind.

Umschlaggestaltung: eiche.eckert° | Werbeagentur, Kappelrodeck
Druck und Bindung: Scheel Print-Medien GmbH, Waiblingen-Hohenacker

Printed in Germany

Vorbemerkung

Der erste Abschnitt beinhaltet Allgemeines zum Fertigteilbau, zur geschichtlichen Entwicklung und zum Stand der europäischen Normung. Im zweiten Abschnitt werden der Entwurf des Tragwerks von Fertigteilbauten und der Entwurf der Betonfertigteilelemente behandelt. Abschnitt 3 behandelt die Verbindungen. Abschließend wird im Abschnitt 4 auf die Fertigung selbst eingegangen, um dadurch beim Leser das Verständnis für die Bauweise unter Berücksichtigung der Herstellung zu erweitern.

Das Thema wird aus der Sicht der deutschen Bauindustrie betrachtet. Im Hinblick auf den künftigen gemeinsamen europäischen Markt und auf die Tätigkeit deutscher Firmen im Ausland wird versucht, den Stand des Betonfertigteilbaus auch in anderen Ländern in gewissem Umfang mit zu berücksichtigen.

Die Verfasser beschränken sich dabei vor allem auf den allgemeinen Hochbau. Es sei aber nicht unerwähnt gelassen, dass sich der Betonfertigteilbau beträchtliche Marktanteile in vielen anderen Bereichen des Bauens durch Entwicklung von wirtschaftlichen Sonderlösungen erobern konnte. Als Beispiel seien folgende Gebiete genannt:

- Brückenbau;
- Tunnelbau (Tübbing);
- Rohre, Rohrbrücken, Türme, Maste, Pfähle;
- Einfamilienhäuser;
- Fertigteilkeller, Stützmauern;
- Raumzellen, Fertigteilgaragen;
- Lärmschutzwände und -wälle;
- Eisenbahnschwellen, Feste Fahrbahnen, Spurbus-Fahrwege;
- Landwirtschaftliche Bauten;
- Kühlturmrieselwerke usw.

Zu diesen Fachgebieten muss auf die entsprechende Spezialliteratur verwiesen werden. Auch sei hier nur über konstruktive oder architektonische Fertigteile des Hochbaus berichtet und nicht über „Betonwaren“, d. h. kleinformatische und in Großserien auf Lager produzierbare und über den Handel absetzbare Teile wie Kanalrohre, Pflastersteine u. Ä.

Das Literaturverzeichnis ist gegenüber der letzten Fassung erweitert worden. Die Literaturstellen wurden i. W. beibehalten, da sie Lösungsansätze grundlegender Problemstellungen enthalten, die auch heute noch gültig sind.

Bezüglich älterer Literatur wird auf die früheren Beiträge zum Thema Betonfertigteilbau im Beton-Kalender [1–3] verwiesen. Ebenso wird auf die Erfassung der allgemeinen Literatur des Stahlbetonbaus verzichtet und auf die entsprechenden Beiträge im Beton-Kalender verwiesen, sofern es sich nicht um Arbeiten handelt, die spezielle Probleme des Fertigteilbaus mit berühren. Für einen umfassenden Überblick über das Thema empfehlen sich neben den mehrbändigen Werken über den Fertigteilbau von *Koncz* aus den 1960er-Jahren [4] auch die Broschüren der Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilbau e. V. [5–8]. Das Beton- und Fertigteil-Jahrbuch [9], das jährlich erscheint, behandelt

neben den kleinformatischen Betonwaren auch laufend unterschiedliche Kapitel aus dem Bereich des konstruktiven Fertigteilbaus und der Fertigteilarchitektur. Über „Betonwaren“ wird umfassend in [12] berichtet. Einige grundsätzliche bzw. allgemeine Gedanken über das industrielle Bauen mit Betonfertigteilen finden sich in [10, 11]. Aus den Vorlesungsmanuskripten einiger Hochschulprofessoren entstanden die Bücher [13–16]. Die im Zusammenhang mit diesem Thema zu berücksichtigenden wichtigsten DIN-Normen mit den diesem Beitrag zugrunde liegenden Ausgaben sind hier vorab zusammengefasst. Ebenso werden anschließend die für den Fertigteilbau relevanten Richtlinien des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton und die Merkblätter des Deutschen Beton-Vereins und der Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilebau zusammengestellt. Auf den Stand und die Entwicklung des Europäischen Normenwerkes wird in Abschnitt 1.3 näher eingegangen. Darüber hinausgehende Richtlinien oder Merkblätter sind unter den einzelnen Literaturangaben zu finden.

Normen, Merkblätter und Richtlinien

Tabelle 1 Für den Betonfertigteilebau relevante DIN-Normen des NA 005 (NABau)

DIN	Ausgabejahr	Teile/Titel
488	2009	Teil 1 bis 7 Betonstahl
1045	2008	Teil 1 bis 4 Beton- und Stahlbetonbau
1048	1991	Teil 1 bis 5 Prüfverfahren für Beton
1055	2002–2007	Teil 1 bis 10, 100 Einwirkungen auf Tragwerke
1164	2003–2005	Teil 10 bis 12 Zement mit besonderen Eigenschaften
EN ISO 17 660	2006–2007	Teil 1 bis 2 Schweißen von Betonstahl (Berichtigungen)
4102	1977–2004	Teil 1 bis 4 und 22 Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen
4108	1981–2009	Teil 1 bis 10 Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden
4109	2003–2006	Teil 1 und 11 Schallschutz im Hochbau
4141	1984–2008	Teil 1 bis 3 und 13 Lager im Bauwesen
EN 1337	2005	Teil 3 Lager im Bauwesen, Elastomerlager
4149	2005	Bauen in deutschen Erdbebengebieten
4212	1986	Kranbahnen aus Stahlbeton und Spannbeton
4213	2003	Vorgefertigte bewehrte Bauteile aus haufwerksporigem Leichtbeton
4223	2003	Teil 1–5 Vorgefertigte bewehrte Bauteile aus dampfgehärtetem Porenbeton
	2008	Teil 100 bis 103 (Entwurf)
4226	2002	Teil 100 Recycelte Gesteinskörnungen für Beton
EN ISO 9606	1999–2005	Teil 2 bis 5 Prüfung von Stahlschweißern
EN 10 088	2005–2009	Teil 1 bis 5 Nichtrostende Stähle
18 057	2005	Betonfenster, Betonrahmenfenster
18 065	2000	Gebäudetreppen
18 162	2000	Wandbauplatten aus Leichtbeton (unbewehrt)
18 200	2000	Übereinstimmungsnachweis für Bauprodukte – werkseigene Produktions-Kontrolle, Fremdüberwachung und Zertifizierung von Produkten
18 202	2005	Toleranzen im Hochbau

