

Merkblatt Nr. 3 zur Planung vorgefertigter Stahlbetonfassaden (11/2016)

1 Allgemeines

Die Fassade eines Gebäudes ist die Schnittstelle zwischen innen und außen. Neben den bauphysikalischen Anforderungen als Gebäudehülle und den statischen Aufgaben als Tragwerk stellt sie die Visitenkarte des Gebäudes dar. Hierfür sind hochwertige Fassaden aus Betonfertigteilen aufgrund der hohen Ausführungsqualität und der zahlreichen Gestaltungsmöglichkeiten besonders gut geeignet. Die Betonfassade kann gleichzeitig raumabschließende und statische Funktionen übernehmen. Dieses Merkblatt ist eine Entscheidungshilfe für die frühzeitige und fachgerechte Planung.

2 Tragwerk

Die Fassade nimmt Wind- und Vertikallasten auf und ist daher Teil des Tragwerks. Betonfassaden lassen sich prinzipiell in Fassaden mit direkter Lastabtragung oder mit Lastabtragung durch Stützen einteilen.

Bei Fassaden nach Bild 1a erfolgt die Abtragung der Lasten an den Gebäudeaußenseiten direkt durch die übereinanderstehenden Wandtafeln. Bei der dargestellten Lochfassade aus Sandwichelementen wird die Belastung durch die innen liegende Tragschicht aufgenommen, die an den horizontalen Elementfugen durch Mörtel kraftschlüssig verbunden wird.

Bei Skelettbauwerken nach Bild 1b übertragen die Randträger bzw. Wandtafeln die Einwirkungen über Konsolen auf Stützen, welche die Gesamtlast aufnehmen. Dargestellt ist dieses Prinzip bei einer Bandfassade mit der Tragschicht vor den Stützen. Alternativ kann die Tragschicht auch zwischen oder hinter den Stützen angeordnet werden. Hieraus ergeben sich zusätzliche Gestaltungsmöglichkeiten z. B. bei der Einteilung der Fensteröffnungen (www.fdb-architektur.de).

Hinweise zur Befestigung vorgefertigter Betonfassaden werden im FDB-Merkblatt Nr. 4 gegeben. Weitere Konstruktionsdetails sind in [1] und [2] enthalten.

