



Bauingenieur-Praxis

H. Bachmann, M. Tillmann, S. Urban

# Bauen mit Betonfertig- teilen im Hochbau

4. Auflage



# Newsletter

Der kostenlose, monatliche Ernst & Sohn Newsletter informiert Sie über neue Bücher, interessante Zeitschriftenartikel und aktuelle Branchennews.



**JETZT ANMELDEN**

[www.ernst-und-sohn.de/nl](http://www.ernst-und-sohn.de/nl)

**Ernst & Sohn**  
A Wiley Brand



**FLUXX Stoßabschalungssystem für Doppel-/Hohlwände**

**DIE TECHNISCH EINWANDFREIE LÖSUNG**



**DIE VORTEILE**

- ✓ **Schnell:** Ein Stoß in weniger als 1 Minute eingeschalt
- ✓ **Nur eine Arbeitskraft** notwendig
- ✓ **Witterungsunabhängig** und sofort einsatzfähig
- ✓ **Keine Nacharbeiten** erforderlich
- ✓ **Lange Lebensdauer**
- ✓ **Weniger Abfall** auf der Baustelle

[www.mayerschaltechnik.de](http://www.mayerschaltechnik.de)

Bundesingenieurkammer (Hrsg.)

# Ingenieurbaukunst 2024

Made in Germany

- Die besten aktuellen Projekte von Bauingenieur:innen aus Deutschland
- Neue Entwicklungen bei Konstruktionen und Baustoffen für einen geringen Klimafußabdruck
- Inspiriert vom Symposium Ingenieurbaukunst – Design for Construction #IngD4C

Das Buch diskutiert Konstruktionen und Material mit geringem Klimafußabdruck und zeigt wichtige aktuelle Bauwerke von Ingenieur:innen aus Deutschland. Herausgegeben von der Bundesingenieurkammer werden hier die Leistungen des deutschen Bauingenieurwesens dokumentiert.



2023 · 208 Seiten · 130 Abbildungen

Softcover

**ISBN 978-3-433-03417-0** € 49,90\*

eBundle (Print + ePDF)

**ISBN 978-3-433-03418-7** € 64,90\*

## BESTELLEN

+49 (0)30 470 31-236

marketing@ernst-und-sohn.de

[www.ernst-und-sohn.de/3417](http://www.ernst-und-sohn.de/3417)

## **Bauen mit Betonfertigteilen im Hochbau**



# **Bauen mit Betonfertigteilen im Hochbau**

*Hubert Bachmann, Mathias Tillmann und Susanne Urban*

4. aktualisierte Auflage

**Autoren:****Dr.-Ing. Hubert Bachmann**

BLC Bachmann Liebig Consulting +  
Engineering  
Beratende Ingenieure PartGmbH  
Am Schloßbuckel 2  
75015 Bretten

**Dipl.-Ing. Mathias Tillmann**

Fachvereinigung Deutscher  
Betonfertigteilbau e.V.  
Schloßallee 10  
53179 Bonn

**Dr. Dipl.-Ing. Susanne Urban**

Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V.  
Kurfürstenstr. 129  
10785 Berlin

**Coverfoto:** Auskragende Dachbinder für eine  
Gewerbehalle, Töging

**Copyright:** Laumer Bautechnik GmbH,  
Massing

**Bauherr:** KFK GmbH, Töging

**Tragwerk:** Laumer Bautechnik GmbH,  
Massing

**4. Auflage 2024**

Alle Bücher von Ernst & Sohn werden  
sorgfältig erarbeitet. Dennoch übernehmen  
Autoren, Herausgeber und Verlag in keinem  
Fall, einschließlich des vorliegenden Werkes,  
für die Richtigkeit von Angaben, Hinweisen  
und Ratschlägen sowie für eventuelle  
Druckfehler irgendeine Haftung

**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.

© 2024 Ernst & Sohn GmbH, Rotherstraße  
21, 10245 Berlin, Germany

Alle Rechte, insbesondere die der  
Übersetzung in andere Sprachen,  
vorbehalten. Kein Teil dieses Buches  
darf ohne schriftliche Genehmigung des  
Verlages in irgendeiner Form – durch  
Photokopie, Mikroverfilmung oder irgendein  
anderes Verfahren – reproduziert oder in  
eine von Maschinen, insbesondere von  
Datenverarbeitungsmaschinen, verwendbare  
Sprache übertragen oder übersetzt werden.  
Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen,  
Handelsnamen oder sonstigen Kennzeichen  
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.

**Print ISBN:** 978-3-433-03452-1

**ePDF ISBN:** 978-3-433-61207-1

**ePub ISBN:** 978-3-433-61206-4

**oBook ISBN:** 978-3-433-61208-8

**Coverdesign:** Petra Franke/Ernst &  
Sohn GmbH using a design by Sophie  
Bleifuß, Berlin

**Satz:** Newgen KnowledgeWorks (P) Ltd.,  
Chennai, India

**Druck und Bindung:**

Printed on acid-free paper.

## Vorwort zur 4. Auflage

Das Bauen mit Betonfertigteilen ist so alt wie das Bauen mit Eisenbeton selbst, denn das erste Eisenbetonelement überhaupt, der Blumenkübel von Joseph Monier (um 1850) war letztlich ein Betonfertigteil.

Im 21. Jahrhundert hat sich der moderne Betonfertigteilbau als eigenständige Bauweise etabliert und bietet bei den anstehenden Herausforderungen hinsichtlich des nachhaltigen und ressourcenschonenden Bauens viele interessante Lösungsansätze.

Für die Entwicklung von hochleistungsfähigen Werkstoffen spielt der Betonfertigteilbau eine bedeutende Rolle, da im Werk hervorragende Voraussetzungen für deren erste Anwendung vorliegen. So ist bereits eine Vielzahl von Fertigteilen aus (ultra)hochfestem und GFK- oder CFK-bewehrtem Beton im Hochbau, Brückenbau und Fassadenbau eingesetzt worden.

Seitens der Herstellungsmethoden ist ein verstärkter Trend zu mechanisierter und automatisierter Herstellung festzustellen. Neben maßgeschneiderten Einzelstücken entstehen vermehrt modulare und serielle Produkte, welche die ausgezeichneten Fertigungsmöglichkeiten nutzen, um hohe Qualitätsansprüche zu realisieren.

Diese Abhandlung basiert auf dem Vorlesungsmanuskript von Prof. Dr. Volker Hahn an der Universität Stuttgart aus den frühen 1970er-Jahren und wurde von Dr. Alfred Steinle zum Buchmanuskript umgearbeitet. Sie erschien zum ersten Mal vom Autorenteam *Steinle/Hahn* als Beitrag im Beton-Kalender 1988 und wurde 1995 fortgeschrieben. 2009 kamen Dr. Hubert Bachmann und 2016 Mathias Tillmann als neue federführende Autoren hinzu. 2021 erfolgte die bislang letzte Aktualisierung im Beton-Kalender mit der neuen Autorin Dr. Susanne Urban. Der Beitrag erschien erstmals 1998 in Buchform in der Reihe Bauingenieur-Praxis und erscheint nun in 4. Auflage.