DIN	Ausgabejahr	Teile/Titel
18 203	1997	Teil 1 Toleranzen im Hochbau; Vorgefertigte Teile aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton
18 230	1998–2002	Teil 1 bis 3 Baulicher Brandschutz im Industriebau
18 500	2006	Betonwerkstein (Vornorm)
18 515	1993–1998	Teil 1 bis 2 Außenwandbekleidungen
18 516	1990–2009	Teil 1 und 3 bis 5 Außenwandbekleidungen hinterlüftet
18 540	2006	Abdichten von Außenwandfugen im Hochbau mit Fugendichtstoffen
18 542	2009	Abdichten von Außenwandfugen mit imprägnierten Fugen-Dichtungsbändern aus Schaumkunststoff
18 800	2008	Teil 1 bis 4 Stahlbauten
18 801	1983	Stahlhochbau

Tabelle 2 DBV-Merkblätter bzw. Sachstandsberichte
(Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V., Berlin)

Ausgabejahr	Titel
Bautechnik	
2005	Parkhäuser und Tiefgaragen
2006	Schnittstellen Rohbau/Technische Gebäudeausrüstung – 2 Teile
2006	Begrenzung der Rissbildung im Stahlbeton und Spannbetonbau
2002	Betondeckung und Bewehrung
Betontechnik	
2001	Stahlfaserbeton
2002	Hochfester Beton
2004	Selbstverdichtender Beton
2004	Betonoberfläche – Betonrandzone
1996	Nicht geschalte Betonoberfläche
2007	Besondere Verfahren zur Prüfung von Frischbeton
Bauausführung	
2004	Sichtbeton
2004	Betonierbarkeit von Bauteilen aus Beton und Stahlbeton
2006	Betonschalungen und Ausschalfristen
Bauprodukte	
2002	Abstandhalter
2008	Rückbiegen von Betonstahl und Anforderungen an Verwahrkästen
1996	Fugendichtungen im Hochbau
1997	Trennmittel für Beton – Teil A: Hinweise zur Auswahl und Anwendung
1999	Trennmittel für Beton – Teil B: Prüfungen
Bauen im Bestand	
2008	Leitfaden
2008	Brandschutz
2008	Beton und Betonstahl

Tabelle 3 FDB-Merkblätter (Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilebau e. V., Bonn)

Nr.	Ausgabejahr	Titel
1	2005	Sichtbetonflächen von Fertigteilen aus Beton und Stahlbeton
2	2005	Korrosionsschutz von nicht zugänglichen stählernen Verbindungselementen (Einbauteile) von Betonfertigteilen
3	2007	Planung vorgefertigter Betonfassaden
4	2006	Befestigungstechnik vorgefertigter Betonfassaden
5	2005	Planungs- und Zeichnungsfehler
6	2006	Passungsberechnungen und Toleranzen von Einbauteilen und Verbindungsmitteln
7	2008	Merkblatt Brandschutzanforderungen von Betonfertigteilen

Tabelle 4 DAfStb-Richtlinien (Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Berlin)

Ausgabejahr	Titel
1989	Wärmebehandlung von Beton
1995	Herstellung von Beton unter Verwendung von Restwasser, Restbeton und Restmörtel
2000	Belastungsversuche an Massivbauwerken
2001	Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen (Teil 1 bis 4)
2003	Selbstverdichtender Beton (SVB-Richtlinie)
2004	Betonbau beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen
2004	Beton nach EN 206-1 und DIN 1045-2 mit rezyklierten Gesteinskörnungen nach DIN 4226-100
2006	Beton mit verlängerter Verarbeitungszeit (verzögerter Beton)
2006	Herstellung und Verwendung von Zementgebundenem Vergussbeton und Vergussmörtel
2007	Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkalireaktion in Beton (Alkali-Richtlinie), Teil 1 bis 3

1 Allgemeines

1.1 Vorteile der Werksfertigung

Das unternehmerische Ziel bei Einsatz eines Produktionsverfahrens, das sich am Markt durchsetzen soll, muss lauten: ein Produkt *besser* oder *billiger* oder *schneller* herzustellen als die Konkurrenz. Das Optimum wäre, wenn statt dem „oder“ ein „und“ erreichbar wäre. Wie steht es damit beim Bauen mit Stahlbetonfertigteilen?

a) Qualitätsverbesserung

- Durch eine Produktion im überdachten Werk lassen sich *bessere Arbeitsbedingungen* mit entsprechend höherer Arbeitsleistung als auf der Baustelle schaffen, auch im Hinblick auf die Qualität.
- Der im Bauwesen weiterhin große Mangel an *Facharbeitern* kann bei Werksfertigung durch Anlernen leichter ausgeglichen werden.
- Bei Typenschalungen oder bei großen Serien werden *Stahlschalungen* verwendet, mit denen eine hohe Maßgenauigkeit erreicht werden kann.
- Bei der Werksfertigung lässt sich eine gezielte *Betonqualität* erreichen.
 - Nur bei Werksfertigung lassen sich *architektonisch strukturierte* und *farblich* gestaltete Betonbauteile herstellen, insbesondere für die Fassadengestaltung.
 - Durch eine stationäre Fertigung lässt sich wie in anderen Industriebereichen außerhalb des Bauwesens ein *effizienteres Qualitätsmanagement* realisieren.