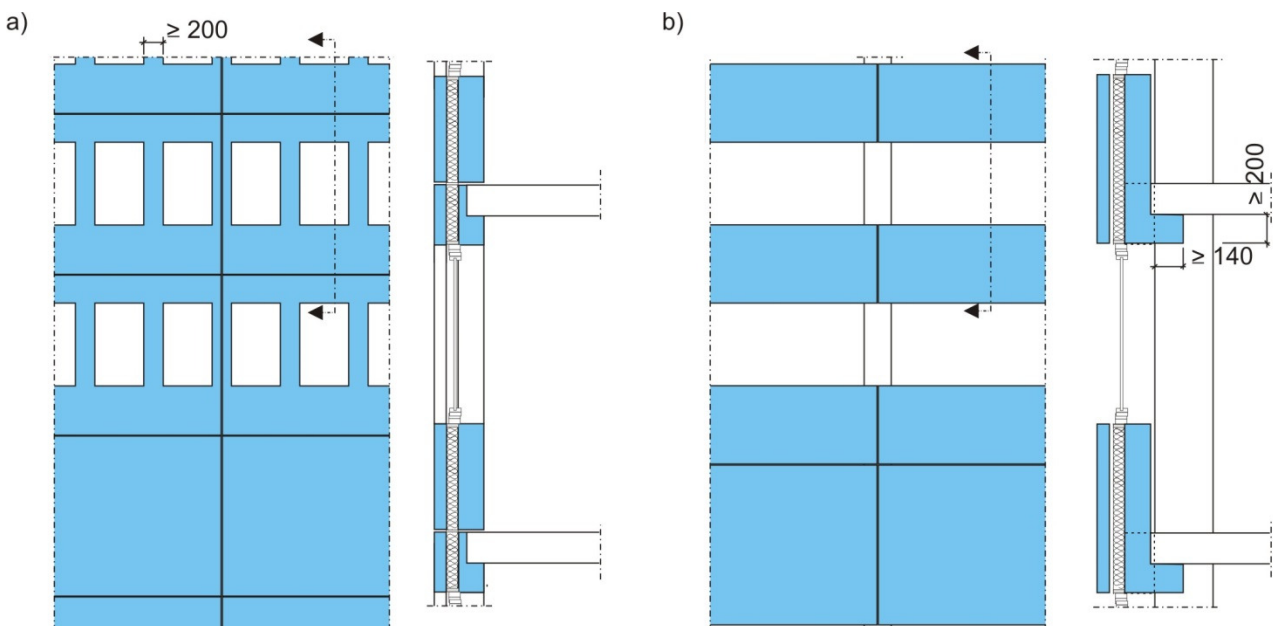


Bild 1: Schematische Ansichten und Fassadenschnitte bei zwei Tragwerksarten a) Fassade mit direkter Lastabtragung (hier: Lochfassade), b) Fassade mit Lastabtragung durch Stützen (hier: Bandfassade)

3 Ausbildung

Besonders wirtschaftlich sind Sandwichelemente nach Bild 2a und 2b mit einer werkseitig eingebauten Wärmedämmung. In der Regel bestehen die Sandwichelemente aus drei Schichten: Stahlbetontragschicht (140 bis 250 mm), Wärmedämmschicht (60 bis 240 mm) und bewehrte Betonvorsatzschicht. Gebäudetechnische Anlagen wie z. B. verdeckte Sonnenschutzeinrichtungen können integriert werden.

Bei vorgehängten Fassaden nach Bild 2c und 2d werden die einschichtigen, bewehrten Fassadentafeln nachträglich an der Tragschicht (Betonfertigteile oder Ortbeton) befestigt. Bei der Montage auf der Baustelle muss zuvor die Wärmedämmschicht an der Tragschicht angebracht werden. Dem höheren Aufwand steht die größere Gestaltungsfreiheit durch die von der Tragschicht unabhängige Fugeneinteilung gegenüber. Zum Ausgleich von Toleranzen ist zwischen der vorgehängten Fassade und der Wärmedämmung ein planarischer Abstand von mindestens 20 mm erforderlich. Planmäßige Luftschichten bei hinterlüfteten Fassaden sind deshalb entsprechend dicker vorzusehen.

Die Fugen können nach DIN 18540 [3] oder, bei durch Schlagregen beanspruchten Horizontalfugen, nach DIN 18542 [4] ausgeführt werden (Bild 2b). Bei planmäßig hinterlüfteten Fassaden können sie auch offen bleiben (Bild 2d).

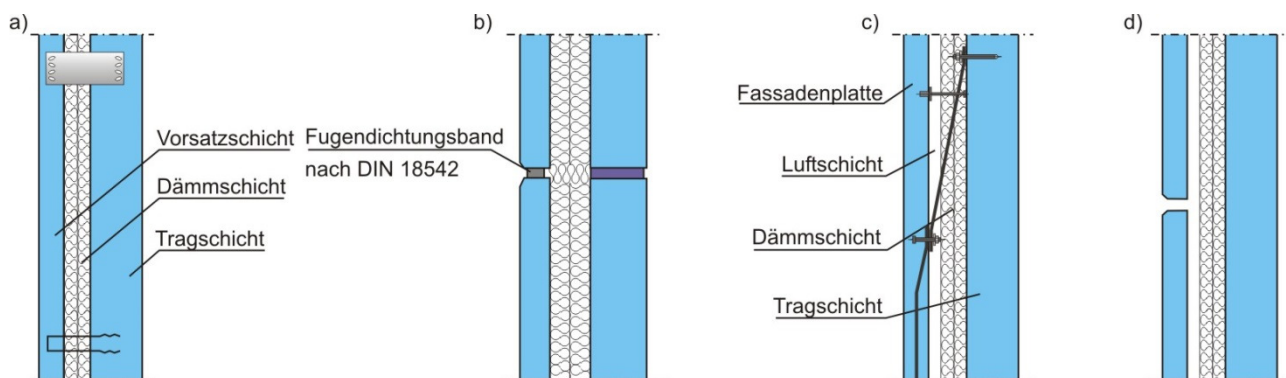


Bild 2: Prinzipielle Fassadenausbildungen und typische Fugendetails, a) und b) Sandwichelemente, c) und d) vorgehängte Fassadenplatten

4 Gestaltung

Die werkmäßige Herstellung von Betonbauteilen im Fertigteilwerk bietet gute Voraussetzungen für hochwertige Sichtbetonfassaden (FDB-Merkblatt Nr. 1 über Sichtbetonflächen und FDB-Merkblatt Nr. 8 über Architekturbeton). Gestaltungsmöglichkeiten sind, einzeln oder in Kombination,

- mit Schalhaut gestaltete Betonflächen (glatt oder strukturiert);
- bearbeitete Betonflächen nach DIN V 18500 [5] (z. B. Auswaschen, Feinwaschen, Absäuern, Strahlen, Flammstrahlen, Schleifen, Feinschleifen, steinmetzartige Bearbeitung);
- farbig gestaltete Betonflächen (z. B. durch Zemente, Gesteinskörnungen, Pigmente, Lasuren, Anstriche).