Es ist das Anliegen der Autoren, dem planenden Ingenieur und dem entwerfenden Architekten einerseits die Randbedingungen und andererseits die Möglichkeiten aufzuzeigen, die sich durch die Vorfertigung im Werk ergeben, und somit Hilfestellung zur Weiterentwicklung des Betonfertigteilbaus zu liefern.

Bretten, Bonn und Berlin im Oktober 2023

*Hubert Bachmann, Mathias Tillmann und Susanne Urban*



# Inhaltsverzeichnis

**Vorwort zur 4. Auflage** v

**Autoren** xvii

**Vorbemerkungen** 1

<b>1</b>	<b>Einführung in den Betonfertigteilbau</b>	<b>3</b>
1.1	Vorteile der Werksfertigung	3
1.2	Geschichtliche Entwicklung	5
1.3	Normen und Regelwerke	8
1.3.1	Europäische Produktnormung	8
1.3.2	Liste technischer Regelwerke	15
1.3.2.1	Allgemeines	15
1.3.2.2	Nationale Normen	15
1.3.2.3	Europäische Normen	18
1.3.2.4	Internationale Normen	26
1.3.2.5	Richtlinien des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAfStb)	26
1.3.2.6	Technische Regeln des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt)	27
1.3.2.7	Merkblätter	28
1.3.2.7.1	Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilbau e. V.	28
1.3.2.7.2	Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V.	28
1.3.2.7.3	Institut für Betonstahlbewehrung e. V.	29
1.3.2.7.4	IVD Industrieverband Dichtstoffe e. V.	29
1.3.2.8	Europäische Verordnungen	30
1.3.2.9	Sonstige Regelwerke	30
<b>2</b>	<b>Entwerfen von Fertigteilbauten</b>	<b>33</b>
2.1	Allgemeines	33
2.2	Toleranzen und Passungsberechnungen	37
2.2.1	Allgemeines	37
2.2.2	Toleranznormen	38

2.2.3	Passungsberechnungen	42
2.3	Herstellung	44
2.4	Transport und Montage	47
2.4.1	Allgemeines	47
2.4.2	Transport	48
2.4.3	Montage	51
2.5	Nachhaltigkeit	55
2.6	Beispiele zum Entwurf	56
<b>3</b>	<b>Aussteifung von Fertigteilbauten</b>	<b>63</b>
3.1	Allgemeines	63
3.2	Belastungen der Aussteifungselemente	63
3.2.1	Allgemeines	63
3.2.2	Lastfall Wind	64
3.2.3	Lastfall Lotabweichung	67
3.2.4	Lastfall Erdbeben	69
3.2.5	Lastfall Zwang (Schwinden und Temperatur)	74
3.3	Tragelemente zur Aussteifung	75
3.3.1	Typische Aussteifungselemente	75
3.3.1.1	Allgemeines	75
3.3.1.2	Gegliederte Wandscheiben	76
3.3.1.3	Scheiben mit großen Öffnungen	76
3.3.1.4	Rahmen und Verbände	77
3.3.1.5	Räumliche Systeme	77
3.3.1.6	Aus Fertigteilen zusammengesetzte Scheiben	79
3.3.2	Anordnung der Aussteifungselemente	79
3.4	Verteilung der Horizontallasten	85
3.4.1	Allgemeines	85
3.4.2	Allgemeine Vorgehensweise	85
3.4.3	Überschlagsformeln zur Vordimensionierung	87
3.5	Nachweis der aussteifenden Bauteile	89
3.6	Konstruktive Durchbildung	91
3.6.1	Deckenscheiben	91
3.6.2	Wandscheiben	91
<b>4</b>	<b>Bauteile des Betonfertigteilbaus</b>	<b>95</b>
4.1	Allgemeines	95
4.2	Decken- und Dachplatten	95
4.2.1	Allgemeines	95
4.2.2	Vollplatten	95
4.2.3	Hohlplatten	96

4.2.3.1	Allgemeines	96
4.2.3.2	Spannbetonhohlplatten	96
4.2.3.3	Stahlbetonhohlplatten	100
4.2.4	Elementdecken	100
4.2.4.1	Allgemeines	100
4.2.4.2	Vorgespannte Elementdecken	103
4.2.5	Deckenplatten mit Stegen (TT-Platten)	103
4.2.6	Sonstige Deckensysteme	106
4.3	Balken	106
4.3.1	Pfetten, Riegel, Unterzüge	106
4.3.2	Dachbinder	108
4.4	Stützen	112
4.5	Wände	114
4.5.1	Allgemeines	114
4.5.2	Elementwände	115
4.6	Fundamente	117
4.6.1	Allgemeines	117
4.6.2	Angeformte Fundamente	118
4.6.3	Köcher- und Blockfundamente	119
4.6.3.1	Allgemeines	119
4.6.3.2	Köcherfundamente	119
4.6.3.3	Blockfundamente	122
4.6.4	Sonstige Fundamentarten	123
<b>5</b>	<b>Knotenpunkte des Betonfertigteilbaus</b>	<b>129</b>
5.1	Allgemeines	129
5.2	Deckenplatten-Auflager	130
5.2.1	Spannbetonhohlplatten	130
5.2.2	TT-Platten	132
5.3	Pfetten-Auflager	132
5.4	Binder-Auflager	133
5.5	Unterzug-Auflager	135
5.6	Wandplatten-Auflager	137
5.7	Balkonplatten	139
5.8	Treppenaufleger	140
5.9	Stütze/Fundament	141
<b>6</b>	<b>Einzelfragen zur Bemessung</b>	<b>145</b>
6.1	Allgemeines	145
6.2	Druckfugen und Teilflächenbelastung	145
6.3	Lagerung	147