b) Verringerung der Herstellkosten

- Hauptzweck des Betonfertigteilibaus ist eine *Reduzierung* der *Schalungskosten*. Mehrere Teile können in derselben Schalung gefertigt werden. Dabei ist natürlich eine große Serie von Vorteil. Fertigungsgerechte Schalungsformen (z. B. starre Schalungen mit wenig abklappbaren Teilen) erfordern zwar ein fertigungsgerechtes Konstruieren, führen aber dann zu hohen Schalungseinsätzen.
- Ein weiterer Grund für den Fertigteilibau war zweifellos von vornherein die *Reduzierung* bzw. der völlige Wegfall der *Gerüstkosten*.
- Durch die infolge der Werksfertigung mögliche Mechanisierung und Automatisierung ist eine beträchtliche *Verminderung* der *Arbeitsstunden* erreichbar. Bei Nichtauslastung einer Werkskapazität ist dies allerdings nachteilig infolge der dann entstehenden *hohen Fixkostenanteile*.
- Eine *Materialersparnis* ergibt sich aus der Möglichkeit, dünne Bauteilquerschnitte entsprechend den statischen Erfordernissen zu gestalten, d. h. TT- bzw. T-Querschnitte anstelle von Rechteckquerschnitten zu verwenden. Der Vorteil evtl. geringeren Betongewichts wird vielfach durch die fertigungstechnisch bedingte höhere Betonqualität erst ermöglicht. Ein typischer Fall von Material- und Gewichtersparnis ist z. B. die Auflösung der Massivplatte zur Hohlplatte. Dies ist aber nur in Fertigteilibauweise möglich.
- Vorspannung kann leicht als *Vorspannung* mit sofortigem Verbund *im Spannbett* realisiert werden.

- Ein beträchtlicher Kostenfaktor für ein Fertigteilwerk sind natürlich die *Transportkosten*, die den Aktionsradius und damit den möglichen Markt eines Fertigteilwerkes und somit seine Größe eingrenzen. Für den Fertigteilbaumarkt als Ganzes ist dies kein Hindernis, da es im wirtschaftlichen Bereich jedes Standorts heute leistungsfähige Fertigteilwerke gibt.

c) Verkürzung der Bauzeit

- Ein großer Vorteil des Fertigteilbaus ist die mögliche Bauzeitverkürzung. So können z. B. Wand- und Deckenelemente *gleichzeitig produziert* werden, sogar während noch die Fundamente fertig gestellt werden. Die Produktion und weitgehend auch die Montage kann *über den Winter* erfolgen.
- Es bedarf keiner aufwendigen Baustelleneinrichtung. Der Rohbau ist nach seiner Errichtung trocken und sofort belastbar.
- Die mit der Verkürzung der Bauzeit verbundenen *Einsparungen an Finanzierungskosten* und die Möglichkeit von *frühzeitigeren Nutzungserträgen* sind insbesondere im Industriebau maßgebende Gründe für den Fertigteilbau, die oft zu gering bewertet werden.
- Nicht übersehen darf man dabei allerdings die für Bauwerke aus Stahlbetonfertigteilen oft *höheren Planungsaufwendungen*. Diese können aber andererseits wieder, sofern man ein typisiertes Fertigteilssystem verwendet, wesentlich reduziert werden. Die ersten *CAD-Anwendungen* im Stahlbetonbau stammen aus dem Fertigteilbau.

1.2 Geschichtliche Entwicklung

Vorfertigung, also die Fertigung von Bauteilen nicht an der vorgesehenen Stelle im Bauwerk, und nachfolgende Montage ist eine Produktionsmethode, die so alt ist wie der Stahlbetonbau selbst. Die Entwicklung des modernen Stahlbetonfertigteilmbaus zu einer Form des industrialisierten Bauens hat sich allerdings erst in den vergangenen 60 Jahren vollzogen. Eine umfassende Darstellung über die Entwicklung der Vorfertigung im Hausbau in Deutschland bis 1945 findet man in [20].

Auch wenn man die ersten Blumenkübel oder Boote aus Stahlbeton eines *Joseph Monier* oder *Joseph Louis Lambot* in der Mitte des 19. Jahrhunderts noch nicht als vorgefertigte „Bauteile“ bezeichnen mag (Bild 1.1), so können doch um die Jahrhundertwende 1900 die ersten ernsthaften Versuche mit tragenden Stahlbetonfertigbauteilen als Beginn dieser Bauweise festgehalten werden (z. B. 1891 durch *Coignet* beim Casinobau in Biarritz, Frankreich, bzw. 1896 vorgefertigte Bahnwärterhäuser von *Hennebique* bzw. *Züblin*, Bild 1.2) [17].

Diese Entwicklung setzte sich in der ersten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts in ganz Europa und in den USA fort, wenn auch nur zögernd. Der Hauptgrund hierfür liegt in den zu dieser Zeit noch fehlenden größeren und flexiblen Hebegeräten.