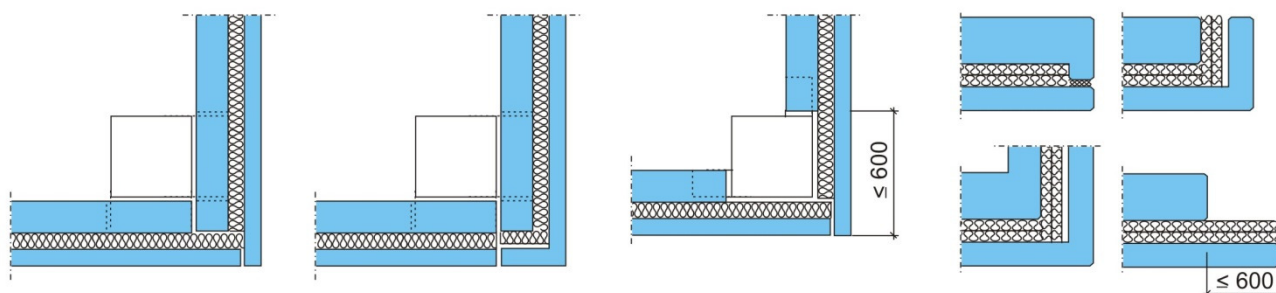


Bild 3: Ecklösungen mit der Tragschicht zwischen und vor den Stützen und übliche Randausbildungen

Darüber hinaus ist die Fugeneinteilung wesentlich für die Gesamtwirkung der Fassade verantwortlich. Neben den Elementfugen können auch - bei verstärkter Schichtdicke - Scheinfugen ausgebildet werden. Um Zwängungen und Risse bei Sandwichelementen zu vermeiden, sollte der Fugenabstand in der Vorsatzschicht in der Regel nicht größer als 6 bis 7 m sein. Wenn die Fugen in der Vorsatzschicht von den Elementfugen abweichen, sollte die seitliche Auskragung der Vorsatzschicht 600 mm nicht überschreiten, um Transportschäden zu vermeiden. Bild 3 zeigt typische Ecklösungen bei Sandwichelementen und übliche Randausbildungen.

5 Planungs- und Konstruktionshinweise

Eine sorgfältige Planung muss die statischen, bauphysikalischen, haustechnischen und architektonischen Gesichtspunkte sowie die Einflüsse der Fremdgewerke berücksichtigen und ist Bestandteil der Terminplanung. Für die Fassadenplanung gelten folgende Randbedingungen (zur Bauphysik siehe Abschnitt 6, statische Erfordernisse sind zusätzlich zu beachten):