6.3.1	Allgemeines	147
6.3.2	Elastomerlager	147
6.3.3	Technische Regelwerke zu Elastomerlagern	149
6.3.4	Ansätze zur Bemessung von Elastomerlagern	150
6.3.5	Horizontalkräfte	151
6.3.6	Dimensionierung der Lagerung	152
6.3.7	Bemessung und Konstruktion der Lagerung	153
6.4	Stützenstöße	158
6.4.1	Allgemeines	158
6.4.2	Stützenstoß im Mörtelbett	158
6.4.2.1	Allgemeines	158
6.4.2.2	Mörtelbett mit Stirnflächenbewehrung	159
6.4.2.3	Mörtelbett mit Stahlplatte	161
6.4.3	Stützenstoß mit verformbaren Fugenmaterialien	161
6.4.4	Biegesteife Stöße	163
6.4.5	Stützenstöße mit hochfestem Betonstahl	164
6.5	Wand-Decken-Verbindungen	167
6.6	Scherbolzen	168
6.6.1	Allgemeines	168
6.6.2	Große Randabstände $a_{\parallel} \geq 8\varnothing_B$ bzw. $a_{\perp} \geq 8\varnothing_B$	170
6.6.2.1	Stahlversagen	170
6.6.2.2	Betonversagen	171
6.6.3	Geringe Randabstände $a_{\parallel} < 8\varnothing_B$ bzw. $a_{\perp} < 8\varnothing_B$	171
6.6.3.1	Stahlversagen	171
6.6.3.2	Betonversagen	172
6.6.3.2.1	Unbewehrter Beton	172
6.6.3.2.2	Bewehrter Beton	172
6.6.4	Weitere Hinweise zu Scherbolzen	173
6.7	Schweißverbindungen	174
6.8	Schraub- und Muffenverbindungen	178
6.9	Sonstige Verbindungsmittel	178
6.10	Transportanker	181
6.10.1	Allgemeines	181
6.10.2	Einwirkungen	182
6.10.2.1	Allgemeines	182
6.10.2.2	Abheben mit Schalungshaftung	182
6.10.2.3	Aufrichten	183
6.10.2.4	Heben unter Schrägzug	183
6.10.3	Ermittlung des zulässigen Tragwiderstands	184
6.10.4	Weitere Hinweise für die Bemessung	186
6.10.5	Konsequenzen aus der Maschinenrichtlinie	187
6.10.6	Inkompatibilität von Transportankersystemen	187
6.11	Schubkraftübertragung in Fugen	188

- 6.11.1 Allgemeines 188
- 6.11.2 Bemessung 189
- 6.11.3 Oberflächenkategorien 192
- 6.11.4 Ermüdung 194
- 6.11.5 Bauliche Durchbildung 195
- 6.12 Decken- und Wandscheiben 197
  - 6.12.1 Allgemeines 197
  - 6.12.2 Deckenscheiben 198
  - 6.12.3 Wandscheiben 200
  - 6.12.4 Sonstiges 203
- 6.13 Querkräfte in Deckenplatten 204
- 6.14 Ausgeklinkte Auflager 208
  - 6.14.1 Allgemeines 208
  - 6.14.2 Bemessung 208
- 6.15 Konsolen 212
  - 6.15.1 Allgemeines 212
  - 6.15.2 Bemessung 212
    - 6.15.2.1 Allgemeines 212
    - 6.15.2.2 Nachweis nach *Steinle* 213
    - 6.15.2.3 Nachweis nach DAFStb-Heft 600 214
    - 6.15.2.4 Nachweis nach *Reineck* 215
    - 6.15.2.5 Nachweis nach *Fingerloos* 216
    - 6.15.2.6 Zusammenfassung 217
    - 6.15.2.7 Vergleich zwischen den Nachweisen 217
  - 6.15.3 Bauliche Durchbildung 219
  - 6.15.4 Exzentrisch belastete Konsolen 220
  - 6.15.5 Trägerkonsolen 220
  - 6.15.6 Nachträglich angeschlossene Konsolen 223
- 6.16 Nachweis der Kippsicherheit 224
  - 6.16.1 Allgemeines 224
  - 6.16.2 Vereinfachte Kippnachweise 226
    - 6.16.3 Rechnerische Nachweise 226
      - 6.16.3.1 Allgemeines 226
      - 6.16.3.2 Verfahren nach *Stiglat* 228
      - 6.16.3.3 Verfahren nach *König/Pauli* 230
        - 6.16.3.3.1 Grenzbetrachtung „Zweiachsige Biegung“ (Abb. 6.95) 230
        - 6.16.3.3.2 Grenzbetrachtung „Torsion“ 232
        - 6.16.3.3.3 Grenzverdrehung 232
        - 6.16.3.3.4 Kippnachweis 232
      - 6.16.3.4 Verfahren nach *Mehlhorn/Röder* und *Rafla* 233
    - 6.16.4 Nachweis der Auflager 234
  - 6.17 Brandschutzbemessung 236
    - 6.17.1 Allgemeines 236

6.17.2	Grundlagen der Brandschutzbemessung	237
6.17.2.1	Allgemeines	237
6.17.2.2	Bemessung nach DIN EN 1992-1-2	238
6.17.2.3	Bemessung nach DIN 4102-4	240
6.17.3	Stahlbeton- und Spannbetonbalken	241
6.17.4	Stahlbeton-Konsolen	242
6.17.5	Stahlbetonstützen	243
6.17.5.1	Rechnerische Ermittlung	243
6.17.5.2	Tabellenwerte	244
6.17.6	Brandwände	246
6.17.7	Putzbekleidungen	246
6.17.8	Hochfeste Betone	247
6.17.9	Anschlüsse, Fugen und Verbindungen	247
6.17.9.1	Allgemeines	247
6.17.9.2	Fugen zwischen Fertigteileplatten	248
6.17.9.3	Fugen zwischen Wänden (ohne Brandwände)	248
6.17.9.4	Fugen zwischen Brandwänden	249
6.17.9.5	Anschlüsse von Brandwänden an Stahlbetonbauteile	249
6.18	Vorspannung im sofortigen Verbund	251
6.18.1	Allgemeines	251
6.18.2	Betondeckung	251
6.18.3	Vorspanngrad	252
6.18.4	Spannkraftverluste	253
6.18.5	Dekompression	255
6.18.6	Begrenzung der Spannungen	256
6.18.7	Übertragung und Verankerung der Vorspannung	257
6.18.8	Spaltzug und Stirnzug	259

## **7 Fassaden aus Betonfertigteilen** 267

7.1	Allgemeines	267
7.2	Entwurf	269
7.3	Oberflächen	270
7.3.1	Allgemeines	270
7.3.2	Sichtbeton und Architekturbeton	272
7.3.3	Gestaltung durch die Schalung	273
7.3.3.1	Allgemeines	273
7.3.3.2	Glatte Schalungen	273
7.3.3.3	Strukturschalung	274
7.3.4	Nachträglich bearbeitete Oberflächen	274
7.3.5	Witterungsverhalten	276
7.3.5.1	Allgemeines	276
7.3.5.2	Planung	276