Der eigentliche Durchbruch kam erst nach dem Zweiten Weltkrieg [18]. In einer *ersten Phase* von 1945 bis 1960 war der außergewöhnlich große Wohnraumbedarf eine gewaltige Aufgabe für die Bauwirtschaft. In dieser Zeit haben die Systeme der Franzosen



Bild 1.1 Joseph Monier (um 1850) [17]

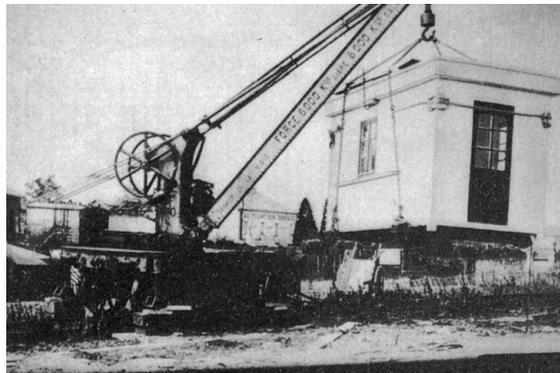


Bild 1.2 Vorgefertigtes Bahnwärterhaus (um 1900) [17]

(z. B. *Camus, Estiot*) und der Skandinavier (z. B. *Larsson, Nielsen*) entscheidende Impulse für den *Großtafelbau* gebracht. Ihre Patente beherrschten über Lizenznehmer auch den deutschen Markt.

In der *zweiten Phase*, etwa 1960 bis 1973 (vgl. hierzu auch [18]) führte wachsender Wohlstand zu einem erhöhten Bedarf an eigenen Wohnungen mit größerem Komfort. Durch inflationäre Tendenzen entstand eine Kapitalflucht in Immobilien. Der steigende Facharbeitermangel zwang ebenfalls zur Werksfertigung und verhalf dem Fertigteilbau zum Durchbruch.

Neben dem Wohnungsbau kam durch den verstärkten Ausbau des Schul- und Hochschulwesens die Entwicklung der *Skelettsysteme* als Tragwerke mit Stützen, Trägern und weit gespannten Deckenplatten (7,20 m / 8,40 m) zur vollen Reife. Der Industrie- und Sportstättenbau brachte Typenprogramme für *Hallenbauten* aus vorgefertigten Stützen und vorgespannten I-Bindern und Pfetten bzw. Shed-Dächern.

In der *dritten Phase* von etwa 1973 bis 1985 geriet die Bauwirtschaft und hier in erster Linie der Wohnungsbau in eine schwere Krise. Einen gewissen Ausgleich konnte die Bauindustrie durch die verstärkte Baunachfrage der ölexportierenden Länder erreichen. So wurden dort Projekte im Wohnungsbau, im Schul- und Universitätsbau und im Verwaltungsbau durchgeführt, die ganz neue Dimensionen in der Industrialisierung von Fertigteilbauten eröffnet haben. Dieser Ausgleich kam aber Anfang der 1980er-Jahre durch den Ölpreisverfall wieder fast voll zum Erliegen.

In der folgenden Phase seit 1985 brachte ein allgemeiner Konjunkturanstieg einen gewaltigen Aufschwung auch in der Bauindustrie. Allerdings zwangen die hohen Lohn- und Lohnnebenkosten die Fertigteilwerke dazu, sich auf mechanisierte und automatische Fertigungsmethoden umzustellen.

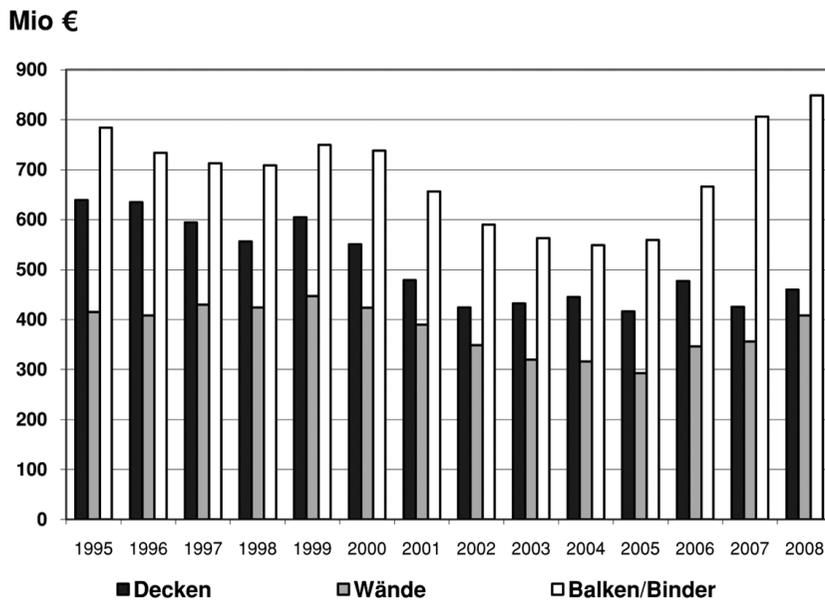
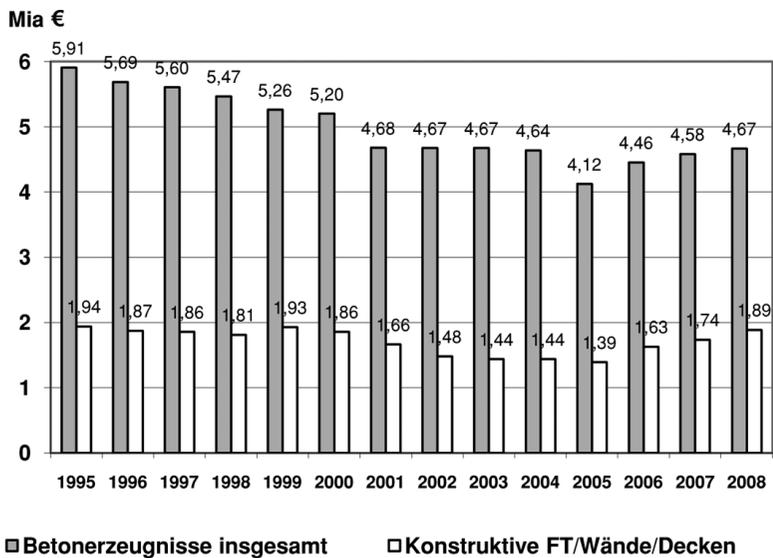


Bild 1.3 Betonerzeugnisse und Fertigteile in Deutschland;
 (a) Betonerzeugnisse insgesamt gegenüber großformatigen Fertigteilen (oben),
 (b) großformatige Fertigteile für den Hochbau (unten)

Seit Ende 1989 zeigte sich ein erneuter großer Wohnraumbedarf durch Einwanderer und Übersiedler aus dem Osten. Die Öffnung der Grenzen zur ehemaligen DDR im Jahr 1990 brachte große Aufgaben für die Bauindustrie in den neuen Bundesländern.