- Die Transportabmessungen der Elemente sollten nicht größer sein als Länge / Höhe = 9,5 / 3,8 m.
- Bei vorgehängten Fassadentafeln sollte die Länge 6 bis 7 m nicht überschreiten.
- Die Mindestdicke für glatte Vorsatzschichten von Sandwichelementen beträgt 70 mm (DIN EN 1992-1-1 /NA [6]), empfohlen wird eine Mindestdicke von 80 mm. Als Expositionsklassen zur Ermittlung der erforderlichen Betondeckung sind auf der Außenseite XC4 und auf der Innenseite XC3 anzusetzen [6]. Bei Vorsatzschichten mit ungünstigen Umweltbedingungen (z. B. Sockelelemente mit Tausalzeineinwirkung) können u. U. größere Plattendicken erforderlich sein.
- Die Dicke der Tragschicht von Sandwichelementen sollte mindestens der 1,5-fachen Dicke der Vorsatzschicht entsprechen. Die Mindestdicke sollte 140 mm betragen. Als Expositionsklassen zur Ermittlung der erforderlichen Betondeckung sind auf der Dämmungsseite XC3 und auf der Innenseite XC1 anzusetzen.
- Bei einlagig bewehrten vorgehängten Fassadentafeln beträgt die Mindestdicke 80 mm, bei zweilagiger Bewehrung wird eine Mindestdicke von 120 mm empfohlen. Die Dicke vorgehängter Fassadentafeln hängt insbesondere von den Abmessungen, der Oberflächenstruktur, der Expositionsklasse und der konstruktiven Ausführung ab.
- Bei vorgehängten Fassadentafeln sollte eine Höhe von 350 mm nicht unterschritten werden.
- Bei Lochfassaden (Bild 1a) sollte die Pfostenbreite mindestens 200 mm betragen.
- Bei Konsolbändern (Bild 1b) sollten die Abmessungen nicht kleiner sein als Breite / Höhe = 140 / 200 mm.
- Die Fugenbreite richtet sich nach DIN 18540 [3] und sollte in der Regel 20 mm nicht unterschreiten.
- Die Ausbildung der Kanten mit einer Fase wird empfohlen. Eine „scharfkantige“ Ausbildung ist möglich, erfordert jedoch einen erhöhten Aufwand (FDB-Merkblatt Nr. 8 über Architekturbeton).
- Die Befestigung von Fenstern und Türen sollte ausschließlich an der Unterkonstruktion bzw. Tragschicht erfolgen.

Bei Abweichungen von den vorgenannten Randbedingungen und Abmessungen wird empfohlen, bereits in der Planungsphase mit einem Betonfertigteilwerk Kontakt aufzunehmen.

In jedem Fall ist es sinnvoll, sich vor Erstellung der Ausschreibung mit einem Betonfertigteilwerk in Verbindung zu setzen.

Eine sehr umfangreiche Sammlung von Regeldetails (optimierter Wärmebrückenanschlüsse) für Stahlbeton-Sandwichfassaden und für großformatige vorgehängte Fertigteilfassaden beinhaltet der „Planungsatlas für den Hochbau“ [2], der unter www.planungsatlas-hochbau.de frei zugänglich ist.

6 Bauphysik

6.1 Brandschutz

Hinweise zum Brandschutz, z. B. zur Ausbildung von Brandwänden, werden in DIN 4102-4 [7] und im FDB-Merkblatt Nr. 7 gegeben.

Die erforderlichen Brandschutzvorkehrungen sind immer projektabhängig. Grundsätzlich sollte bei entsprechenden Anforderungen (z. B. Ausbildung als Brandwand) eine Abstimmung mit dem Ersteller des Brandschutzkonzeptes erfolgen. Zur brandschutztechnischen Bewertung von Sandwichelementen als Brandwände siehe [8].

6.2 Wärmeschutz / Energieeffizienz

Eine optimierte Planung der Detailsausbildung und somit eine Minimierung der Wärmeverluste aus Wärmebrücken mit Hilfe einer genauen Berechnung wird empfohlen. Eine sehr umfangreiche Sammlung optimierter Wärmebrückenanschlüsse für Stahlbeton-Sandwichfassaden und großformatige vorgehängte Fertigteilfassaden beinhaltet der „Planungsatlas für den Hochbau“ [2], der unter www.planungsatlas-hochbau.de frei zugänglich ist.

6.2.1 Sandwichfassaden

Ein Berechnungsprogramm für genaue U -Werte von Stahlbeton-Sandwichelementen unter Berücksichtigung der Anker und Fugen [9] kann unter www.fdb-fertigteilbau/planungshilfen heruntergeladen werden.

In frühen Planungsphasen kann die Dicke der erforderlichen Wärmedämmung bei vorgegebenem U -Wert mit Hilfe der folgenden Vordimensionierungstabelle bestimmt werden. Dabei ist

$$U'_{SW,approx} = f_{Vordim} \cdot U_0 \quad \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$$

- Mit $U'_{SW,approx}$ für die gesamte aus Sandwichelementen bestehende (dämmende) Hüllfläche geforderter Wärmedurchgangskoeffizient in $W/(m^2 \cdot K)$
- U_0 "ungestörter" Wärmedurchgangskoeffizient der Sandwichelemente der Gesamtfassade gemäß DIN EN ISO 6946 ohne Berücksichtigung der Anker- und Fugenverluste in $W/(m^2 \cdot K)$
- f_{Vordim} dimensionsloser Faktor, der pauschal die zusätzlichen Wärmeverluste aus Anker- und Fugensystemen berücksichtigt, nach Tabelle 1