7.3.5.3	Oberflächenschutz, Pflege und Wartung	278
7.4	Fugenabdichtung	279
7.5	Betonsandwichelemente	281
7.5.1	Allgemeines	281
7.5.2	Abmessungen und Schichtdicken	282
7.5.3	Verbindungsmitel	284
7.5.4	Einwirkungen	287
7.5.4.1	Allgemeines	287
7.5.4.2	Transport- und Montagezustände	287
7.5.4.3	Temperatur	288
7.5.4.4	Schwinden	290
7.5.5	Bemessung	293
7.5.5.1	Allgemeines	293
7.5.5.2	Vorsatzschicht	293
7.5.5.3	Tragschicht	293
7.5.5.4	Verbindungsmitel	293
7.5.6	Verformungen	295
7.5.7	Rissverhalten	296
7.5.8	Bauliche Durchbildung	297
7.5.8.1	Eckausbildung	297
7.5.8.2	Dämmstoffe	297
7.5.8.3	Folien	298
7.6	Vorgehängte Fassadenplatten	299
7.6.1	Großformatige vorgehängte Fassadenplatten	299
7.6.1.1	Allgemeines	299
7.6.1.2	Hinterlüftete Fassaden	300
7.6.1.3	Befestigung und Verankerung	300
7.6.1.4	Einwirkungen	301
7.6.2	Kleinformatige vorgehängte Fassadenplatten	302
7.6.2.1	Allgemeines	302
7.6.2.2	Befestigung und Verankerung	303
7.6.2.3	Einwirkungen und Bemessung	304
7.7	Weitere Entwicklungen für Betonfassaden	305
7.7.1	Textilbeton	305
7.7.2	Fotobeton	305
7.7.3	Lichtdurchlässiger Beton	306
7.7.4	Beton mit Glaszuschlag	306
7.7.5	Glas-Beton-Verbund	307
7.8	Bauphysik	307
7.8.1	Energetische Betrachtungen und Wärmeschutz	307
7.8.1.1	Allgemeines	307
7.8.1.2	Wärmebrücken	307
7.8.1.3	Sommerlicher Wärmeschutz	314

- 7.8.2 Feuchtigkeitsschutz 315
- 7.9 Ausführungsbeispiele 315
- 7.9.1 Züblin-Haus in Stuttgart 315
- 7.9.2 Gemeindezentrum in Mannheim-Neuhermsheim 317
- 7.9.3 Bürogebäude Ohligsmühle in Wuppertal 317
- 7.9.4 Tour Total in Berlin 319
- 7.9.5 ROC Mondriaan in Den Haag 319
- 7.9.6 Deutsche Bank in Berlin 321
- 7.9.7 Eastsite in Mannheim 321

## **8 Herstellung 327**

- 8.1 Herstellungsverfahren 327
  - 8.1.1 Allgemeines 327
  - 8.1.2 Ortsfeste Fertigung 329
    - 8.1.2.1 Allgemeines 329
    - 8.1.2.2 Stabförmige Bauteile 329
    - 8.1.2.3 Schalungen für TT-Platten 331
    - 8.1.2.4 Schalungen für Spannbetonbinder 331
    - 8.1.2.5 Schalungstische 332
    - 8.1.2.6 Batterieschalungen 333
    - 8.1.2.7 Schalungsbahnen 334
  - 8.1.3 Umlauffertigung 334
- 8.2 Betone im Fertigteilbau 337
  - 8.2.1 Allgemeines 337
  - 8.2.2 Frischbeton 339
  - 8.2.3 Festbeton 340
  - 8.2.4 Ultrahochfester Beton 341
  - 8.2.5 Selbstverdichtender Beton 343
  - 8.2.6 Faserbetone 345
  - 8.2.7 Textilbeton 345
- 8.3 Nachbehandlung und Wärmebehandlung 348
- 8.4 Bewehrung 351
  - 8.4.1 Betonstahl 351
  - 8.4.2 Spannstahl 352
  - 8.4.3 Nichtmetallische Bewehrung 353
  - 8.4.4 Bewehrungszeichnungen 354
  - 8.4.5 Ausführung 356
- 8.5 Vorspannung 358
  - 8.5.1 Allgemeines 358

8.5.2	Ausführungsunterlagen	359
8.5.3	Herstellung	362
8.6	Qualitätssicherung	367
8.6.1	Allgemeines	367
8.6.2	Werkseigene Produktionskontrolle (WPK)	367
8.6.3	Fremdüberwachung	368
8.6.4	Zertifizierung und Kennzeichnung	369

<b>Stichwortverzeichnis</b>	<b>377</b>
-----------------------------	------------



## Autoren

**Hubert Bachmann** (\*1959) begann seine berufliche Laufbahn im Jahr 1976 mit der Ausbildung zum Beton- und Stahlbetonbauer in einem konstruktiven Fertigteilwerk. Nach dem Bauingenieurstudium an der FH Karlsruhe und der TH Karlsruhe und anschließender Promotion an der Universität Karlsruhe (TH) war er von 1994 bis 2020 im Technischen Büro Konstruktiver Ingenieurbau (TBK) der Ed. Züblin AG in Stuttgart tätig. Seine Aufgabenbereiche umfassten Ausführungsplanungen von Ingenieurbauten aller Art sowie die Forschung und Entwicklung im Hoch- und Ingenieurbau. Insbesondere die Entwicklung eines Stumpfstoßes für Hochhausstützen mit hochfestem Betonstahl und Bewehrungsgraden bis 16 % hat er bei zahlreichen Hochhausprojekten in Deutschland zur Anwendung gebracht. Von 2008 bis 2018 führte er die Hahn'sche Vorlesung an der Universität Stuttgart zum Thema „Bauen mit Betonfertigteilen“ fort. Darüber hinaus war er als Vertreter der Praxis von 2001 bis 2020 in zahlreichen Normenausschüssen, Verbänden und Kommissionen tätig. Im Jahr 2020 erfolgte die Gründung des Ingenieurbüros Bachmann Liebig Consulting + Engineering Beratende Ingenieure in Bretten, Schwäbisch Hall und Stuttgart.

**Mathias Tillmann** (\*1970) studierte Bauingenieurwesen an der RWTH Aachen mit der Vertiefungsrichtung Konstruktiver Ingenieurbau. Nach seinem Diplom war er als Projektingenieur, Tragwerksplaner und Konstrukteur tätig. Seit 2007 ist er bei der Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilebau e. V. (FDB) für den Bereich Technik und Normung zuständig, zunächst als technischer Referent, seit 2008 als technischer Geschäftsführer. Er vertritt die Betonfertigteilindustrie in nationalen und europäischen Gremien, die sich u. a. mit den Themen Eurocode, Brandschutz und Produktnormung befassen. Er ist Mitglied im Vorstand des Deutschen Ausschuss für Stahlbeton (DAfStb) und Sachverständiger im Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt). Seit 2022 ist er Lehrbeauftragter am Institut für Massivbau der TU Darmstadt. Er ist Autor zahlreicher Broschüren, Merkblätter und Fachartikel zum Thema Betonfertigteile.