Das wachsende Umweltbewusstsein führte u. a. zu einer neuen Lärmschutzverordnung, wodurch Produkte wie Lärmschutzwände verstärkt nachgefragt wurden.

Die erhöhte Baunachfrage nach der Wende hielt aber nur kurz an. Danach kam von etwa 1994 bis etwa 2004 eine fast zehnjährige Talfahrt der Baukonjunktur verbunden mit einem drastischen Beschäftigungsrückgang und gestiegenen Insolvenzen sogar von Großkonzernen. Das zeigt auch die Statistik der produzierten Betonwaren und Fertigteile, die in Bild 1.3 dargestellt ist. Seit 2005 ist erfreulicherweise eine Trendwende eingetreten.

1.3 Europäische Normung

Im Zusammenhang mit der Schaffung des Europäischen Binnenmarktes ist die Entwicklung des künftigen europäischen Regelwerkes voll im Gange. Hier ist vor allem die Verabschiedung der „Bauproduktenrichtlinie“ durch die Kommission der Europäischen Gemeinschaft (KEG) von Bedeutung. Sie ist seit 1992 in Deutschland als „Bauprodukten-gesetz“ in Kraft und hat zentrale Bedeutung für das Bauwesen. Inzwischen sind auch die Länderbauordnungen daraufhin novelliert, da auch in Zukunft die Kompetenz im Bauordnungsrecht bei den Ländern liegen wird. In der Bauproduktenrichtlinie werden die wesentlichen Anforderungen an Bauwerke (und nicht an die Bauprodukte) in allgemeiner Form festgelegt.

Diese sind:

1. Mechanische Festigkeit und Standsicherheit.
2. Brandschutz.
3. Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz.
4. Nutzungssicherheit.
5. Schallschutz.
6. Energieeinsparung und Wärmeschutz.

Diese Anforderungen werden in sechs sog. „Grundlagendokumenten“ konkretisiert, die dann die Grundlage für „Mandate“ zur Ausarbeitung harmonisierter europäischer Normen (bzw. Leitlinien für europäische Zulassungen) bilden sollen. Diese Mandate müssen auch Anforderungen an Klassen und Leistungsstufen der einzelnen Produkte (z. B. nur für ruhende Belastung, Feuersicherheitsklasse usw.) enthalten. Die EN-Normen sollen dann von der europäischen Normenorganisation (CEN-Sitz in Brüssel) ausgearbeitet werden. Produkte, bei denen sich die „Konformität“ mit diesen harmonisierten europäischen Normen nachweisen lässt, sind künftig am CE-Zeichen zu erkennen (vgl. auch Abschn. 4.5). Bis heute sind Mandate für die Normung von 30 Produktfamilien von der KEG an CEN erteilt.

Die Normungsarbeit wird in sog. Technischen Komitees (TC) oder Unterkomitees (SC) und den zugehörigen Working Groups (WG) bzw. Task Groups (TG) erarbeitet. Wenn eine CEN-Norm von der „qualifizierten“ Mehrheit der EG- und EFTA-Mitglieder angenommen wurde, sind alle Mitgliedstaaten zur Übernahme dieser Norm verpflichtet, auch wenn sie nicht von der KEG „mandatiert“ wurden. Bei „mandatierten“ harmonisier-

		Elemente der Konformitätskontrolle	Systeme nach BPR Anhang III					
			2 (i)		2 (ii)-1		2 (ii)-2	2 (ii)-3
			1+	1	2+	2	3	4
Hersteller	1	Erstprüfung des Produkts						
	2	Prüfung von im Werk entnommenen Proben nach festgelegtem Prüfplan						
	3	Stichprobenprüfung (audit-testing) von im Werk, auf dem offenen Markt oder auf der Baustelle entnommenen Proben						
	4	Prüfung von Proben aus einem zur Lieferung anstehenden oder gelieferten Los						
	5	Werkseigene Produktionskontrolle						
zugelassene Stelle	6	Erstprüfung des Produkts						
	7	Prüfung von im Werk entnommenen Proben nach festgelegtem Prüfplan						
	8	Stichprobenprüfung (audit-testing) von im Werk, auf dem offenen Markt oder auf der Baustelle entnommenen Proben						
	9	Prüfung von Proben aus einem zur Lieferung anstehenden oder gelieferten Los						
	10	Erstinspektion des Werkes und der werkseigenen Produktionskontrolle						
	11	Laufende Überwachung, Beurteilung und Anerkennung der werkseigenen Produktionskontrolle						

Bild 1.4 Systeme der Konformitätsnachweisverfahren nach der Bauproduktenrichtlinie [29]

ten EN-Normen werden dann bei der bauaufsichtlichen Einführung durch die Bundesländer keine Änderungen bzw. Ergänzungen wie bisher bei DIN-Normen mehr zugelassen sein, da dadurch neue „Handelshemmnisse“ entstehen würden.

Eine wesentliche Neuerung ist, dass die obersten Baubehörden der Länder sog. „Bau-regellisten A, B und C“ herausgegeben haben, die vom DIBt einheitlich aufgestellt werden [28].