Tabelle 1: Ausführung mit „gedämmten Fugen“

| Dicke der Kerndämmung in [mm] | Wärmeleitfähigkeit der Kerndämmung in [W/mK] | $f_{Vordim} [-]$ *) | |
|-------------------------------|--|---|--------------------------------|
| | | Bei ausschließlicher Nutzung von stiftförmigen Edelstahl-Ankern | Bei sonstigen Edelstahl-Ankern |
| 40 | 0,040 | 1,02 | 1,04 |
| | 0,035 | 1,03 | 1,05 |
| | 0,030 | | 1,06 |
| | 0,024 | 1,05 | 1,09 |
| 60 | 0,040 | 1,03 | 1,05 |
| | 0,035 | 1,04 | 1,06 |
| | 0,030 | | 1,07 |
| | 0,024 | 1,05 | 1,09 |
| 80 | 0,040 | 1,03 | 1,05 |
| | 0,035 | | 1,06 |
| | 0,030 | 1,04 | 1,07 |
| | 0,024 | 1,05 | 1,10 |

| Dicke der Kerndämmung in [mm] | Wärmeleitfähigkeit der Kerndämmung in [W/mK] | $f_{Vordim} [-]$ *) | |
|-------------------------------|--|---|--------------------------------|
| | | Bei ausschließlicher Nutzung von stiftförmigen Edelstahl-Ankern | Bei sonstigen Edelstahl-Ankern |
| 100 | 0,040 | 1,03 | 1,05 |
| | 0,035 | | 1,06 |
| | 0,030 | 1,04 | 1,08 |
| | 0,024 | 1,05 | 1,10 |
| 120 | 0,040 | 1,03 | 1,06 |
| | 0,035 | 1,04 | 1,07 |
| | 0,030 | | 1,08 |
| | 0,024 | 1,06 | 1,11 |
| 140 | 0,040 | 1,03 | 1,06 |
| | 0,035 | 1,04 | 1,07 |
| | 0,030 | | 1,08 |
| | 0,024 | 1,05 | 1,11 |
| 160 | 0,040 | 1,03 | 1,06 |
| | 0,035 | | 1,07 |
| | 0,030 | 1,05 | 1,09 |
| | 0,024 | 1,06 | 1,12 |
| 180 | 0,040 | 1,03 | 1,06 |
| | 0,035 | 1,04 | 1,08 |
| | 0,030 | | 1,09 |
| | 0,024 | 1,06 | 1,12 |
| 200 | 0,040 | 1,04 | 1,07 |
| | 0,035 | | 1,08 |
| | 0,030 | 1,05 | 1,10 |
| | 0,024 | 1,07 | 1,13 |
| 220 | 0,040 | 1,03 | 1,07 |
| | 0,035 | 1,04 | 1,08 |
| | 0,030 | 1,05 | 1,10 |
| | 0,024 | 1,06 | 1,13 |
| 240 | 0,040 | 1,04 | 1,08 |
| | 0,035 | 1,05 | 1,09 |
| | 0,030 | 1,06 | 1,11 |
| | 0,024 | 1,07 | 1,14 |

*) Für die Ermittlung der Werte wurde eine 70 mm dicke Vorsatzschicht, eine 140 mm dicke Tragschicht und ein gedämmtes, 30 mm dickes Fugensystem mit einer Dämmung WLG 040 angesetzt. Für abweichende Ausführungen liegen die Werte teils deutlich auf der sicheren Seite.

Beispiel:

Für ein Gebäude mit 510 m² Fassadenfläche und einer 160 mm dicken Kerndämmung WLG 040 ergibt sich ein Wert von $f_{Vordim} = 1,06$ im Zuge der Vorbemessung. Eine spätere detaillierte Berechnung ergibt einen Wert von 1,03, was somit eine Verringerung um weitere 3 % ausmacht.

Zwischenwerte dürfen interpoliert werden.

Konstruktionsgrundsätze zur energetischen Optimierung von Sandwichfassaden sind:

- Fugen dämmen;
- Fugen dauerhaft abdichten;
- Anzahl der Anker und Fugen möglichst minimieren;
- stiftförmige Anker führen zu niedrigen Wärmeverlusten durch das Ankersystem.

6.2.2 Großformatige vorgehängte Fertigteilfassade

Ein Berechnungsprogramm zur Vordimensionierung für Delta-U-Werte von großformatigen Vorhangfassaden unter Berücksichtigung der Befestigungsmittel kann unter www.fdb-fertigteilbau/planungshilfen heruntergeladen werden.

Der Planungshilfe liegt eine umfangreiche Parameterstudie für Zuschläge zum U-Wert infolge der Befestigungselemente bei großformatigen vorgehängten Fassadenplatten aus Stahlbeton zugrunde. Variiert wurden hierbei die folgenden Parameter:

- Dämmstärke (80 bis 260 mm),
- Dämmstoff (035 und 040),
- mittlere Plattenfläche 1 bis 20 m² und die
- Dicke der Fassadenplatte (80 bis 160 mm).

Konstruktionsgrundsätze zur energetischen Optimierung von großformatigen Vorhangfassaden sind:

- Ist die durchschnittliche Größe der Einzelplatte kleiner als 4 bis 6 m², sollten einzelne Platten zu einer größeren Fassadenplatte zusammengefasst werden, um die Anzahl der Anker in der Gesamtfassade zu reduzieren.
- Optisch kann die Darstellung kleinerer Platten durch die Ausbildung von Scheinfugen erreicht werden.

6.3 Feuchteschutz

Außenwände aus Stahlbeton-Sandwichelementen müssen auch im gedämmten Fugenbereich tauwasserfrei bleiben.

Bei ungünstigen Feuchte- und Temperaturverhältnissen kann dies beispielsweise durch das Schließen der innenliegenden Fugen mit Zementmörtel oder geeigneten Fugendichtstoffen erfolgen (Bild 4a und 4b) [10].

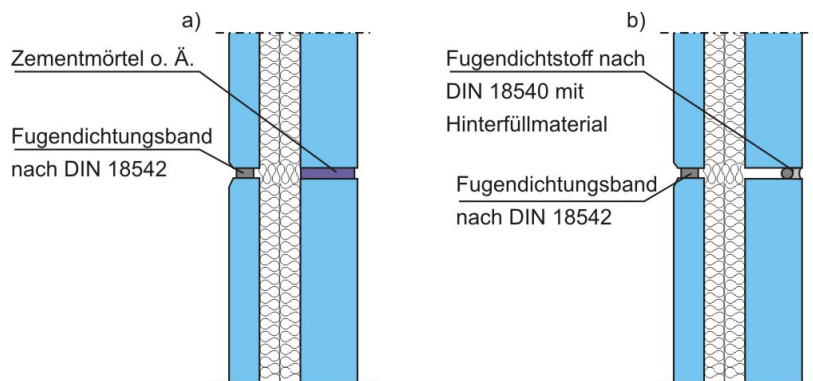


Bild 4: Prinzipielle Fugenausbildungen, a) innen Zementmörtel, außen Fugendichtungsband b) innen Fugendichtstoff, außen Fugendichtungsband

Folien zwischen Wärmedämmung und Tragschicht müssen nicht eingelegt werden, wenn

- wasserabweisende Dämmstoffe verwendet oder die Fugen der Tragschicht dampfdicht geschlossen werden (bei Verwendung von Mineralwolle oder ähnlichen Dämmstoffen)
- die Wärmedämmung zweilagig mit versetzten Stößen verlegt wird (bei Verwendung von Dämmstoffen auf EPS-, XPS- und PUR-Basis).

Das Einlegen einer Folie zwischen Wärmedämmung und Vorsatzschicht ist zu vermeiden.

Die Anforderungen an die Schlagregendichtheit nach DIN 4108-3 sind zu beachten. Vorkomprimierte Fugendichtungsbander aus Schaumkunststoff der Beanspruchungsgruppe BG1 sind für ungeschützte Außenanwendungen bis zu einem Differenzdruck von mindestens 600 Pa schlagregensicher [11].

6.4 Luftdichtheit

Anforderungen an die Luftdichtheit sind in der jeweils aktuellen Energieeinsparverordnung (EnEV) geregelt, d. h. es werden Anforderungen an die Luftdichtheit von beheizten oder klimatisierten Gebäude gestellt. Für die Luftdichtheit gilt DIN 4108-7 [12].

Außenwandelemente aus Stahlbeton gelten als luftdicht.

Für Fugen gelten DIN 18540 [3] und DIN 18542 [4]. Fugen und Anschlüsse an Öffnungselementen oder Durchdringungen können bei Bedarf durch Dichtungsmaterialien wie z. B. Dichtstoffe, Spezialprofile oder vorkomprimierte Dichtbänder mit ausreichender Komprimierung abgedichtet werden.

7 Hinweise zur Nachhaltigkeit

Vorgefertigte Betonfassaden haben einen positiven Einfluss auf die Nachhaltigkeit eines Gebäudes, denn sie

- haben eine lange Lebensdauer und hohe Dauerhaftigkeit,
- können rückgebaut und wiederverwendet werden, insbesondere bei nachträglichen Gebäudeerweiterungen,
- sind wartungsfreundlich und sehr wartungsarm,
- leisten einen großen Beitrag zur Energieeffizienz und zur Gestaltungsvielfalt, weil sie praktisch wärmebrückenfrei und optisch hochwertig konstruiert werden können (insbesondere durch Stahlbeton-Sandwichfassaden können Gebäude thermisch optimiert werden) und
- bewirken durch die thermische Speicherfähigkeit des Betons beim sommerlichen Wärmeschutz ein positives Raumklima.

Weitere Planungshinweise zum nachhaltigen Bauen mit Betonfertigteilen sind in FDB-Merkblatt Nr. 10 zum Nachhaltigen Bauen mit Betonfertigteilen zusammengestellt.

8 Literatur

- [1] Knotenverbindungen für Betonfertigteile – Hinweise für Bemessung und Konstruktion, Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilebau e.V., 2011, zu beziehen über www.fdb-fertigteilebau.de
- [2] Planungsatlas für den Hochbau unter www.planungsatlas-hochbau.de
- [3] DIN 18540 Abdichten von Außenwandfugen im Hochbau mit Fugendichtstoffen
- [4] DIN 18542 Abdichten von Außenwandfugen mit imprägnierten Dichtungsbändern aus Schaumkunststoff - Imprägnierte Dichtungsbänder - Anforderungen und Prüfung
- [5] DIN V 18500 Betonwerkstein - Begriffe, Anforderungen, Prüfung, Überwachung
- [6] DIN EN 1992-1-1 Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau mit Nationalem Anhang DIN EN 1992-1-1/NA
- [7] DIN 4102-4 Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen - Teil 4: Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter Baustoffe, Bauteile und Sonderbauteile
- [8] Gutachtliche Stellungnahme der MPA Braunschweig zur brandschutztechnischen Bewertung von Betonsandwichtafeln als Brandwände im Sinne von DIN 4102-3:1977-09, April 2000
- [9] Willems, W., Hellinger, G.: Exakte U-Werte von Stahlbeton-Sandwichelementen, Bauphysik 5/2010
- [10] Hygrothermische Bewertung der Elementfugen in Sandwichwänden – Gutachten der ENOTherm GmbH 2011, Projektleiter Dr.-Ing. Kai Schild
- [11] IVD-Merkblatt Nr. 26 Abdichten von Fenster- und Fassadenfugen mit vorkomprimierten und imprägnierten Fugendichtbändern (Kompribänder)
- [12] DIN 4108-7: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 7: Luftdichtheit von Gebäuden – Anforderungen, Planungs- und Ausführungsempfehlungen sowie -beispiele

FDB-Merkblatt Nr. 1 über Sichtbetonflächen von Fertigteilen aus Beton und Stahlbeton

FDB-Merkblatt Nr. 4 über die Befestigung vorgefertigter Betonfassaden

FDB-Merkblatt Nr. 7 über Brandschutzanforderungen von Betonfertigteilen

FDB-Merkblatt Nr. 8 über Betonfertigteile aus Architekturbeton

FDB-Merkblatt Nr.10 zum Nachhaltigen Bauen mit Betonfertigteilen

auf www.fdb-fertigteilebau.de / FDB-Angebote / Literatur Downloadcenter / Merkblätter...

© FDB 2016 Diese Fassung ersetzt die Ausgabe 10/2013. Erstausgabe vom März 2006.

Herausgeber:

Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilebau e.V. – Schloßallee 10 – 53179 Bonn

Internet: www.fdb-fertigteilebau.de – E-Mail: info@fdb-fertigteilebau.de, Tel. 0228 9545656

Die Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilebau e. V. ist der technische Fachverband für den konstruktiven Betonfertigteilebau. Die FDB vertritt die Interessen ihrer Mitglieder national und international und leistet übergeordnete Facharbeit in allen wesentlichen Bereichen der Technik.