**Susanne Urban** (\*1978) studierte Bauingenieurwesen an der Universität Stuttgart mit der Vertiefung Konstruktiver Ingenieurbau. Nach ihrem Diplom war sie

von 2004 bis 2006 Projektingenieurin bei Pondio Ingenieros in Madrid, und von 2006 bis 2022 in der Zentralen Technik der Ed. Züblin AG im Technischen Büro Konstruktiver Ingenieurbau (TBK) als Projekt- und Teamleiterin mit mehrjährigen Aufenthalten in Stuttgart, Hamburg und Wien tätig. Während ihres Aufenthalts in Wien von 2011 bis 2014 promovierte sie an der Universität für Bodenkultur Wien unter der Leitung von Prof. Konrad Bergmeister. Seit 2019 führt sie die Hahn'sche Vorlesung an der Universität Stuttgart zum Thema „Bauen mit Betonfertigteilen“ als Lehrbeauftragte am Institut für Entwerfen, Leichtbau und Konstruieren (ILEK) fort. Seit Februar 2022 ist sie Leiterin Bautechnik beim Deutschen Beton- und Bautechnik-Verein E.V. (DBV) in Berlin. Darüber hinaus ist sie in zahlreichen Ausschüssen tätig sowie Autorin einiger Fachartikel und Merkblätter zu konstruktiven und baustatischen Themen.

## Vorbemerkungen

Der erste Beitrag mit dem Titel „Bauen mit Betonfertigteilen im Hochbau“ wurde von den Autoren *A. Steinle* und *V. Hahn* für den Beton-Kalender 1988 erarbeitet. Er erschien erneut im Beton-Kalender 1995 sowie als Buch 1998 in der Reihe Bauingenieur-Praxis. Für den Beton-Kalender 2009 erfolgte eine Aktualisierung von den Autoren *H. Bachmann*, *A. Steinle* und *V. Hahn*, die ebenfalls in der Reihe Bauingenieur-Praxis als Buch 2010 veröffentlicht wurde. Für den Beton-Kalender 2016 wurde der Beitrag von den Autoren *A. Steinle*, *H. Bachmann* und *M. Tillmann* neu konzipiert und komplett überarbeitet. Für den Beton-Kalender 2021 erfolgte eine Aktualisierung von den Autor:innen *H. Bachmann*, *M. Tillmann* und *S. Urban*, die nun in der Reihe Bauingenieur-Praxis in 4. Auflage als Buch veröffentlicht wird.

Im ersten Abschnitt wird zunächst Allgemeines über den Fertigteilbau, über seine geschichtliche Entwicklung und über den Stand der europäischen Normung gesagt. Ein wirtschaftlicher Einsatz von Betonfertigteilen ist nur mit einem fertigungs- und montagegerechten Entwurf möglich. Daher wird im zweiten Abschnitt der Entwurf des Tragwerks von Fertigteilbauten behandelt. Neben den zu beachtenden Randbedingungen für einen fertigtteilgerechten Entwurf werden einige typische Fertigteilkonstruktionen zur Diskussion gestellt.

Im dritten Abschnitt wird die Aussteifung von Fertigteilgebäuden ausführlich behandelt. Insbesondere aufgrund von kritischen Detailnachweisen ist eine ingenieurmäßige und vereinfachende Betrachtung der Aussteifung gegenüber einer computergestützten Berechnung vorzuziehen. Im Weiteren werden dann die verschiedenen Bauteile des Fertigteilbaus dargestellt und schließlich deren Zusammenfügen in Knotenpunkten. Die spezifischen Themen der Bemessung werden im sechsten Abschnitt näher untersucht.

Ein zunehmend wichtiger Anwendungsbereich für Betonfertigteile ist der Fassadenbau. Diesem wird der siebte Abschnitt gewidmet. Gerade hier spielt der Einsatz neuer Betone und Bewehrungen eine große Rolle. Abschließend wird auf die Fertigung eingegangen, um dadurch beim Leser das Verständnis für die Bauweise unter Berücksichtigung der Herstellung zu erweitern.

Neue Betone, neue Bewehrungen, neue Herstellverfahren – diese Themen werden vornehmlich im Fertigteilbau entwickelt oder zumindest erstmals angewendet.

Daher stellt der Betonfertigteilbau eine der innovativsten Bauweisen dar, was sich in einer zunehmenden Verbreitung dieser Bauweise widerspiegelt.

Auch wenn sich die Verfasser in diesem Buch vor allem auf den allgemeinen Hochbau konzentrieren, soll nicht unerwähnt bleiben, dass sich der Betonfertigteilbau beträchtliche Marktanteile in vielen anderen Bereichen des Bauens durch Entwicklung von wirtschaftlichen Sonderlösungen erobern konnte. Als Beispiele können der Brücken- oder der Tunnelbau (Tübbings), Rohre, Maste, Pfähle, Fertigteilkeller, Stützmauern, Raumzellen, Fertiggeragen, Lärmschutzwände, Eisenbahnschwellen, landwirtschaftliche Bauten, feste Fahrbahnen genannt werden. Auch „Betonwaren“ des Straßen-, Landschafts- und Gartenbaus, z. B. Pflastersteine, werden in diesem Buch nicht behandelt. Zu diesen Fachgebieten wird auf die entsprechende Spezialliteratur verwiesen.

Das Literaturverzeichnis wurde neu zusammengestellt und enthält im Wesentlichen Literaturstellen der letzten Jahre. Ältere Literaturstellen wurden nur dann beibehalten, wenn sie Lösungsansätze zu grundlegenden Problemstellungen aufzeigen, die auch heute noch gültig sind. Bezüglich älterer Literatur wird insbesondere auf die früheren Beiträge in den Beton-Kalendern 1988, 1995, 2009 und 2016 verwiesen [1–4]. 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 berühren.

Insbesondere wird auf die Broschüren der Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilbau e. V., z. B. [5, 6] sowie auf [7] hingewiesen. Das fib-Handbuch umfasst darüber hinaus auch internationale Entwicklungen auf dem Gebiet des Betonfertigteilbaus [8]. Im Beton- und Fertigteil-Jahrbuch [9], heute unter der Bezeichnung „Betonbauteile“ veröffentlicht, werden jährlich aktuelle Themen aus dem Bereich des konstruktiven Fertigteilbaus und der Fertigteilarchitektur veröffentlicht.

## Literatur

- [1] Steinle, A. und Hahn, V. (1988). Bauen mit Betonfertigteilen im Hochbau. In: *Beton-Kalender 1988, Teil 2* S. 343–513. Berlin: Ernst & Sohn.
- [2] Steinle, A. und Hahn, V. (1995). Bauen mit Betonfertigteilen im Hochbau. In: *Beton-Kalender 1995, Teil 2* S. 459–620. Berlin: Ernst & Sohn.
- [3] Bachmann, H., Steinle, A. und Hahn, V. (2009). Bauen mit Betonfertigteilen im Hochbau. In: *Beton-Kalender 2009, Teil 2* S. 151–335. Berlin: Ernst & Sohn.
- [4] Steinle, A., Bachmann, H. und Tillmann, M. (2016). Bauen mit Betonfertigteilen im Hochbau. In: *Beton-Kalender 2016, Teil 1* S. 237–472. Berlin: Ernst & Sohn.
- [5] Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilbau e. V., *Betonfertigteile im Geschoss- und Hallenbau* (zu beziehen über [www.fdb-fertigteilbau.de](http://www.fdb-fertigteilbau.de)).
- [6] Tillmann, M. (2019). *Knotenverbindungen für Betonfertigteile*. Bonn: Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilbau, (zu beziehen über [www.fdb-fertigteilbau.de](http://www.fdb-fertigteilbau.de)).
- [7] Bindseil, P. (2012). *Stahlbetonfertigteile nach Eurocode 2 – Konstruktion, Berechnung, Ausführung*. Köln: 4. Aufl., Werner Verlag.
- [8] fib (2014). *Planning and design handbook on precast building structures*.
- [9] *Jahrbuch Beton Bauteile* (jährlich). Gütersloh: Bauverlag GmbH.