In der Bauregelliste A/Teil 1 werden Bauprodukte aufgeführt, an die bauaufsichtliche Anforderungen gestellt werden (z. B. Deckenplatten, Betonstahl usw.). Dieses entspricht der bisherigen bauaufsichtlichen Einführung.

Die Bauregelliste A/Teil 2 wird Produkte enthalten, für die nur ein bauaufsichtliches Prüfzeugnis gefordert wird (z. B. nicht tragende leichte Trennwände).

In die Bauregelliste B werden alle Bauprodukte aufgenommen, die nach EU-Vorschriften in Verkehr gebracht und gehandelt werden dürfen und die die CE-Kennzeichnung tragen. Zu jeder mandatierten Produktnorm gehört ein Anhang ZA, der die Regelungen zum CE-Zeichen und dem anzuwendenden Konformitätsnachweisverfahren [29–31] festlegt. Für konstruktive Fertigteile gilt das Konformitätsnachweisverfahren 2+: Erstprüfung des Produktes, werkseigene Produktionskontrolle und Zertifizierung durch eine offiziell zugelassene Stelle (s. Bild 1.4).

Die Bauregelliste C wird letztlich Bauprodukte enthalten, die nur untergeordnete Bedeutung haben (z. B. Dachrinnen, Estriche usw.). Sie dürfen kein Ü-Zeichen tragen.

Für die Kennzeichnung mit dem CE-Zeichen lässt der Anhang ZA ein vereinfachtes Etikett zu entsprechend Bild 1.5. Die Angaben zum Produkt sind in einem Begleitdokument entsprechend Bild 1.6 niedergeschrieben. Bei den darin erwähnten Bemessungsunterlagen handelt es sich um die Elementzeichnung und die statische Berechnung.

Zum Zeitpunkt der Bearbeitung dieses Beitrags (Ende 2007) haben nur zwei Stahlbetonfertigteile ein CE-Zeichen, und zwar

- vorgefertigte bewehrte Bauteile aus haufwerksporigem Leichtbeton nach DIN EN 1520,
- vorgefertigte Stahlbeton- und Spannbeton-Hohlplatten nach DIN EN 1168.

Nur diese erscheinen derzeit somit in der Bauregelliste B/Teil 1 (Ausgabe 2007/1) in Abschnitt 1.1.6.

Zusätzlich verlangt nun die deutsche Bauaufsicht vom NABau, dass zu jeder harmonisierten Norm noch ein sog. nationales Anwendungsdokument (NAD, DIN 20 000-

Tabelle 1.1 Anwendung der Produktnorm „Elementdecke“

Ebene	Allgemeine Regelungen	Produktnorm	Bemes- sungsnorm	Beton	Bewehrung
Europa	DIN EN 13 369 Allgemeine Regeln für Betonfertigteile	DIN EN 13 747 Betonfertigteile – Deckenplatten mit Ortbeton- ergänzung	EN 1991-1-1 Eurocode 2	EN 206-1	EN 10 080 Betonbeweh- rungsstahl
Deutschland	DIN V 200 000-120 Anwendungs- regeln zu DIN EN 13 369	DIN V 200 000-126 Anwendungs- Regeln zu DIN EN 13 747	DIN 1045-1	DIN 1045-2	DIN 488 Betonstahl/ bauaufsichtliche Zulassungen für Gitterträger

	<p>CE-Konformitätskennzeichnung, bestehend aus dem CE-Symbol nach der Richtlinie 93/86/EWG</p>
<p>Fa. Mustermann Industriestr. 0 D – 00000 Musterstadt</p> <p>45PJ76</p> <p>04</p> <p>0123 BPR 0456</p>	<p>Name oder Bildzeichen und eingetragene Anschrift des Herstellers</p> <p>Identifikationsnummer des Produkte</p> <p>Die letzten beiden Ziffern des Jahres, in dem die Kennzeichnung angebracht wurde</p> <p>Nummer des Zertifikates über die werkseigene Produktionskontrolle</p>
<p>EN 13224</p> <p>Vorgefertigte Deckenplatten mit Stegen</p>	<p>Nummer dieser Europäischen Norm</p> <p>Normmittel als freiwillige Ergänzung</p>

Bild 1.5 Beispiel für ein vereinfachtes Etikett

<p>Fa. Mustermann Industriestr. 0 D – 00000 Musterstadt</p> <p>Bauvorhaben und Position 45PJ76</p> <p>EN 13224</p> <p>Vorgefertigte Deckenplatte mit Stegen Platte für Geschossdecke</p>	
<p>Betondruckfestigkeit:... $f_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$</p>	<p>C30/37</p>
<p>Betonstahl: Zugfestigkeit..... $f_{tk} = 550 \text{ N/mm}^2$ Streckgrenze..... $f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$</p>	<p>BSt 500 S(A)</p>
<p>Spannstahl: Zugfestigkeit..... $f_{pk} = 1770 \text{ N/mm}^2$ 0,1 % Dehngrenze $f_{p0,1k} = 1570 \text{ N/mm}^2$</p>	<p>Spannstahlilitzen St 1570/1770</p>
<p>Für die geometrischen Daten, bauliche Durchbildung, mechanische Festigkeit, Feuerwiderstand und Dauerhaftigkeit siehe die Bemessungsunterlagen.</p>	
<p>Bemessungsunterlagen: Bestellcode..... 01 1725</p>	

Bild 1.6 Beispiel für das dazugehörige Begleitdokument, siehe Bild 5

XXX) erstellt wird, mit dessen Hilfe die jeweilige EN-Norm mit den in Deutschland vorgegebenen Baubestimmungen anwendbar und kompatibel ist. Mit Einführung einer EN-Norm wird eine Koexistenzphase festgelegt, während derer sowohl DIN-Norm als auch EN-Norm angewendet werden dürfen.

Als Beispiel für die praktische Anwendung einer Produktnorm sei hier die Elementdecke angeführt und deren Zuordnung zu nationalen und internationalen Bemessungs- und Stoffnormen (s. Tabelle 1.1). Die Koexistenzphase für diese Norm endete am 1.5.2008. Ihre Einführung in die Bauregelliste B steht bevor [32].

Auf nationaler Ebene werden die Arbeiten des CEN von sog. Spiegelausschüssen des DIN begleitet, die meist die Arbeiten eines TC's betreuen. Derzeit sind etwa 80 CEN/TC's auf dem Gebiet des Bauwesens tätig. Im Folgenden sind die derzeit installierten und für den Betonfertigteilterbau relevanten CEN TC's zusammengestellt mit den von diesen bearbeiteten Normen.

Im CEN/TC 250 werden die Normen für die Bemessung (Eurocodes) erarbeitet, wobei das SC 2 für den Betonbau federführend ist. Seit Ende 2007 sind alle Eurocodes in der Drei-Sprachenfassung veröffentlicht. Über den Stand der europäischen Normung bzgl. Beton wird in [26] und bzgl. Betonstahl und Spannstahl in [27] berichtet. Nach derzeitigem Kenntnisstand (Ende 2008) wird EC 2 mit den entsprechenden deutschen Anwendungsregeln erst 2010 verwendet werden können.

CEN/BTS 1 Technisches Sektorbüro für das Bauwesen
CENTC's (Technical Committees) und dort bearbeitete EN-Normen, die für den Betonfertigteilterbau relevant sind

Normen-Organis.	TC-Nr.	Gegenstand	Subcommit. Working Gr. Task Group		Status	EN-Nr.	Jahr	Thema / Bezeichnung	
CEN TC	229	Vorgefertigte Betonbauteile Produkte, die in Beziehung zu EC 2 stehen	WG1	TG1	DIN EN	1168	09	Hohlplatten, Teil 1 und 2 (CE-Zeichen!)	
				TG2	DIN EN	12794	07	Gründungspfähle	
				TG3	DIN EN	12843	04	Maste	
				TG4	DIN EN	13747	09	Elementdecken, Teil 1–3	
				TG5	DIN EN	13224	07	Deckenplatten mit Stegen, Berichtg. 05	
			TG6				Rippendecken		
			TG7	DIN EN	13225	06	Stabförmige Bauteile		
			TG8	DIN EN	14992	07	Wandelemente		
			WG2	TG1	DIN EN	14843	07	Treppen	
				TG2	DIN EN	12737	07	Spaltenböden	
				TG3	DIN EN	12893	01	Zäune	
		TG4					Leitplanken		
		TG5					Lärmschutzwände		
		TG6					Betonfensterrahmen		
		TG9		DIN EN	14258	09	Stützwände		
		TG10		DIN EN	13693	09	Dachelemente		
		TG11	DIN EN	14844		Raumdurchlässe			
		TG12	DIN EN	13978-1	05	Fertigaragen, Teil 1			
		TG13	DIN EN	14991	07	Gründungselemente			
		TG14	DIN EN	15050	07	Brückenelemente			
		TG15	DIN EN			Silos			
		WG3	TG1						
			TG2	DIN EN	1169	99	Leistungskriterien für Glasfaserbeton		
		DIN EN	1170	98–09	Teil 1–8 Prüfverfahren für Glasfaserbeton				
WG4									
		DIN EN	13369	07	Gemeinsame Regeln für Betonfertigteile				

Normen-Organis.	TC-Nr.	Gegenstand	Subcommit. Working Gr. Task Group	Status	EN-Nr.	Jahr	Thema / Bezeichnung	
CEN TC	250	Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau						
		EC1	Sicherheit	DIN EN	1990	02	Grundlagen der Tragwerksplanung Teil 1–4 Einwirkungen auf Bauwerke	
				DIN EN	1991	02–95		
		EC2	SC 1 Einwirkungen SC 2 Betonbau	DIN EN	1992	Teil 1-1 Teil 1-2 Teil 2 Teil 3	05 09 04 07	Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken Tragwerksbemessung für den Brandfall Betonbrücken Silos und Behälterbauwerke aus Beton
				ENV	1993			
				ENV	1998			
		EC3	SC 3 Stahlbau	ENV	1993	Teil 1-1 Teil 1-2	05 05	Bemessung und Konstruktionen von Stahlbauten Bemessung für den Brandfall
				ENV	1998	04–05	Bauen in seismischen Gebieten	
		EC8	SC 8 Erdbeben	ENV	1998	04–05		

ECISS Europäisches Komitee für Eisen- und Stahlnormung

Normen-Organis.	TC-Nr.	Gegenstand	Subcom. Working Gr. Task Group	Status	EN-Nr.	Jahr	Thema / Bezeichnung
ECISS TC	10	Baustahl	TC1	DIN EN	10025	09	Teil 1–6 Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen Teile 1/2 Warmgewalzte Hohlprofile für den Stahlbau Teile 1/2 Kaltgefertigte Hohlprofile für den Stahlbau
				DIN EN	10210	06	
				DIN EN	10219	06	
ECISS TC	19	Beton- und Spannstahl	TC1	DIN EN	10080	05	Teile 1–6 Betonstahl B 500 Teile 1–3 nichtrostende Stähle Entwurf Teil 1/2 Spannstähle
				DIN EN	10088	05	
				DIN EN	10138	00	
			TC2	DIN EN	10138	00	

2 Entwurf von Fertigteilbauten

Ein Gebäude im Hinblick auf eine industrielle Werksfertigung hin zu entwerfen, erfordert bestimmte Prinzipien bei der Planung (s. auch [33, 34]).