# 1

## Einführung in den Betonfertigteilmbau

### 1.1 Vorteile der Werksfertigung

Das unternehmerische Ziel beim Einsatz eines Produktions- und Bauverfahrens, das sich am Markt durchsetzen soll, muss lauten:

„Ein Produkt und dessen Einsatz *günstiger* oder *schneller* oder *besser* zu gestalten als konkurrierende Verfahren“.

Das Optimum ist, wenn statt des „oder“ ein „und“ erreicht wird. Wie steht es damit beim Bauen mit Stahlbetonfertigteilen?

Die Betonfertigteilmbauweise bedient sich einer stationären Herstellung von Bauteilen, welche schließlich auf die Baustelle transportiert und dort eingebaut werden. Diese Vorgehensweise bei der Herstellung ergibt aus 3 wesentlichen Gründen einen wirtschaftlichen Vorteil:

- mehrfache Verwendung der gleichen Schalung für ein Bauteil,
- höhere Qualität der Ausführung, insbesondere der Betonoberfläche,
- Vorproduktion für eine schnellere Baustellenabwicklung.

Die Betonfertigteilmbauweise kann für ein Projekt interessant sein, wenn sich alle drei Vorteile nutzen lassen, im Einzelfall kann auch nur einer dieser Vorteile ausschlaggebend sein.

Ein Hauptzweck des Betonfertigteilmbaus ist die Reduzierung der Schalungskosten. Mehrere Teile können in derselben Schalung gefertigt werden. Dabei ist eine große Serie von Vorteil. Fertigungsgerechte Schalungsformen (z. B. starre Schalungen mit wenigen abklappbaren Teilen) erfordern zwar ein fertigungsgerechtes Konstruieren, führen aber dann zu hohen Schalungseinsätzen und niedrigen Herstellkosten.

Eine witterungsunabhängige Produktion schafft bessere Arbeitsbedingungen mit entsprechend höherer Arbeitsleistung als auf der Baustelle, auch und insbesondere im Hinblick auf die Qualität. Typen- oder Systemschalungen aus Stahl erreichen eine

hohe Lebensdauer und ermöglichen die Herstellung vieler Teile in kurzer Zeit mit einer hohen Maßgenauigkeit. Bei der Werksfertigung lassen sich architektonisch anspruchsvolle und farblich gestaltete Betonbauteile herstellen und zudem hohe Betonqualitäten gezielt erreichen. Ebenso lässt sich durch die stationäre Fertigung, vergleichbar mit anderen Industriebereichen, ein effizienteres Qualitätsmanagement realisieren.

Ein weiterer großer Vorteil des Fertigteilbaus ist die mögliche Bauzeitverkürzung. So können bereits Wand- und Deckenelemente produziert werden, während die Bauausführung gerade mit dem Erdaushub begonnen hat. Produktion und Montage sind weitgehend witterungsunabhängig, insbesondere in Regionen mit strengen Wintern ein wichtiges Argument. Die mit der Verkürzung der Bauzeit verbundenen Einsparungen an Finanzierungskosten und die Möglichkeit von frühzeitigeren Nutzungserträgen sind insbesondere im Industriebau zusätzliche maßgebende Gründe für den Fertigteilbau. Weitere Kosteneinsparungen durch eine sparsame Baustelleneinrichtung sollten ebenfalls nicht vernachlässigt werden.

Wenn das Gewicht der Betonfertigteile auf die vorhandenen Krankapazitäten abgestimmt und leistungsfähige Hochbaukrane für die Montage verwendet werden, spielt der tageweise Einsatz von Autokranen für einzelne große und schwere Teile aus wirtschaftlicher Sicht eine untergeordnete Rolle. Gerade die schnelle Montage von Betonfertigteilen spart Krankapazitäten auf einer Hochbaubaustelle ein. Beispielsweise benötigt die Montage einer zweigeschossigen Hochbaustütze nur ca. 10 Minuten mit einem Kranhub, während der Ortbetonbau hier mindestens 3 Hübe je Geschoss, also insgesamt 6 Kranhübe benötigt. Zudem sind auf einer reinen Montagebaustelle lediglich 4 bis 6 Mann pro Hebezeug, auf einer reinen Ortbetonbaustelle 15 bis 25 Mann pro Hebezeug erforderlich.

Falls der Einsatz von Betonfertigteilen „günstiger“ sein soll, müssen die Vorteile der Werksfertigung in das Bauverfahren integriert werden. Erst wenn das gesamte Bauverfahren günstiger ist, wird es auch in der Praxis eingesetzt. Neben den Herstellkosten müssen dabei die Kosten für Transport, Montage, Herstellung der Verbindungen vor Ort, Baustelleneinrichtung und die Baustellengemeinkosten mit betrachtet werden. Zudem sollten die Risiken für die Vermeidung von Nacharbeiten auf der Baustelle und die Einhaltung geringerer Toleranzen gegenüber der Ortbetonbauweise betriebswirtschaftlich bewertet werden.

Nur wenn das Fertigteilssystem auch als System eingesetzt wird, ist es kostengünstiger als andere Bauverfahren. Daraus kann man auch folgern, dass eine Mischung der Bauverfahren „Ortbeton“ und „Fertigteilbau“ die Gefahr der Unwirtschaftlichkeit in sich birgt, weil entscheidende Vorteile der Fertigteilbauweise dadurch zunichte gemacht werden. Aufgabe des Entwurfs von Betonfertigteilen ist es daher, die hier beschriebenen Vorteile der Fertigteilbauweise durch richtige Anwendung hervorzuheben und die nachfolgend beschriebenen Einschränkungen zu berücksichtigen.

Den Vorteilen stehen nämlich einige konstruktive und wirtschaftliche Nachteile entgegen, die sorgfältig in Betracht gezogen werden müssen. Verbindungen, Fugen und Anschlüsse müssen sorgfältig geplant und ausgeführt werden. Neben den Materialkosten der Verbindungselemente können auch architektonische Randbedingungen,

z. B. Platzbedarf für Konsolen, zu einem erhöhten finanziellen und planerischen Aufwand führen. Zudem können die Material- und Personalkosten im Fertigteilwerk oftmals nicht mit den Konditionen auf Großbaustellen verglichen werden.

In jedem Fall ist ein deutlicher Planungsvorlauf gegenüber einer Ortbetonbaustelle erforderlich. Ein Eingreifen in die Konstruktion ist auf der Baustelle nur noch sehr bedingt möglich. Daher müssen die Planungsentscheidungen des Bauherrn vorab feststehen. Der höhere Planungsaufwand kann jedoch durch sinnvolle CAD-, CAM- und BIM-Anwendungen in Verbindung mit einem typisierten Fertigteilssystem wiederum reduziert werden.

Ein beträchtlicher Kostenfaktor für eine Fertigteilkonstruktion ist der Transport, der den Aktionsradius und damit den möglichen Markt eines Fertigteilwerks eingrenzt. Die Transporte sind daher optimal zu planen. Ebenso stellt die Montage einen gewissen Kostenfaktor einer Fertigteilkonstruktion dar. Um den Aufwand auf der Baustelle hinsichtlich Montage der Fertigteile und Ausführung der Verbindungen zu reduzieren, sollten möglichst große Fertigteile geplant werden, die mit vertretbarem Aufwand transportiert werden können. Ein wichtiger Aspekt sind hierbei die Erfahrungen der beteiligten Unternehmen.

Abschließend sollte betont werden, dass aufgrund der Individualität und Komplexität jedes einzelnen Bauvorhabens sowie den unterschiedlichen Randbedingungen wie Bauzeit und Qualitätsanforderungen Aussagen über die Wirtschaftlichkeit einzelner Bauweisen nicht allgemeingültig getroffen werden können.

## 1.2 Geschichtliche Entwicklung

Die Anfänge der Eisenbetonbauweise, wie die Stahlbetonbauweise noch bis Mitte des 20. Jahrhunderts hieß, begannen in Deutschland im letzten Viertel des 19. Jahrhunderts. Eine Vorreiterrolle spielten *C. Freytag* und *G. A. Wayss*, die Mitte der 1880er-Jahre die ersten Lizenzrechte für die Eisenbetonbauweise in Deutschland erwarben. Tragende Eisenbetonfertigteile für Decken, Wände und Gewölbe wurden z. B. beim Bau des Reichstagsgebäudes von 1884–94 in Berlin eingesetzt. Der Franzose *F. Hennebique* entwickelte zur gleichen Zeit Skelettkonstruktionen und führte u. a. den Plattenbalken als typische Konstruktionsform der Betonbauweise ein. Um die Jahrhundertwende stellte *Eduard Züblin* vorgefertigte Bahnwärterhäuschen oder Bauleiterbüros her [1].

1904 brachte der Deutsche Beton-Verein zusammen mit dem Verband Deutscher Architekten und dem Ingenieur-Verein die „Vorläufigen Leitsätze für die Vorbereitung, Ausführung und Prüfung von Eisenbetonbauten“ und damit die ersten behördlichen Vorschriften zur Bemessung der Eisenbeton-Konstruktionen in Preußen heraus und trug damit erheblich zur breiteren Verwendung des Stahlbetons im Hochbau bei. Im Jahre 1916 veröffentlichte der damalige „Deutsche Ausschuss für Eisenbeton“ erstmalig „Bestimmungen für Ausführung von Bauwerken aus Beton und Eisenbeton“, die spätere DIN 1045. Seit 1925 umfassten diese Bestimmungen

vier Teile, wobei der erste Teil laut § 1 ausdrücklich „auch fabrikmäßig hergestellte Eisenbetonbauteile“, also Fertigteile, umfasste [2].

Da die Zulassungsverfahren der zuständigen Baupolizeibehörden der Länder berührt wurden, sollte dieses „noch wenig durchgearbeitete Sondergebiet“ jedoch der Einigung unmittelbar zwischen den Länderregierungen überlassen werden [3]. Im Jahr 1943 wurde die 4. Auflage der Bestimmungen veröffentlicht, die zum ersten Mal den Teil E: Fertigteile (DIN 4225) beinhaltete [4].

Die Entwicklung der Fertigteilbauweise setzte sich in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts aufgrund der noch nicht ausreichend entwickelten Hebetchnik eher schleppend fort. Erst nach dem Zweiten Weltkrieg aufgrund des Wiederaufbaus entwickelte sich der Betonfertigteilbau zu einer eigenständigen Form des industrialisierten Bauens [5]. Bis in die 1960er-Jahre war der außergewöhnlich große Wohnraumbedarf eine gewaltige Aufgabe für die Bauwirtschaft. In dieser Zeit haben Systeme aus Frankreich (z. B. Camus, Estiot) und Nordeuropa (z. B. Larsson und Nielsen) entscheidende Impulse für den Großtafelbau geliefert.

Bis Mitte der 1970er-Jahre führte der wachsende 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.

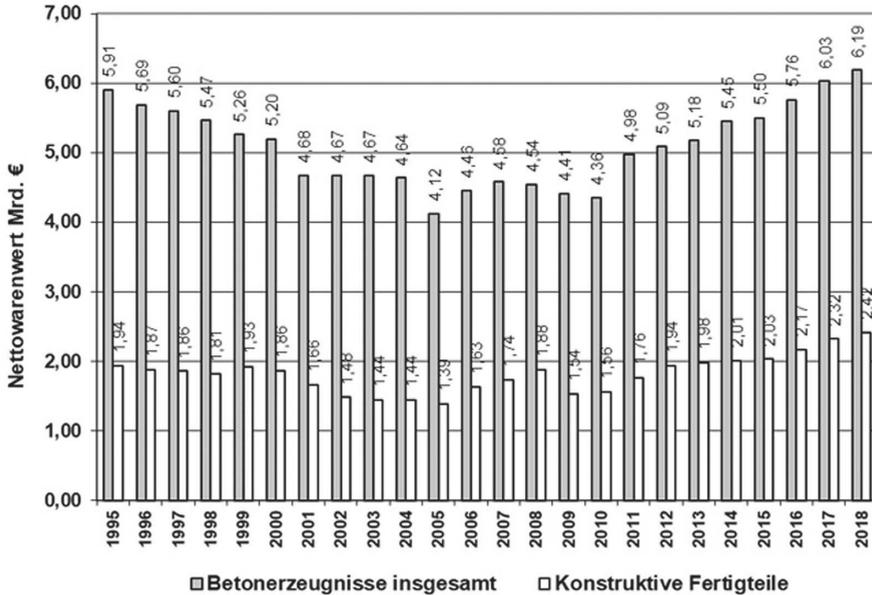
Neben dem Wohnungsbau wurden durch den verstärkten Ausbau des Schul- und Hochschulwesens erste Skelettsysteme als Tragwerke mit Stützen, Trägern und weit gespannten Deckenplatten entwickelt. Für den Industrie- und Sportstättenbau wurden Typenprogramme für Hallenbauten aus vorgefertigten Stützen und vorgepannten I-Bindern und Pfetten bzw. Shed-Dächern entwickelt.