Wichtig ist, dass man die herstellungsbedingten Besonderheiten von Fertigteil-elementen kennt. Für den Rohbau und Ausbau sollten Grundmaße (Moduln) festgelegt und das Gebäude in ein räumliches Rasternetz gegliedert sein [35]. Bei der Elementierung des Gebäudes spielen die Transportabmessungen und die möglichen Montagegewichte im Werk und auf der Baustelle eine entscheidende Rolle. Von der Nutzung her ergeben sich die Anforderungen an den Brand-, Wärme- und Schallschutz und die anzusetzenden Verkehrslasten für die Statik.

Die Horizontalaussteifung von mehrgeschossigen Gebäuden erfordert eine frühzeitige Abstimmung nicht nur mit dem Tragwerksplaner, sondern auch mit dem Hersteller. Die Herstellung der aussteifenden Kerne oder Wände ebenfalls in Fertigteilen oder aber in Ortbeton hat weitreichende Konsequenzen auf Planungsablauf und Bauzeit.

Die Verwendung von standardisierten Typenelementen für die Tragkonstruktion ist insbesondere bei kleineren Gebäuden sinnvoll. Große Bauvorhaben haben ihre eigenen Gesetze und erlauben auch ein eigenes System, wobei dann allerdings die Berücksichtigung der herstellungstechnischen Erfordernisse für einen wirtschaftlichen Entwurf von großer Wichtigkeit ist.

Die Ausbildung der Knotenpunkte zwischen den einzelnen Bauelementen wird außer von den statischen Anforderungen auch von der Leitungsführung der haustechnischen Installationen her beeinflusst. Eine sinnvolle Nutzung der vom Rohbau hierfür vorgesehenen Standardaussparungen oder entsprechenden Trägersausklinkungen wird meist nur erreicht, wenn Rohbau und Ausbau vom selben Unternehmer, also schlüsselfertig, übernommen werden können [10].

Die Gestaltung der Fassade bestimmt neben der Form des Baukörpers die Architektur des Gebäudes. Außerdem hat die Fassade als Gebäudeaußenhaut allen bauphysikalischen Anforderungen aus der Umwelt zu genügen. Eine wesentliche Entwurfsentscheidung besteht darin, inwieweit die Fassade zur tragenden Funktion mit herangezogen oder nur als vorgehängte Fassade vorgesehen wird.

Alle diese Punkte können im Rahmen dieses Buches nur in zusammengefasster Form behandelt werden.

Eine frühzeitige Planung und Abstimmung aller am Bau Beteiligten ist Voraussetzung, um ein nach gestalterischen, funktionalen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten optimales Gebäude zu entwerfen. Dies beginnt beim Architekten und schließt den Haustechniker und Bauphysiker, den Statiker und Konstrukteur und den Fertigungs- und Montageplaner mit ein.

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-

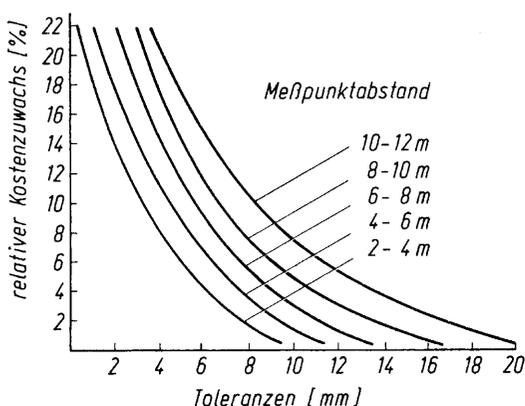


Bild 2.1 Kosten horizontaler Bauwerkstoleranzen [39]

Tabelle 2.1 Toleranzen für vorgefertigte Teile aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton nach DIN 18203-1

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	–	–	–

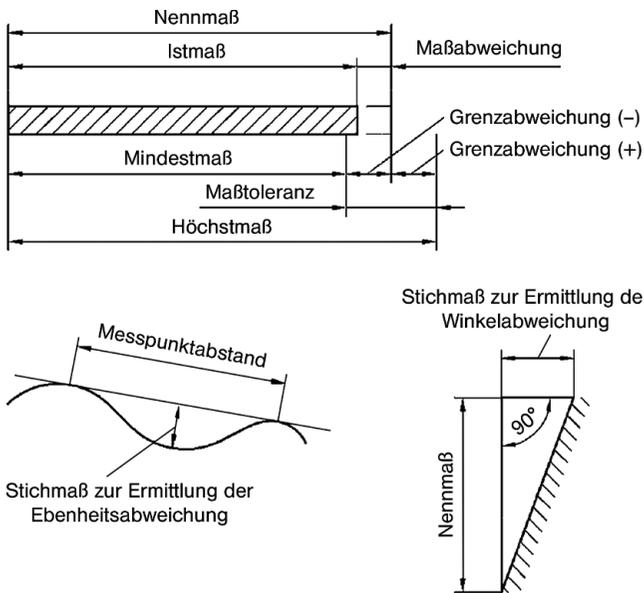


Bild 2.2 Anwendung der Begriffe und Stichmaße

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 zusammengesetzt 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).

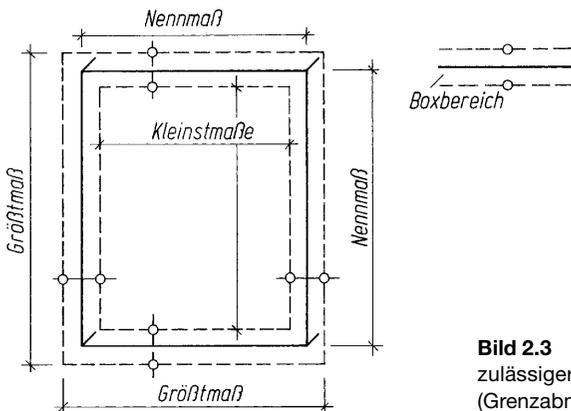


Bild 2.3 Darstellung des Boxprinzips am Beispiel zulässiger Maßabweichungen von Öffnungen (Grenzabmaße und Winkeltoleranzen) [37]

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