Bis Mitte der 1980er-Jahre geriet die Bauwirtschaft und hier in erster Linie der Wohnungsbau in eine schwere Krise. Ein Ausgleich konnte durch die verstärkte Baunachfrage im Ausland erreicht werden, wo Projekte im Wohnungsbau, im Schul- und Universitätsbau und im Verwaltungsbau in neue Dimensionen der Industrialisierung von Fertigteilbauten vorgestoßen sind.

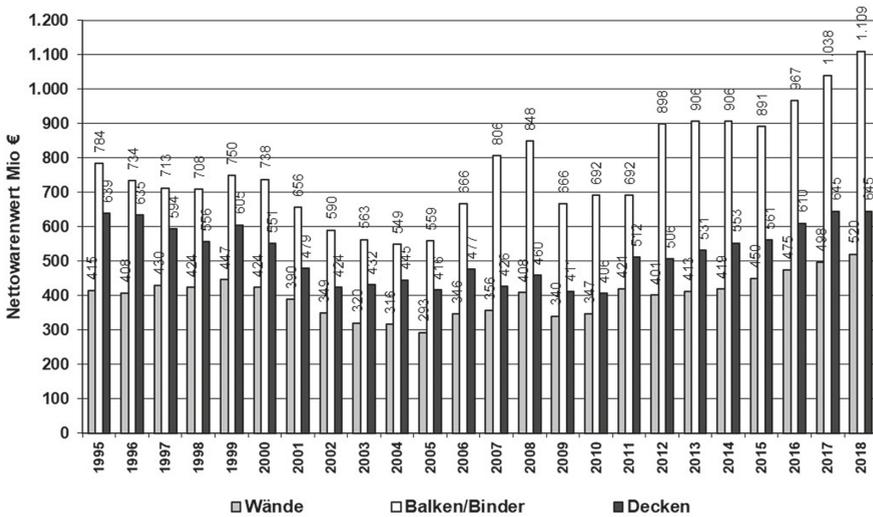
Seit Mitte der 1980er-Jahre brachte ein allgemeiner Konjunkturanstieg einen gewaltigen Aufschwung auch in der Bauindustrie. Allerdings zwangen die hohen Lohn- und Lohnnebenkosten die Fertigteilwerke dazu, sich auf automatisierte Fertigungsmethoden umzustellen [6, 7]. Die Öffnung der Grenzen zur ehemaligen DDR im Jahre 1990 brachte große Aufgaben für die Bauindustrie in den neuen Bundesländern. Die erhöhte Baunachfrage nach der Wende hielt aber nur kurz an. Mitte der 1990er-Jahre folgte eine fast zehnjährige Talfahrt der Baukonjunktur, die verbunden war mit drastischen Beschäftigungsrückgängen und Insolvenzen sogar von Großkonzernen. 2005 setzte aufgrund des konjunkturellen Aufschwungs in Deutschland auch im Bauwesen erfreulicherweise eine Trendwende ein.

Die Wirtschafts- und Finanzkrise in den 2010er-Jahren, die in europäischen Nachbarländern zu einem erheblichen Investitionsrückgang und einem drastischen Stellenabbau in allen Industriezweigen geführt hat, hat Deutschland nicht getroffen und es waren bis 2019 weiterhin teilweise zweistellige jährliche Zuwachsraten

im Bauwesen zu verzeichnen. Die Produktion von konstruktiven Betonfertigteilen zeigt eine ähnliche Entwicklung auf (Abb. 1.1). Positiv zu bewerten ist nicht nur die Entwicklung im Wirtschafts- und Wohnungsbau, sondern auch im Wohnungsbau, der zudem durch unterstützende politische Maßnahmen gefördert wurde.



a) Produktion Betonergebnisse Deutschland



b) Produktion konstruktive Fertigteile

Abb. 1.1 Betonergebnisse und Fertigteile in Deutschland; a) Betonergebnisse insgesamt gegenüber großformatigen Fertigteilen, b) großformatige Fertigteile für den Hochbau.

Die Auswirkungen der Corona-Pandemie auf die deutsche Bauwirtschaft waren vergleichsweise gering. Der größte Teil der Baustellen lief – abgesehen von einzelnen Stilllegungen – weitgehend unter Normalbetrieb. Lediglich temporär war ein Produktionsrückgang zu verzeichnen [8].

Der Krieg in der Ukraine führte zu deutlichen Lieferengpässen und Preissteigerungen bei Baumaterialien sowie Verzögerungen bei einzelnen Bauprojekten. Mittlerweile hat bei einigen Produkten wieder eine leichte Beruhigung eingesetzt. Die hohe Inflation und steigende Finanzierungskosten in Verbindung mit hohen Energiepreisen machen der Baubranche allerdings zu schaffen. Während Investoren im Wohnungs- und Wirtschaftsbau aufgrund der unsicheren Zukunft Bauprojekte verschieben oder sogar stornieren, wird für Selbstnutzer die Finanzierung der Immobilie immer schwieriger.

## 1.3 Normen und Regelwerke

### 1.3.1 Europäische Produktnormung

Der Grundstein für die Schaffung eines Europäischen Binnenmarktes wurde 1957 mit der Unterzeichnung der römischen Verträge durch den Europäischen Rat gelegt. Ein Meilenstein auf diesem Weg war das vor dem Hintergrund der Einheitlichen Europäischen Akte 1985 veröffentlichte Weißbuch der Europäischen Kommission. Dieses enthielt knapp 300 Maßnahmen, die sich in ebenso vielen Richtlinien manifestierten und die für die Verwirklichung eines europäischen Binnenmarktes als notwendig erachtet wurden.

Die Bauproduktenrichtlinie (kurz: BPR) [9] sollte dabei den freien Warenverkehr für Bauprodukte in der Europäischen Union gewährleisten. Dies soll umgesetzt werden durch eine gemeinsame Fachsprache aus europäischen Produktnormen und Zulassungen, die wiederum als gemeinsame Basis europäische Bemessungsnormen benötigen. In diesem Kontext stehen die Eurocodes für den Konstruktiven Ingenieurbau. Im Juli 2013 trat als Nachfolgerin der Bauproduktenrichtlinie die Bauproduktenverordnung (kurz: BauPVO) [10] in Kraft. Derzeit wird an einer Revision der Bauproduktenverordnung gearbeitet, die zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieses Buches noch nicht abgeschlossen ist.

Im Anhang I der BauPVO sind folgende Grundanforderungen an Bauwerke genannt:

1. Mechanische Festigkeit und Standsicherheit
2. Brandschutz
3. Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz
4. Sicherheit und Barrierefreiheit bei der Nutzung
5. Schallschutz
6. Energieeinsparung und Wärmeschutz
7. Nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressourcen.