

Arbeitshilfe Fassade

Bayerische
Ingenieurekammer-Bau

Körperschaft des öffentlichen Rechts

Zukunft gemeinsam gestalten.

Arbeitshilfe Fassade

Erarbeitet vom Arbeitskreis Gebäudehülle
der Bayerischen Ingenieurekammer-Bau

Dr.-Ing. Barbara Siebert (Vorsitzende)
Dipl.-Ing. Univ. Christiane Roth (Stv. Vorsitzende)
Dipl.-Ing. (FH) Lena Kehl
Dr.-Ing. Markus Rapolder
Elisabeth Suttner M. Sc.
Dr.-Ing. Ulrich Scholz (Vorstandsbeauftragter)

Inhalt

1 Einleitung 5

2 Grundlagen zum Baurecht 6

3 Konstruktion Fassade 8
3.1 Lochfassaden und Fenster 8
3.2 Wärmedämmverbundsysteme 8
3.3 Hinterlüftete Außenwandbekleidungen 9
3.4 Vorhangfassaden 10
3.5 Pfosten-Riegel-Fassaden 11
3.6 Doppelfassaden 12
3.7 Elementfassaden 13
3.8 Begrünte Fassaden 14
3.9 Photovoltaik 15
3.9.1 Modulintegrierte Lösung (Überkopfverglasung) 17
3.9.2 »Anbauteile« 17

4 Materialien für Fassaden 18

5 Planungsabläufe 20

6 Honorierung 21

7 Besonderheiten bei Fassadenstatik 22
7.1 Produktnorm versus Bemessungsnorm 22
7.2 Detailnachweise 22
7.3 Glasbemessung 22
7.3.1 Mehrscheibenisolierverglasung 23
7.3.2 Membranspannungstheorie 23
7.3.3 Verbund 23
7.3.4 Resttragsicherheit 23
7.3.5 Mechanisch punktuell gelagerte Scheiben 24
7.3.6 Geklebte Konstruktionen 24
7.4 Verbundprofile 26
7.5 Gebrauchstauglichkeit 27
7.6 Verbindungsmittel 27
7.7 Anbauteile 27
7.8 Konsolen 27

8 Prüfung der Standsicherheit 28

9 Wärmeschutz 29

10 Brandschutz 30
10.1 Brandszenarien an der Außenwandbekleidung 30
10.2 Bauordnungsrechtliche Begriffsbestimmungen 31
10.3 Bauordnungsrechtliche Anforderungen an Bekleidungen von Außenwänden entsprechend BayBO 32
10.4 Weitergehende Anforderungen an hinterlüftete Außenwandbekleidungen entsprechend Anhang 6 BayTB 33
10.5 Ausführung von Außenwandbekleidungen aus brennbaren Baustoffen nach HolzBauRL 34
10.6 Begrünte Fassadensysteme 36
10.7 Solaranlagen als Fassadenbekleidung 36

11 Vogelschutz 37

12 Nachhaltigkeit bei Fassaden 38

13 Wiederkehrende Bauwerksüberprüfung 40

Glossar/Abkürzungen 42

Literatur 43



Abb. 1
HVB-Tower München

1 Einleitung

Die Fassade hat in der Vergangenheit stark an Bedeutung gewonnen. Hatte sie früher hauptsächlich die Funktion des Witterungsschutzes und der natürlichen Belichtung, meist in Form einer Lochfassade mit kleinformatigen Fenstern, sind mittlerweile viele Funktionen dazugekommen.

Häufig wünscht sich der Bauherr eine »schöne«, einzigartige und repräsentative Fassade, so dass Fassaden in der Regel Unikate sind und die Architektur im Vordergrund steht. Fassaden schützen vor Schall, vor Brand und Feuer, Fassaden schützen vor zu hohem Wärmedurchgang, Fassaden tragen Lasten wie Wind oder Holmlasten an die Primartragkonstruktion ab.

Aus heutiger Sicht sind weitere wichtige Aspekte zu nennen: Die Fassade kann einen wichtigen Beitrag zu nachhaltigem Bauen mit energiesparenden und ressourcenschonenden Qualitäten liefern. Zunächst ein Widerspruch, da beispielsweise Glas und Aluminium sehr energieintensiv produziert werden. Aber hier gibt es bereits viele Bestrebungen den CO_2-Fußabdruck zu reduzieren, beispielsweise durch 100 % recyceltes Aluminium.

Die Fassade bietet viele Chancen aber auch Herausforderungen zum nachhaltigen, klimagerechten Bauen: In den großen, oft ungenutzten Fassadenflächen kann mittels Photovoltaik Energie erzeugt werden, mittels Fassadenbegrünung das Klima in den Städten verbessert werden, durch Verschattungen der Energiebedarf für Klimatisierung reduziert werden oder mittels neuartiger, oft baurechtlich ungeregelter Materialien ressourcenschonend gebaut werden.

Diese Vielfalt an Aufgaben ist besonders herausfordernd für alle mit dem Planen und Umsetzen von Fassaden beteiligten Personen. Angefangen von der Bauherrenschaft in Zusammenarbeit mit Architektinnen und Architekten, den Spezialisten aus der Fassadenplanung in Zusammenarbeit mit Tragwerksplanern bis hin zu den ausführenden Firmen. Tragwerksplanung, Konstruktion und Bauphysik müssen hier Hand in Hand Lösungen entwickeln und anwenden.

—

Diese Broschüre soll einen kurzen Einblick in ausgewählte Ingenieurthemen der »Fassade« geben.

2 Grundlagen zum Baurecht

Die (Muster-)Bauordnung (MBO) gilt für bauliche Anlagen und Bauprodukte und verweist auf weitere Dokumente wie die (Muster-)Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB) oder die Bauproduktenverordnung (BauPVO). Erstere sind in Bayern umgesetzt mit der bayerischen Bauordnung (BayBO) und den bayerischen technischen Baubestimmungen (BayTB).

Zentral ist die Anforderung nach sicherem Bauen, als Hilfestellung dafür wird verwiesen auf konkretisierende Technische Baubestimmungen (BayTB), die zu beachten sind.

Die Vielfalt der verwendeten Materialien und die große Zahl unterschiedlichster Aufgaben bedingen, dass es für Fassaden nicht eine Vorschrift oder einen Eurocode, sondern eine Vielzahl unterschiedlichster Regelungen gibt, die hier gemeinsam anzuwenden sind.

Traditionell ist die Normung im Bereich der Tragwerksplanung auf größere Konstruktionen oder Konstruktionselemente bei Primärtragkonstruktionen wie Brücken oder Hallenkonstruktionen ausgerichtet. Beispielsweise werden die häufig im Fassadenbau üblichen Schrauben und Verbindungsarten in diesen »klassischen« Konstruktionen nie verwendet: kleine Durchmesser, selbstbohrende oder gewindefurchende Schrauben, Schweißbolzen oder Schraubkanäle.

Daher ist man in Fassadenbau sehr oft mit ungeregelten Bauprodukten und Bauarten und damit mit Begrifflichkeiten wie aBG, vBG, ZiE oder abP konfrontiert. Hierzu nachfolgend einige Erläuterungen:

Bauwerke werden aus Bauprodukten (Baustoffe, Produkte, Bausätze, Bauteile) erstellt. Das Zusammenfügen wird als Bauart bezeichnet.

Die Unterscheidung Bausatz (als Bauprodukt) und Bauart ist insbesondere wichtig wegen eventuell anzuwendender Regelungen, der Nachweisführung und der Kennzeichnung bzw. Leistungserklärung. Bausatz bezeichnet nicht die Tätigkeit des Zusammenfügens, sondern ein Bauprodukt, das ein Hersteller als Satz mindestens zweier getrennter Komponenten in Verkehr bringt, die dann zusammengefügt werden müssen, um in ein Bauwerk eingefügt zu werden.

Die Europäische Bauproduktenverordnung (EU-BauPVO) legt Bedingungen für den Handel (Inverkehrbringen und Bereitstellung auf dem Markt) von Bauprodukten fest; dazu schafft sie harmonisierte Regeln für die Angabe der Leistung sog. wesentlicher Merkmale von Bauprodukten sowie für die CE-Kennzeichnung. Die »wesentlichen Merkmale« sind diejenigen Merkmale, die sich auf die Grundanforderungen an Bauwerke beziehen, werden in harmonisierten technischen Spezifikationen festgelegt und werden in der sogenannten Leistungserklärung erklärt. Da nicht für alle »wesentlichen Merkmale« auch Leistungen erklärt werden müssen, ist eine Kennzeichnung mit CE noch keine Gewähr für eine Verwendbarkeit im Sinne des Bauordnungsrechts bzw. für den jeweiligen Anwendungsfall.

Die neue MBO setzt auf eine klare Abgrenzung der Anforderungen für Bauprodukte (einschließlich Bausätzen) und Bauarten. Hinsichtlich Bauprodukten wird konsequent zwischen (europäisch) harmonisierten (d. h. CE-gekennzeichneten) und nicht harmonisierten (nationalen) Bauprodukten unterschieden.

2 Grundlagen zum Baurecht

Nur geringfügige Änderungen gegenüber der früheren MBO ergeben sich für nicht harmonisierte Bauprodukte, für einen erforderlichen Verwendbarkeitsnachweis gibt es folgende Alternativen:

- allgemeine bauaufsichtliche Zulassung (abZ), erteilt vom DIBt
- allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis (abP)
- Zustimmung im Einzelfall (ZiE), erteilt von oberster Bauaufsichtsbehörde

Bauprodukte mit CE-Kennzeichnung dürfen verwendet werden, wenn die erklärten Leistungen den Anforderungen für die jeweilige Verwendung entsprechen. D. h. es können zusätzliche Nachweise erforderlich werden oder einzelne CE-gekennzeichnete Bauprodukte dürfen gar nicht verwendet werden.

Hinsichtlich der Bauarten ist eine Anwendung nur gestattet, wenn die Anforderungen der MBO, insbesondere § 3 MBO, erfüllt werden. Die Anforderungen von § 3 MBO können durch Technische Baubestimmungen konkretisiert werden. Bauarten, die von Technischen Baubestimmungen wesentlich abweichen oder für die es anerkannte Regeln der Technik nicht gibt, dürfen nur angewendet werden, wenn einer der folgenden Nachweise vorliegt:

- allgemeine Bauartgenehmigung (aBG), erteilt vom DIBt
- vorhabenbezogene Bauartgenehmigung (vBG), erteilt von oberster Bauaufsichtsbehörde
- allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis (abP), erteilt von anerkannter Prüfstelle

Es gibt die unterschiedlichsten Fassadentypen, welche nachfolgend kurz erläutert werden.



Abb. 2
Doppelfassade
Sparkasse Rosenheim

3 Konstruktion Fassade

3.1 Lochfassaden und Fenster

Lochfassaden mit Fenstern stellen einen einfachen Fassadentyp dar, der aber auch entsprechend geplant und statisch nachgewiesen werden muss. Fenster gibt es in sehr unterschiedlichen Ausführungen (z. B. Kunststoff, Holz, Holz-Aluminium oder Aluminium), für jede dieser Ausführungen sind unterschiedliche Nachweise zu führen. Dies beginnt beim Glas, geht über den Rahmen, Beanspruchungen aus dem sogenannten »Bi-Metall Effekt«, und dem Nachweis von thermischen Trennungen bis hin zur Befestigung am Gebäude.

3.2 Wärmedämmverbundsysteme

Ein Wärmedämmverbundsystem wird über alle Außenwände beheizter Räume angebracht. Außerdem werden Decken über Außenluft von unten gedämmt. Solche Bereiche gibt es z. B. bei Gebäuderücksprüngen im Eingangsbereich oder bei Loggien.

In der Regel handelt es sich bei Wärmedämmverbundsystemen um ungeregelte Bauarten, d. h. es sind die Vorgaben der entsprechenden Zulassungen (in der Regel Kombi-Bescheide abZ/aBG) zu beachten.



Abb. 3
Typische Lochfassade





Abb. 4, 5
Wärmedämm-verbundsystem

3 Konstruktion Fassade

Wärmedämmverbundsysteme bestehen in der Regel aus den folgenden Komponenten:

- Wärmedämmstoff (z. B. Polystyrol-Hartschaum EPS, Mineralwolle, Holzfaser)
- Kleber/Klebemörtel
- Mechanische Befestigung
- Armierungsgewebe
- Unterputz
- Oberputz oder alternative Oberflächen z. B. Fliesen, Klinkersteine, …

D. h. es sind bei der mechanischen Befestigung auch statische Anforderungen zu erfüllen.

Eine besondere Bedeutung kommt dem Brandschutz zu: Insbesondere bei einem WDVS aus Polystyrol-Hartschaum sind in definierten Abständen Brandriegel anzuordnen.

Da ein WDVS nicht hinterlüftet ist, sind die konstruktiven Details wichtig, Hinterläufigkeiten sind unbedingt zu vermeiden. Bewährte Konstruktionsdetails widersprechen leider des Öfteren der aktuellen Architektur, die zum einen sehr viel mit Vor- und Rücksprüngen in der Fassade arbeitet und zum anderen oft komplette Flächenbündigkeit gewünscht ist.

3.3 Hinterlüftete Außenwandbekleidungen

Hinterlüftete Außenwandbekleidungen sind nach DIN 18516 auszuführen (vgl. Anhang 6 BayTb).

Diese Norm gilt für hinterlüftete Außenwandbekleidungen mit und ohne Unterkonstruktion einschließlich der Verankerungen, Verbindungen und Befestigungen.

DIN 18516 (Außenwandbekleidungen hinterlüftet) besteht aus mehreren Teilen:

- Teil 1:
  Anforderungen, Prüfgrundsätze [06-2010], Überarbeitung abgeschlossen
- Teil 3:
  Naturwerkstein – Anforderungen, Bemessung [05-2021]
- Teil 5:
  Betonwerkstein; Anforderung, Bemessung [05-2021]

Die Teile 2 (Keramische Platten) und Teil 4 (Einscheibensicherheitsglas) sind zurückgezogen.

Es werden Bekleidungen mit offenen und geschlossenen Fugen oder sich überdeckenden Elementen bzw. Stößen unterschieden.



Abb. 6
Hinterlüftete Fassade

3 Konstruktion Fassade

Als Unterkonstruktion werden Konstruktionen aus Metall- oder Holzprofilen oder Schalungen mit oder ohne Unterkonstruktion verwendet. Bei der Planung und Ausführung sind der Korrosionsschutz, Temperatur- und Windbeanspruchungen in Zusammenhang mit möglicher Geräuschentwicklung zu beachten.

Folgende allgemeine Festlegungen hinsichtlich Wärme-, Schall-, Brand- und Feuchteschutz sind unter Anderem zu beachten:

- Lüftungsspalte mind. 20 mm tief (eine Reduzierung auf 5 mm nur örtlich begrenzt zulässig)
- Be- und Entlüftungsöffnungen mit mind. 50 cm^2 Querschnitt pro Meter Wandlänge
- Unterkonstruktionen in alle Richtungen verschieb- und verdrehbar, um Zwängungen zu vermeiden (Fix-Punkt/Lospunkt)
- annehmbarer Grenzfall der Temperatureinflüsse –20 °C bzw. +80 °C
- Beachtung einer möglichen Geräuschentwicklung durch Wind- und Temperaturbeanspruchungen
- beim Wärme-, Feuchte- und Brandschutz ist das Zusammenwirken von Außenwand und Außenwandbekleidung zu beachten
- Randabstände von Befestigungen mind. 10 mm

3.4 Vorhangfassaden

Sogenannte Vorhangfassaden (oft auch »Curtain Wall« genannt) werden an den Geschossdecken oder an tragenden Wanden oder Stützen des Gebäudes befestigt. An Vorhangfassaden werden neben den allgemeinen Anforderungen an Statik, Wärme-, Schall und Brandschutz weiterführende Anforderungen gestellt, die zu prüfen und zu klassifizieren sind wie z. B.:

- Luftdurchlässigkeit
- Schlagregendichtigkeit
- Windwiderstandsfähigkeit

Zusätzlich ist immer ein statischer Nachweis zu führen. Eine Leistungserklärung z. B. nach harmonisierter Produktnorm DIN EN 13830 [8], [9], [10] ist alleine nicht ausreichend.

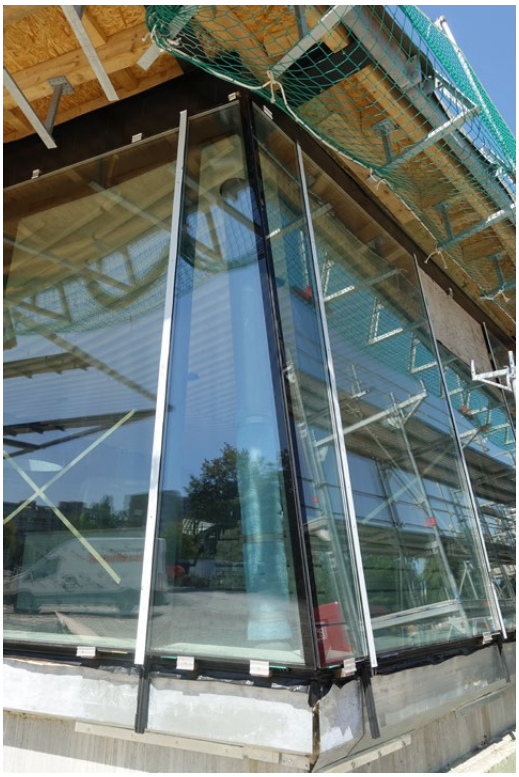


Abb. 7
Vorhangfassade
mit Ganzglasecke

3.5 Pfosten-Riegel-Fassaden

Eine Pfosten-Riegel-Fassade ist eine Vorhangfassade, sie besteht aus Pfosten und Riegeln aus Aluminium, Stahl oder Holz, welche mit speziellen Verbindern an den Kreuzungspunkten gekoppelt sind. Wichtig ist eine sogenannte Fixpunkt – Lospunkt Befestigung, d. h. die Fassade steht oder hängt, thermische Längenänderungen können durch entsprechende konstruktive Lospunkte und Koppelprofile aufgenommen werden.

Die Befestigung am Gebäude erfolgt in der Regel über Konsolen.

Füllungen können transparent (Mehrscheibenisolierglas) oder opak (Paneele, hinterlüftete Elemente) sein.

Die vermeintlich einfache Pfosten-Riegel-Fassade hat einige Besonderheiten, die zu beachten sind:

- Einige Bestandteile sind ungeregelt, wie z. B. Schraubkanäle, Glasauflager oder Riegelverbinder. Deren Detailnachweise sind oft aufwändig und über eine aBG/abZ geregelt
- Die Verformungsbegrenzungen insbesondere der Riegel sind sinnvollerweise sehr streng
- Die Lasteinleitungspunkte des Scheibeneigengewichtes sind zu beachten
- So einfach Pfosten-Riegel-Fassaden in fertigem Zustand aussehen, so komplex ist deren Aufbau und entsprechend die Ausführung. Es entscheiden kleine Details ob eine Fassade langfristig dicht sein wird. Eine Pfosten-Riegel-Fassade hat 2 Dichtebenen, eine äußere und eine innere. Gegebenenfalls durch Schlagregen eindringendes Wasser muss in den Kanälen der inneren Dichtebene abgeführt werden, ein Dampfdruckausgleich muss möglich sein. Hier finden sich oft Ausführungsfehler wie z. B. nicht verklebte Dichtungen an den Kreuzungspunkten oder Durchdringungen von Schrauben mit der inneren Dichtebene.
- In statischer Hinsicht sind Pfosten-Riegel-Systeme als tragend zu betrachten, sie übernehmen nicht nur Lasten aus Wind und Eigengewicht, sondern haben oft eine absturzsichernde Funktion.



Abb. 8
Pfosten-Riegel-Fassade

3.6 Doppelfassaden

Doppelfassaden bestehen – wie der Name schon impliziert – aus zwei Fassadenebenen, einer äußeren und einer inneren.

Die innere Fassadenebene übernimmt die Wärmedämmfunktion, hier sind in der Regel öffenbare Fenster mit Mehrscheibenisolierverglasung angeordnet. Mit der äußeren, meist monolithischen transparenten Ebene entsteht ein Zwischenraum. Dieser Zwischenraum dient im Winter als Wärmepuffer, im Sommer als Be- und Entlüftung durch die anzuordnenden Entlüftungsschlitze in der äußeren Schale.

Im Zwischenraum kann windgeschützt ein Sonnenschutz angeordnet werden. Dieser Zwischenraum kann nur wenige Zentimeter breit sein oder auch mit einem Wartungssteg ausgestattet sein. Eine besondere Herausforderung stellt der Brandschutz dar (Kamineffekt), vgl. Abschnitt 10.





Abb. 9, 10
oben: Cube in Berlin
unten: Hochschule
für Fernsehen und Film
München

3.7 Elementfassaden

Elementfassaden bestehen aus vorgefertigten Fassadenelementen, haben damit einen hohen Vorfertigungsgrad und sind daher gut geeignet für höhere Gebäude und Hochhäuser mit einheitlichen Fassadenrastern.

Sonnenschutz und Gebäudetechnik kann bereits werksmäßig eingebaut werden.

Elementfassaden sind anspruchsvoll in Entwurf und Tragwerksplanung und können vom Erscheinungsbild sehr unterschiedlich sein. Von hoch transparent bis zu opaken Flächen mit Naturstein sind hier den architektonischen Wünschen kaum Grenzen gesetzt.

Die Elemente werden in bauseitige Konsolen eingehängt, die Fugen müssen durch entsprechende Dichtungen Wasser vom Eindringen abhalten, es müssen aber auch Längenausdehnungen infolge Temperatureinwirkungen aufgenommen werden können.

Die Elemente werden an der tragenden Konstruktion des Gebäudes (in der Regel Decken) befestigt.

Elementfassaden müssen thermisch getrennt sein.

Die Planung, die statischen Nachweise sowie die Ausführung sind sehr anspruchsvoll.

Die Montage der Elemente erfolgt quasi gestapelt von unten nach oben bzw. von oben nach unten. Dies bedeutet aber auch, dass ein nachträglicher Ausbau beispielsweise eines einzelnen Elementes in der Regel nur schwer möglich ist.



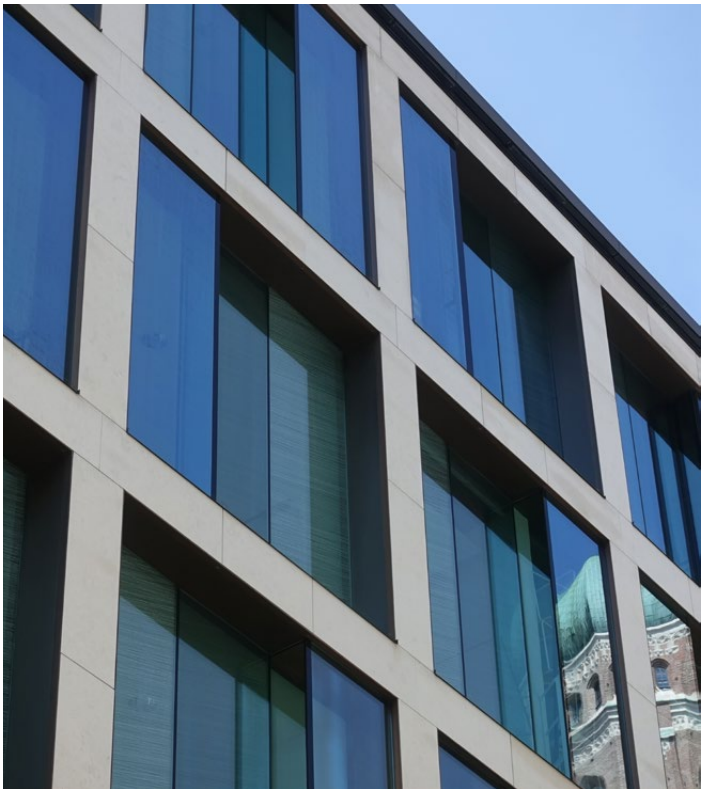


Abb. 11, 12
Elementfassaden



Abb. 13, 14, 15
oben/Mitte:
Fassadenbegrünung
in Osaka
unten: Fassaden-
begrünung in Tokyo





3.8 Begrünte Fassaden

Begrünte Fassaden sind hochaktuell, sie kühlen die überhitzten Städte ab, fördern die Artenvielfalt, dienen als Lärm und Feinstaubschutz und speichern Niederschlagswasser.

Man unterscheidet in

- Bodengebundene Fassadenbegrünung
  - Direktbewuchs, Selbstklimmer ohne Kletterhilfe
  - Leitbarer Bewuchs, z. B. Seilsysteme oder Rankgitter
- Wandgebundene Fassadenbegrünung
  - Pflanzgefäße an horizontalen Tragkonstruktionen
  - »Vertikale Gärten« in Form von Modularen Systemen
  - »Vertikale Gärten«, flächig

Beispielsweise eine wandgebundene Begrünung kann an einem warmen Augusttag zu einer Temperatursenkung gegenüber der Umgebungstemperatur von bis zu 3,5 K führen, Fassadenbegrünungen können die gefühlte Temperatur in Ihrer Umgebung um bis zu 13K senken [33].

Bei begrünten Fassaden sind u. a. folgende Aspekte wichtig:

- Pflege und Wartung, Bewässerungssysteme, …
- Statische Nachweise: Fassadenbegrünungen stellen eine Vergrößerung der ständigen Lasten dar sowie eine Vergrößerung der Windangriffsfläche. Beides ist bei der Dimensionierung z. B. von Seilnetzkonstruktionen zu beachten.
- Fassadenbegrünungssysteme sind aus brandschutztechnischer Sicht als Außenwandbekleidungen bzw. als Bauarten im Sinne von § 2 MBO (BayBo) anzusehen, für die jedoch keine allgemein anerkannten Regeln der Technik vorliegen. Dies ergibt auch Fragestellungen hinsichtlch des Brandschutzes, vgl. Abschnitt 10.

3.9 Photovoltaik

Die Fassadekonstruktionen mit Photovoltaikmodulen werden als Bauwerksintegrierte Photovoltaik (BIPV) oder gebäudeintegrierte PV-Anlagen (GiPV) bezeichnet.

Photovoltaikanlagen an Fassaden erzeugen CO_2-neutralen Strom (energetische Amortisation nach ca. 2 Jahren). In unseren Breitengraden steht die Sonne im Winter tiefer als im Sommer. Der Strom von Fassadenanlagen kann für den Gebäudestrom (Wärmepumpen, Elektromobilität, …) genutzt werden und ins öffentliche Netz eingespeist werden.

Die Photovoltaikmodule werden mit einer Unterkonstruktion an eine Vertikale montiert. Hierfür gelten gesonderte Regelungen, siehe Abb. 17.

Grundsätzlich gelten die Regelungen für Glasstatik und Verglasungen gemäß DIN 18008. Da es sich bei Photovoltaik-Glas-Konstruktionen meist um ungeregelte Bauprodukte bzw. um ungeregelte Bauarten handelt, ist eine abZ bzw. Zustimmung im Einzelfall (ZiE) oder eine aBG bzw. vorhabenbezogene Bauartgenehmigung (vBG) zu erwirken.



Abb. 16
Photovoltaikfassade 10 kWp, Haus der Architektur der Bayerischen Architektenkammer in München

Auch sobald Module verklebt werden (in einen Rahmen oder punktuell auf sogenannte Backrails), handelt es sich um ungeregelte Bauarten.

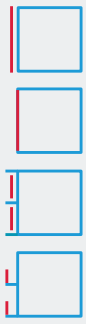
Einbausituation	Randbedingungen	Anforderung	Nachweis
	Abweichungen von Zeile 3, z. B. ▪ PV-Modul ≠ VG o. VSG ▪ andere als 4-seitig linienförmige Lagerung mit PV ≠ VSG ▪ absturzsichernde Verglasung (erfordert unabhängig von PV mindestens ein abP) ▪ Einbau nicht in Übereinstimmung mit DIN 18008 ▪ geklebte Glasbefestigung ohne AbZ/aBG	**Brandschutz** Brandverhalten PV-Modul (siehe Tabelle 2): ▪ Mindestanforderung: i. d. R. schwerentflammbar ▪ je nach Anwendung ggf. höhere Anforderungen: nichtbrennbar	Klassifizierungsbericht für PV-Modul durch Prüfstelle oder objektbezogenes Brandschutzkonzept
		Mechanische Festigkeit und Standsicherheit je nach Abweichung von 1) Produkt und/oder 2) Anwendung: Technische Baubestimmungen zu Einbau, Befestigung, Planung, Bemessung, Ausführung	1) abZ, alternativ ZiE 2) aBG, alternativ vBG

Abb. 17
Technische Baubestimmungen für PV-Module als Bauprodukte und zur Verwendung in Bauarten, Bauordnungsrechtliche Vorgaben zu Produkt- und Anwendungsregeln [25]

3 Konstruktion Fassade



Abb. 18
Photovoltaik in Fassade

Um die Anforderungen zu erfüllen, ersetzten die meisten Hersteller von Glasmodulen, die eine abZ erreicht haben, (Stand: 2024) das Solarglas gegen Verbundglas. Hier ist besonders darauf zu achten, dass die Photovoltaikmodule aus Verbundsicherheitsglas bestehen, dies gilt auch für Balkonsolarmodule.

In den Montageanleitungen oder den statischen Berechnungen der abZ, der Photovoltaikmodulhersteller sind die Klemmbereiche der Module und zugelassenen vertikalen Montagemöglichkeiten angegeben. Diese sind bei der Planung und Ausführung zu beachten.

Der effizienteste Ertrag einer Photovoltaikanlage wird bei einer südausgerichteten Anlage mit einer Modulneigung zwischen 15–45° erzeugt (kürzester Weg zur Sonne). Eine Fassade Richtung Süden ausgerichtet kann z. B. Standort München ca. 900 kWh/kWp/a erzeugen. Auch Nordfassaden liegen nicht in absoluter Dunkelheit, auch sie können Strom erzeugen.

3.9.1 Modulintegrierte Lösung (Überkopfverglasung)

Die Photovoltaikmodule werden direkt in Form einer Überkopfverglasung auf das Tragwerk montiert.

Hierfür müssen die Photovoltaikmodule (mit Glasdeckschicht) bestimmte baurechtliche Anforderungen erfüllen, siehe Abb. 20.



Abb. 19
Überkopfverglasung

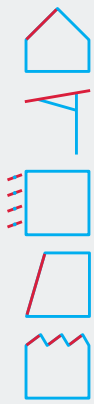
Einbausituation	Randbedingungen	Anforderung	Nachweis
	■ Überkopfverglasung mit Neigungswinkel < 80° (d. h. zugängliche Verkehrsflächen unter den Modulen, die durch herabfallende Glasteile gefährdet werden können) ■ PV-Aufbau (Deckschicht, Zellen und Einkapselung) mit VSG als Rückglas oder PV-Modul als Bestandteil von Mehrscheiben-Isolierglas (MIG) mit innenliegendem VSG	**Brandschutz** Brandverhalten PV-Modul (siehe Tabelle 2): ■ Mindestanforderung: normalentflammbar ■ je nach Anwendung ggf. höhere Anforderungen: schwerentflammbar oder nichtbrennbar	Klassifizierungsbericht für PV-Modul durch Prüfstelle oder objektbezogenes Brandschutzkonzept
		Mechanische Festigkeit und Standsicherheit Übereinstimmung mit 1) Produktnorm VSG/MIG und 2) Technischen Baubestimmungen zu Einbau, Befestigung, Planung, Bemessung, Ausführung, d. h. Einbau nach DIN 18008	

Abb. 20
Technische Baubestimmungen für PV-Module als Bauprodukte und zur Verwendung in Bauarten, Bauordnungsrechtliche Vorgaben zu Produkt- und Anwendungsregeln [25]

3.9.2 »Anbauteile«

Im Gespräch sind derzeit Balkonkraftwerke, welche in die Fassade an Brüstungen integriert werden. Hier ist zu beachten, dass auch diese Elemente statisch nachgewiesen werden müssen und bei geneigter Anordnung eine Überkopfverglasung darstellen.

Ähnliches gilt für Vordächer (Überkopfverglasung) und Brüstungen (absturzsichernde Verglasung).

Sonderfall Stecker-PV-Anlagen (»Balkonkraftwerke«):

Balkonkraftwerke, die nicht dauerhaft mit dem Gebäude verbunden sind, sind formal keine Bauprodukte. Somit scheiden Verwendbarkeitsnachweise aus bzw. sind formal nicht erforderlich. Trotzdem wird empfohlen nur Produkte mit entsprechenden statischen Nachweise zu verwenden.

Haben die PV-Module jedoch selbst eine Funktion für die bauliche Anlage, z. B. die Funktion der Absturzsicherung, sind sie Teil der baulichen Anlage und damit Bauprodukt dann ist ein Nachweis der Verwendbarkeit erforderlich.

4 Materialien für Fassaden

Für Fassaden kommen eine Vielzahl von Materialien zum Einsatz, einige von ihnen als ungeregelte Bauprodukte. Zu nennen sind beispielsweise:

- Floatglas (Kalknatronglas als Basisglasprodukt)
- Vorgespanntes Glas: ESG (Einscheiben-Sicherheitsglas) oder TVG (Teilvorgespanntes Glas)
- ESG-HF (heißgelagertes, fremdüberwachtes Einscheiben-Sicherheitsglas)
- VG (Verbundglas)
- VSG (Verbundsicherheitsglas)
- MIG (Mehrscheibenisolierglas)
- VIG (Vakuumisolierglas)
- Metalle, z. B. Stahl, Aluminium, nichtrostender Stahl, Messing, Kupfer
- Beton z. B. Stahlbeton, Faserbeton
- Holz und Holzwerkstoffe
- Natursteine
- Keramik
- Faserzementplatten oder andere Verbundplatten
- Kunststoffe, z. B. Polycarbonat, Membrane oder auch »nur« Dichtungen aus EPDM
- Pflanzen
- Photovoltaik
- Additiv gefertigte Bauprodukte
- Klebstoffe, z. B. Silkone
- …

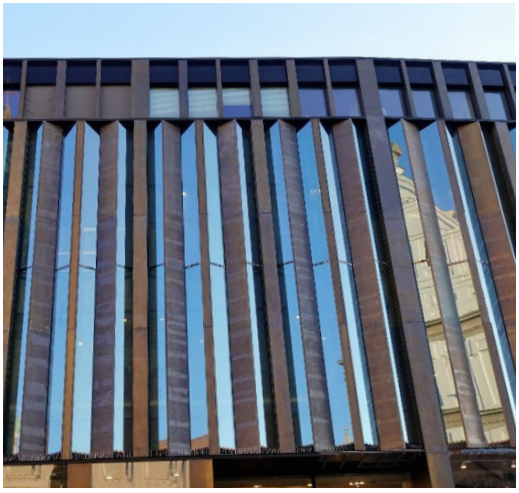
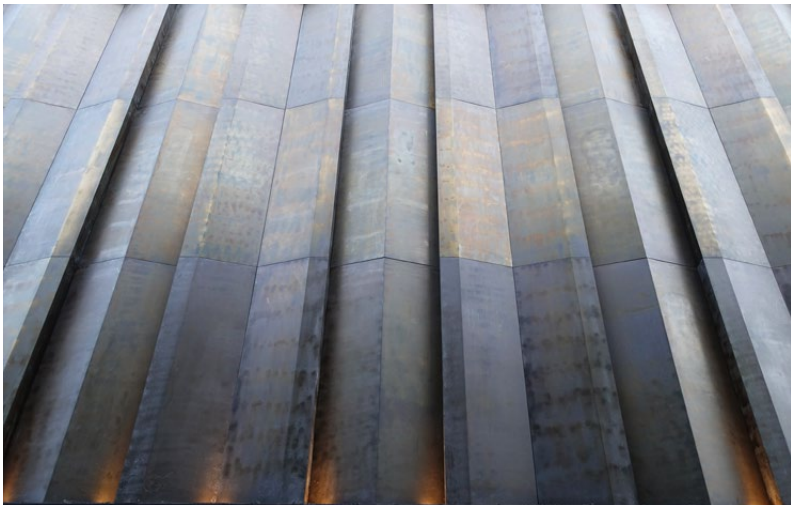


Abb. 21, 22
Fassade / Fassadenbekleidung mit brünierten Messingblechen



4 Materialien für Fassaden



Abb. 23, 24
Hinterlüftete Fassade
(Klinker)

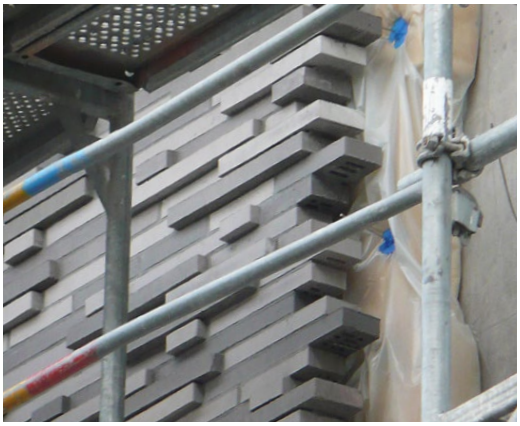




Abb. 25
Holzfassade ESU



Abb. 26
Keramikfassade

5 Planungsabläufe

Bei Fassaden ist sowohl eine Fassadenplanung, in der Regel durchgeführt durch einen Fassadenplaner, als auch eine Fassadenstatik, in der Regel durchgeführt durch einen auf Fassaden spezialisierten Tragwerksplaner erforderlich bzw. dringend zu empfehlen.

Insbesondere bei komplexeren Fassaden ist es immer sinnvoll, auch für die Tragwerksplanung Fassade alle Leistungsphasen – entsprechend dem Leistungsbild Tragwerksplanung der HOAI – zu durchlaufen. Das Ausschreiben von »einem Stück Fassade« funktioniert in der Regel nicht: Es besteht keine Planungssicherheit, Nachträge der ausführenden Firma sind wahrscheinlich, aufwändige Umplanungen nicht ausgeschlossen. Ein oft angebrachtes Argument »eine Vorplanung im Bereich der Tragwerksplanung Fassade hilft nicht als Basis für eine Ausschreibung, da eine Fassade ja dann nicht produktneutral ausgeschrieben werden kann«, ist nicht nachvollziehbar.

6 Honorierung

Bei der Fachingenieurleistung der Tragwerksplanung für die Fassade handelt es sich derzeit um ergänzende Leistungen des Leistungsbildes der Tragwerksplanung gem. § 49 HOAI. Dort wird der Anwendungsbereich wie folgt definiert: »Das Tragwerk bezeichnet das statische Gesamtsystem der miteinander verbundenen, lastabtragenden Konstruktionen, die für die Standsicherheit von Gebäuden, Ingenieurbauwerken und Traggerüsten bei Ingenieurbauwerken maßgeblich sind.« Leistungen zur Berechnung von Fassadenbauteilen, auch wenn es sich bei diesen durchaus um komplexe eigene Tragwerke handeln kann, sind darin nicht enthalten, da die Fassade in der Regel zwar mit dem Tragwerk des Gebäudes interagiert, i. d. R. aber keine unverzichtbare Funktion für die Standsicherheit des gesamten Gebäudes übernimmt. Somit stellen Leistungen der Tragwerksplanung für die Fassade eine »Besondere Leistung« bezogen auf die Grundleistungen der Tragwerksplanung gem. § 49 HOAI dar.

Im Rahmen der Reihe der AHO-Hefte werden »Lücken« in der HOAI im Bereich der besonderen Leistungen der immer komplexer werdenden Bauaufgaben gefüllt. Mit dem AHO-Heft 28 gibt es Angaben zu Leistungsbild und Honorierung der Fachingenieurleistungen für die Fassadentechnik. Dies betrifft die Objektplanung (also Fassadenplanung) mit eigenen Leistungsbildern wie z. B. Beratung bei der Erarbeitung des Planungskonzeptes (LS 1.2), Zeichnerische Darstellung der Leitdetails (LS 2.1) oder Erstellung der Konstruktionsbeschreibungen (LS 2.2).

Zur Tragwerksplanung der Fassade finden sich im AHO-Heft 28 nur sehr wenige Angaben.

Im Zuge der Überarbeitung des AHO-Heftes 28 soll hier die Tragwerksplanung integriert/ergänzt werden.

7 Besonderheiten bei Fassadenstatik

Sowohl die Aufstellung der Fassadenstatik als auch deren bautechnische Prüfung erfordert vom Tragwerksplaner und Prüfingenieur Erfahrung nicht nur in der Tragwerksplanung sondern auch in der Fassadenkonstruktion. Die Fassade ist z. B. bei Detailkonstruktionen oft näher am Maschinenbau als an den klassischen Bauingenieurdisziplinen. Beispielsweise verwendet man im klassischen Stahlbau eine Schraube M12 als kleinste Schraube, diese kommt für den Fassadenbau als große Schraube eher selten zum Einsatz, abgesehen von Verbindungen großer Pfosten und Riegel. Üblich sind hier häufig Schrauben M5 oder M6, Bohrschrauben oder gewindefurchende Schrauben bis hin zu Blindnieten.

Obwohl (unglücklicherweise) Fassaden oft als »nichttragend« klassifiziert werden, geht im Schadensfall eine hohe Schadensfolge von ihnen aus und die Schadenshöhe kann beträchtlich sein, da es sich sehr oft um systematische Fehler handelt. Auch ist die potentielle Gefährdung von Personen bzw. Passanten ein wichtiger Aspekt.

Es kommen sehr oft sowohl ungeregelte Bauprodukte als auch ungeregelte Bauarten zu Einsatz.

Nachfolgend werden nur exemplarische Besonderheiten bei Glaskonstruktionen aufgeführt, welche aber oft ursächlich sind für Schadensfälle. Die Zusammenstellung hat keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Ähnliche Themen sind z. B. bei Keramikfassaden zu beachten.

Die Besonderheiten der Unterkonstruktion von vorgehängten Fassaden werden hier nicht weiter vertieft, sind jedoch ebenfalls mit besonderer Sorgfalt zu planen und auszuführen.

7.1 Produktnorm versus Bemessungsnorm

In einigen Produktnormen (z. B. DIN EN 13830 ([8], [9], [10] über den Bausatz »Vorhangfassade«) gibt es Angaben bzgl. »safety in use«, z. B. »Widerstand gegen Wind«. Diese gegebenenfalls nachzuweisende Eigenschaften nach einer Produktnorm (für CE-Kennzeichnung) ersetzen nicht den statischen Nachweis nach einer Bemessungsnorm – ein oft vorgefundener Fehler.

7.2 Detailnachweise

Bei Fassaden gibt es viele ungeregelte Details, welche in der Regel über Allgemeine Zulassungen/Allgemeine Bauartgenehmigungen nachzuweisen sind. Dies betrifft z. B. Riegelverbinder, Schraubkanäle oder Glasauflager in verschiedenen Ausführungen, welche im Zuge einer Detailstatik nachgewiesen werden müssen.



Abb. 27
Schraubkanal

7.3 Glasbemessung

Die Glasbemessung ist geregelt in der DIN 18008 Teile 1 bis 6:

- Teil 1: Begriffe und allgemeine Grundlagen
- Teil 2: Linienförmig gelagerte Verglasungen
- Teil 3: Punktförmig gelagerte Verglasungen
- Teil 4: Zusatzanforderungen an absturzsichernde Verglasungen
- Teil 5: Zusatzanforderungen an begehbare Verglasungen
- Teil 6: Zusatzanforderungen an zu Instandhaltungsmaßnahmen betretbare Verglasungen und an durchsturzsichere Verglasungen

Seit mehreren Jahren wird an einem Eurocode über Glasbemessung gearbeitet.

7 Besonderheiten bei Fassadenstatik

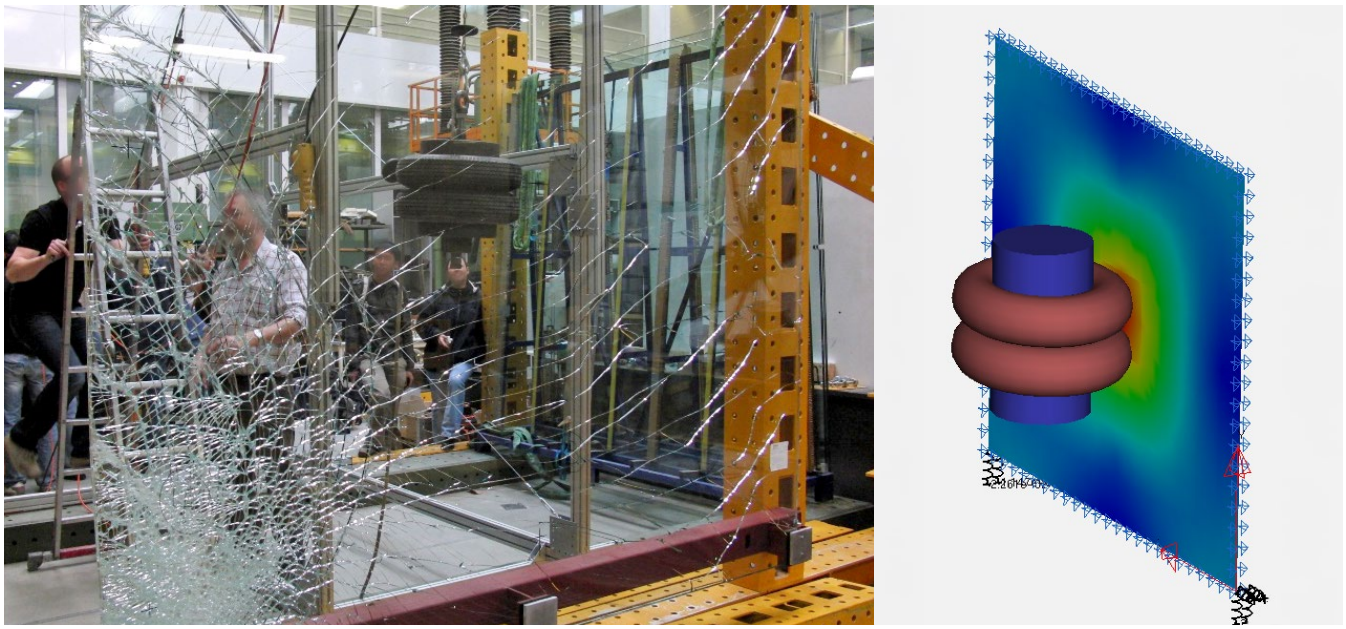


Abb. 28
links: Pendelschlagversuch an einem Fassadenelement
rechts: Rechnerische Simulation

Abweichend zur klassischen Tragwerksplanung gibt es einige Besonderheiten:

7.3.1 Mehrscheibenisolierverglasung

Bei der Bemessung von Mehrscheibenisolierverglasungen ist nicht unbedingt die größte Verglasung mit der größten Spannweite der maßgebende Fall, sondern oft sind dies kleine schmale Scheiben. Dies ist begründet in den Klimalasten im abgeschlossenen Scheibenzwischenraum, die größer sind je kleiner und steifer die Scheibe. Somit ist nicht nur das größte Scheibenformat nachzuweisen, sondern es sind im Zweifelsfall alle Scheibenformate nachzuweisen. Außerdem sind wegen der Klimalasten mit Lastfällen beispielsweise für Sommer und Winter und den entsprechenden Kombinationsbeiwerten eine Vielzahl von Einwirkungskombinationen zu berücksichtigen. So ist ein Nachweis sinnvoll nur mit Spezialsoftware möglich.

7.3.2 Membranspannungstheorie

Der Nachweis einer Glasscheibe sollte nach der nichtlinearen Membranspannungstheorie geführt werden, da in der Regel die Verformungen deutlich größer als die Glasdicke sind. Geometrisch lineare Berechnungen liegen auf der sicheren Seite, ergeben aber unwirtschaftliche Glasdicken.

7.3.3 Verbund

Ein günstig wirkender Schubverbund zwischen Einzelscheiben von Verbundsicherheitsglas darf für die Zwischenschicht PVB (Polyvinylbutyral) nach DIN 18008 nicht berücksichtigt werden. Das bedeutet, es sind immer die beiden Grenzfälle »kein Verbund« (lose aufeinanderliegende Glasscheiben, bei symmetrischem VSG aus zwei Scheiben halbe Last auf einer Scheibe) und »voller Verbund« (eine monolithische Glasscheibe mit einer Dicke wie die Summe der Einzeldicken) zu untersuchen. Neuartige Verbundmaterialien wie z. B. Ionoplaste oder steife PVB-Folien erlauben einen teilweisen Verbundansatz.

7.3.4 Resttragsicherheit

Glas bricht spröde. Daher ist neben dem statischen Nachweis für den intakten Zustand (fast) immer die Resttragsicherheit zu untersuchen.

Resttragfähigkeit bedeutet die Fähigkeit einer Verglasung, bei definiertem Zerstörungszustand unter festgelegter Belastungssituation eine ausreichende Zeit tragfähig zu bleiben.

Bei absturzsichernden Verglasungen ist der Nachweis der Stoßsicherheit zu führen. Der Nachweis kann mittels Bauteilversuchen, Übereinstimmung mit positiv befundenen Konstruktionen (z. B. in Tabellen der DIN 18008) oder Berechnung (rechnerische Simulation Stoß) erfolgen.

7.3.5 Mechanisch punktuell gelagerte Scheiben

Auf dem Markt gibt es eine Vielzahl von Punktlagern sowohl für Isolier- als auch für Nicht-Isolierglaselemente.

Die wichtigste Unterscheidung bei Punktlagern ist

- Klemmhalter ohne Bohrung
- Tellerhalter in Bohrung
- Senkhalter in Bohrung

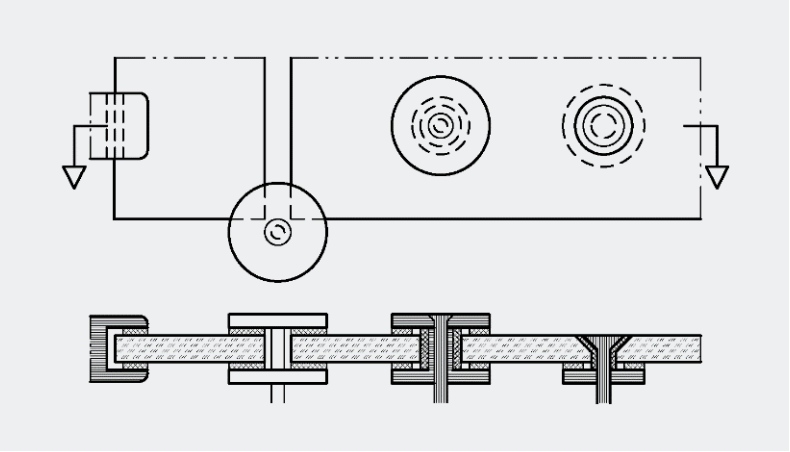


Abb. 29
Prinzipielle Systeme

Eine der wichtigsten Regeln ist es, jeden direkten Kontakt zwischen Glas und Stahl oder anderen harten Materialien zu vermeiden. Insbesondere bei konischen Bohrungen ist dies oft die Quelle von Problemen.

Die übliche Methode, eine punktgelagerte Glasplatte zufriedenstellend zu berechnen, ist die Verwendung eines dreidimensionalen FEM-Softwaresystems. Auch wenn es mittlerweile vermeintlich »einfache« Software zur Glasbemessung gibt, so gibt es doch viele Aspekte, die zu beachten sind.

Das Punktlager selbst und die Glasscheibe mit Bohrung müssen wegen des spröden Verhaltens von Glas genau modelliert werden, um realitätsnahe Ergebnisse zu erhalten. Die Vernetzung der Elemente ist von großer Bedeutung, sowohl die Anzahl der Elemente um das Loch als auch die Vernetzung in radialer Richtung und deren Wechselwirkung müssen berücksichtigt werden.

Die Qualität der Berechnung hängt aber natürlich auch von der Software und von den Ausgabepunkten ab, die das Programmsystem verwendet. Wegen der Spannungskonzentration am Rand der Löcher sollten nur wirklich berechnete Eckenergebnisse verwendet werden und keine auf die Ecken extrapolierten Elementausgaben.

Die Materialkennwerte der elastischen Zwischenlagen zwischen Glas und Stahl haben einen großen Einfluss auf die Ergebnisse der Berechnung sowie die korrekte Modellierung des Kontaktes.

7.3.6 Geklebte Konstruktionen

Im Fassadenbau kommen des Öfteren geklebte Konstruktionen zum Einsatz. Dies können beispielsweise sogenannte SSG Fassaden (structural-sealant-glazing) sein, bei denen beispielsweise Glasscheiben auf einen Aluminiumrahmen geklebt werden. Hier sind in Deutschland nur die Typen I und II zulässig, d. h. mit einer mechanischen Vorrichtung zur Abstützung des Eigengewichtes.

Besonders beliebt sind derzeit (bauphysikalisch eher problematische) Ganzglasecken. Für die meisten dieser Konstruktionen gilt, dass es sich um ungeregelte Bauarten handelt, da in der Regel die Klebefuge als tragende Verbindung angesetzt wird. D. h. in der Regel ist entweder eine aBG oder vBG erforderlich. Weiterführende Informationen zu Ganzglasecken finden sich beispielsweise in [23].

Eine einfache Nachweismethode zur statischen Dimensionierung der Klebefuge findet sich in der ETAG 002 (bzw. EAD 090010-00-0404) [19], auch genauere Nachweise z. B. mittels hyperplastischen Materialgesetzen sind denkbar und durchaus üblich.

Zu beachten sind auch die (wenigen) allgemeinen Bauartgenehmigungen der Klebstoffhersteller, die Anwendung ist auf wenige Fügeoberflächen wie z. B. eloxiertes Aluminium beschränkt.

7 Besonderheiten bei Fassadenstatik

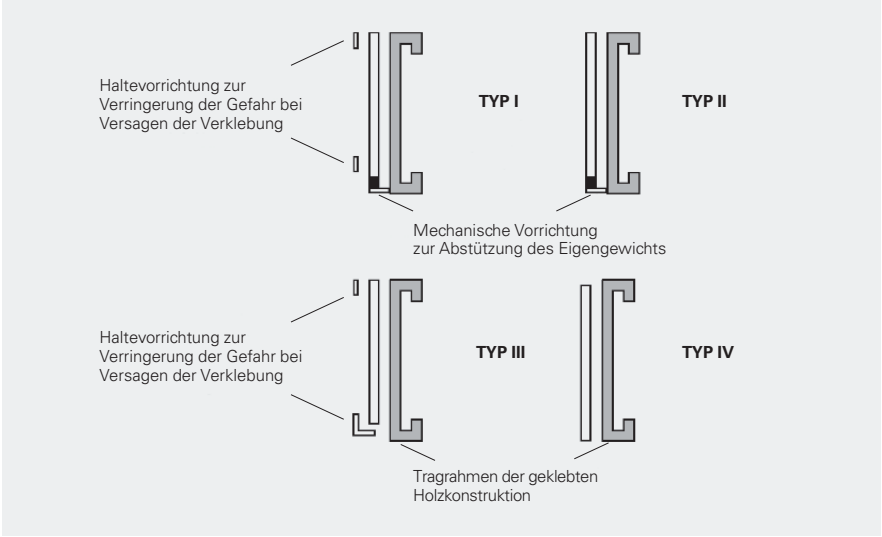


Abb. 30
Typen SSG

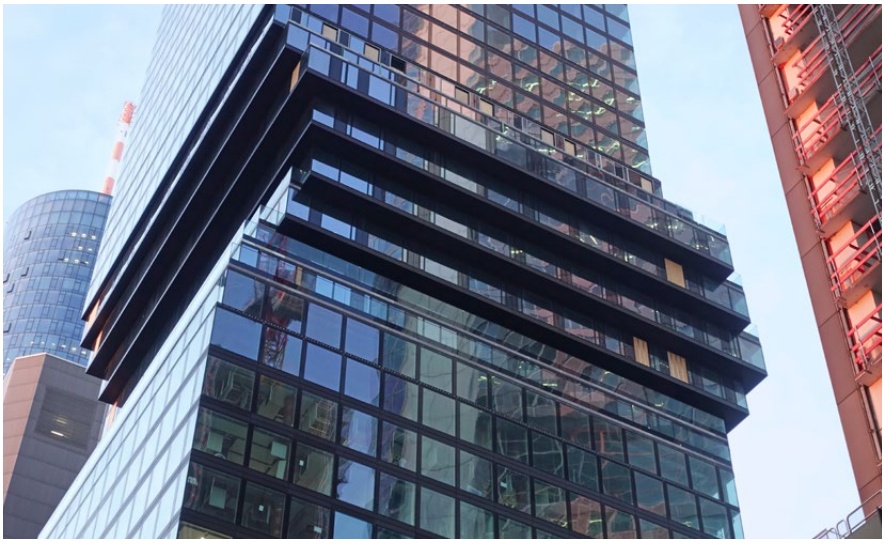


Abb. 31
Ganzglasecken

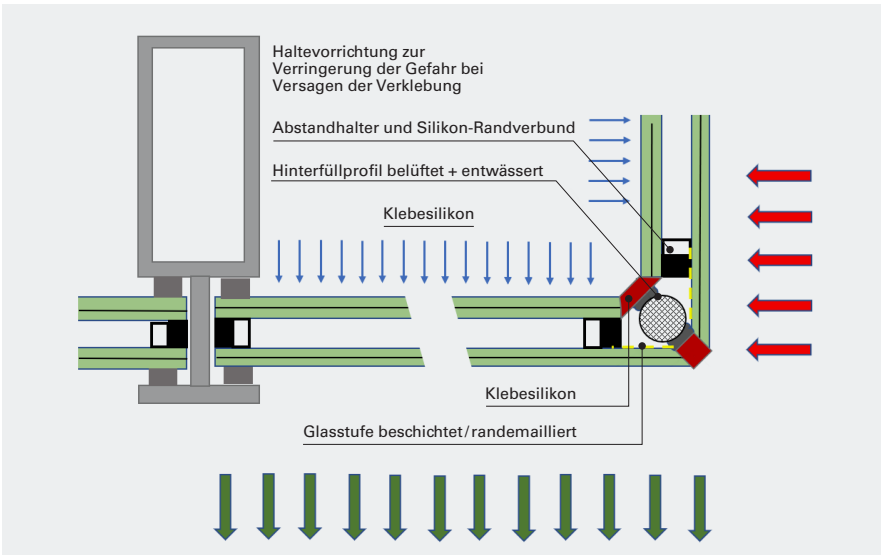


Abb. 32
Ganzglasecke Beispiel

7.4 Verbundprofile

Fensterprofile aus Stahl oder Aluminium und Profile bei Elementfassaden sind mittels spezieller, in die Profile eingerollter Kunststoffstege thermisch getrennt. Dieser Verbund muss beim Nachweis entsprechend berücksichtigt werden. Dies ist möglich mittels einer Finite-Elementberechnung der Profile oder nach einem Nährungsverfahren [14].

Darüber hinaus ist der sogenannte »Bimetalleffekt« zu berücksichtigen: Durch die thermische Trennung erwärmt sich die äußere Schale deutlich mehr als die innere Schale verbunden mit unterschiedlichen Längendehnungen der Profile und einer Verformung nach außen.

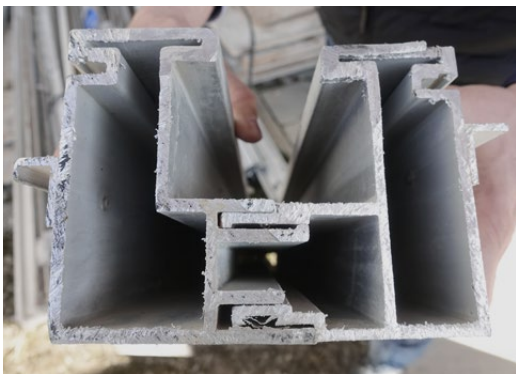


Abb. 33
Historisches Profil
ohne thermische Trennung



Abb. 34
Thermischer Trennsteg

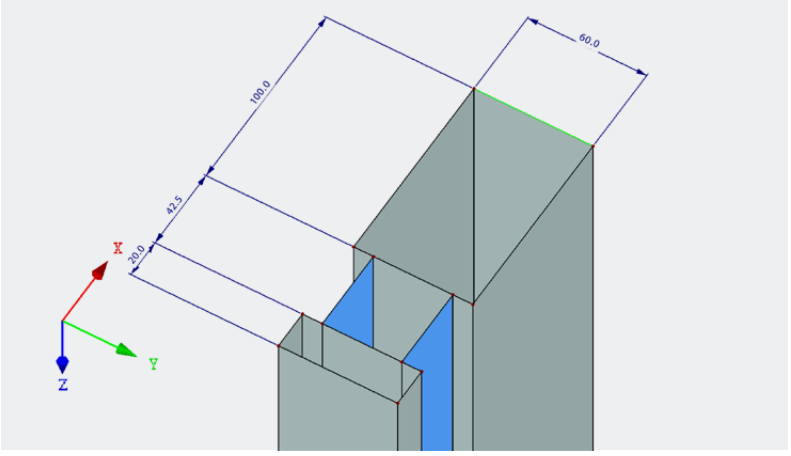


Abb. 35
Exemplarische
Modellierung

7 Besonderheiten bei Fassadenstatik

7.5 Gebrauchstauglichkeit

Bei der Gebrauchstauglichkeit von vorgehängten Fassaden ist die europäisch harmonisierte Produktnorm DIN EN 13830 ([8], [9], [10]) mit sehr strengen Durchbiegungsbegrenzungen zu berücksichtigen.

7.6 Verbindungsmittel

Bei Fassaden kommt eine Vielzahl unterschiedlichster Verbindungsmittel zum Einsatz, oft ungeregelte Bauprodukte oder solche mit einer Allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung bzw. einem Kombi-Bescheid (aBG/abZ). Zu nennen sind z. B. Schweißbolzen, gewindefurchende Schrauben, selbstbohrende Schrauben, Einnietmuttern, Niete, Schraubkanalverbindungen, Senkkopfschrauben.

7.7 Anbauteile

Zu berücksichtigen sind oft Gerüstanker, französische Balkone oder Vordächer.

7.8 Konsolen

Konsolen müssen die Last in den Baukörper einleiten und gleichzeitig Verstell- und Justiermöglichkeiten (z. B. über Stellschrauben) bieten. Somit können Konsolen sehr komplex in der Ausführung sein. Die Biegeweichheit der Ankerplatte muss oft berücksichtigt werden, daher kann bei komplexen Konsolen oder biegeweichen Ankerplatten eine kombinierte Berechnung aus FEM und Dübel-Software sinnvoll sein.

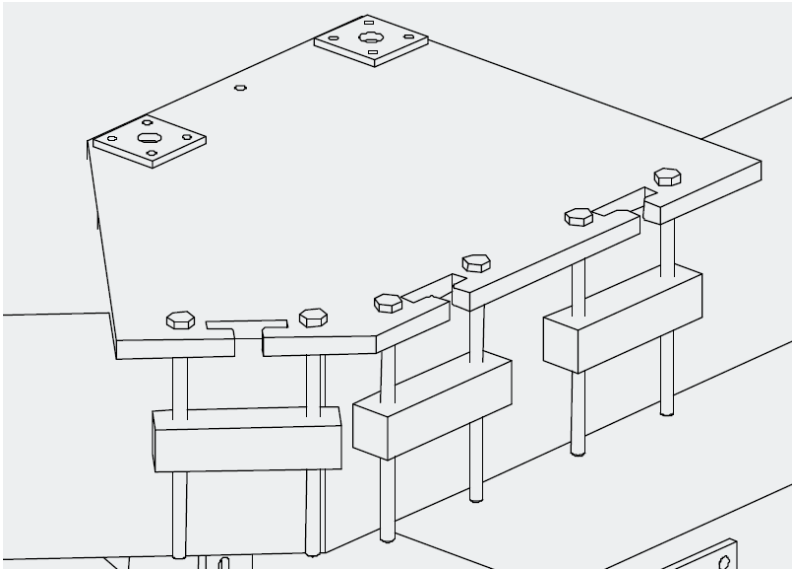




Abb. 36, 37
Beispiel für Konsole

8 Prüfung der Standsicherheit

Die Prüfpflicht von Fassadenkonstruktion ist nicht eindeutig geregelt, insbesondere sind die Bezeichnungen der PrüfVBau nicht immer einheitlich mit den in der BayBO und den im Üblichen gebräuchlichen Bezeichnungen (vgl. PrüfVBau § 31 (5) Satz 1 Nr. 2).

1. **Konstruktion ohne tragende Außenwand**
   In diesem Fall bildet die Fassadenkonstruktion die Außenhülle (z. B. Pfosten-Riegel-Fassade). Diese ist in statischer Hinsicht immer absturzsichernd und insbesondere wesentlich für den Abtrag der Windlasten. Sie ist als tragendes Bauteil nach BayBO somit immer prüfpflichtig.

2. **Konstruktion mit tragender Außenwand**
   Eine vor einer tragenden Außenwand vorgehängte Bekleidung ist kein tragendes Bauteil und somit nach BayBO nicht zwingend prüfpflichtig. Allerdings geht von solchen Bekleidungen (insbesondere bei schweren Bekleidungen wie Naturstein) im Fall von Schäden eine erhebliche Gefahr für unbeteiligte Dritte, also für die öffentliche Sicherheit aus. Deshalb ist auch hier eine statische Prüfung dringend anzuraten, das liegt aber letztlich in der Entscheidung der unteren Bauaufsichtsbehörde. Die meisten Behörden fordern bei Sonderbauten bei Außenwandbekleidungen (auch bei Instandsetzungen) regelmäßig eine statische Prüfung.

Technische Hinweise zu Außenwandbekleidungen und Fassadenkonstruktionen enthält die Technische Mitteilung H04 »Hinweise zu Standsicherheitsnachweisen von Fassadenkonstruktionen« der VPI-Bayern.

Falls keine Prüfpflicht besteht, ist trotzdem eine statische Berechnung erforderlich und der Tragwerksplaner für die Standsicherheit verantwortlich.

9 Wärmeschutz

Der Wärmeschutz von Gebäuden wird durch die EU-Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden oder »Energy performance of Building Directive EPBD Recast« des Europäischen Parlaments und des Rates über die Gesamteffizienz von Gebäuden und zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen geregelt. Die Umsetzung in Deutsches Recht erfolgt durch das Gebäudeenergiegesetz (die Neue Fassung passierte am 29.09.2023 den Bundesrat).

Das Gesetz umfasst alle Vorgaben welche den energetischen Zustand eines Gebäudes betreffen, insbesondere auch Nachrüstverpflichtungen und Mindestdämmstandards bei Sanierung eines Bauteils.

Warum ist der Wärmeschutz so wichtig?
Je geringer die Wärmeverluste durch die Bauteile sind, desto geringer ist der Bedarf, Energie durch ein Heizungssystem zuzuführen oder durch ein Kühlsystem abzuführen. Es gilt also, je besser der Wärmeschutz, desto geringer der Heiz- und Kühlwärmebedarf. Der winterliche Wärmeschutz ist umfassend geregelt. Der sommerliche Wärmeschutz ist nur für Fenster geregelt. Opake Bauteile haben hier noch keine Vorschriften.

Wann greifen die Vorschriften zum Wärmeschutz?
Neubauten sind umfassend geregelt und dürfen nur noch als Niedrigstenergiegebäude errichtet werden. Es ist vor dem Bau eine Erfüllungserklärung abzugeben, die dann nach Fertigstellung in den Energieausweis überführt wird. Es ist eine umfassende Dokumentation der Bauteileigenschafften zu erstellen, die dann an die Bauherren übergeben wird. Geförderte Objekte sind hier deutlich besser überwacht als »reine« GEG-Gebäude.

Bestandsgebäude unterliegen bei jeder größeren Sanierung (%-Anteil) den Vorgaben des GEG Anlage 7. Für Gebäude ab dem Baujahr 1984 gelten die Vorgaben nicht.

Derzeit erfolgt noch keinerlei Kontrolle der Vorgabenerfüllung. Nur geförderte Maßnahmen werden durch einen Energie-Effizienz-Experten begleitet und die Energetischen Qualitäten der Bauteile später bestätigt.

Der sommerliche Wärmeschutz spielt eine immer größere Rolle. Durch die Berechnungsmethode des Referenzgebäudeverfahrens werden immer mehr Gebäude mit großen Glasscheiben ausgestattet und erreichen damit einen sehr guten Effizienzhausstandard. Wie schon in Abschnitt 12 beschrieben ist das Fenster aber beim absoluten Wärmeverlust den Wänden deutlich unterlegen. Der absolute Wärmeverlust eines sehr guten Fensters ist immer noch dreimal so hoch wie der Verlust über eine »Standardwand«.

Der Wärmeeintrag im Sommer ist über Fenster auch deutlich höher als durch die Wand. Um eine Überhitzung zu verhindern sind konstruktive Sonnenschutzvorkehrungen zu treffen. Natürliche und bauliche Verschattung ist der beste Schutz. Danach kommen die variablen Verschattungen wie Rollos, Raffstore o. ä. gefolgt vom Sonnenschutzglas. In der heutigen Zeit ist eine aktive Kühlung eigentlich keine Lösung. Die praktische Erfahrung zeigt, dass Kühlsysteme oft nicht gut steuerbar sind, da jeder Raum über den Tag andere Anforderungen an die Kühlleistung hat. Die Sonne erzeugt durch ihre Bewegung am Himmel zusammen mit konstruktivem passivem Wärmeschutz (Dachvorsprünge, usw.) den perfekten Schutz. Eine optimale Belüftung (Öffnungen oben im Gebäude) kann über die Nacht ein Gebäude wieder abkühlen.

Bei neu zu planenden Fassaden und Schrägdächern ist der Spiegel-Effekt zu beachten. Gerade in Hanglagen oder bei unterschiedlich hohen Gebäuden kann es zu unerwünschten Blendeffekten oder Überhitzungen kommen.

10 Brandschutz

10.1 Brandszenarien an der Außenwandbekleidung

Grundsätzlich können drei verschiedenen Arten von Brandszenarien an der Fassade unterschieden werden (vgl. Abbildung 38).

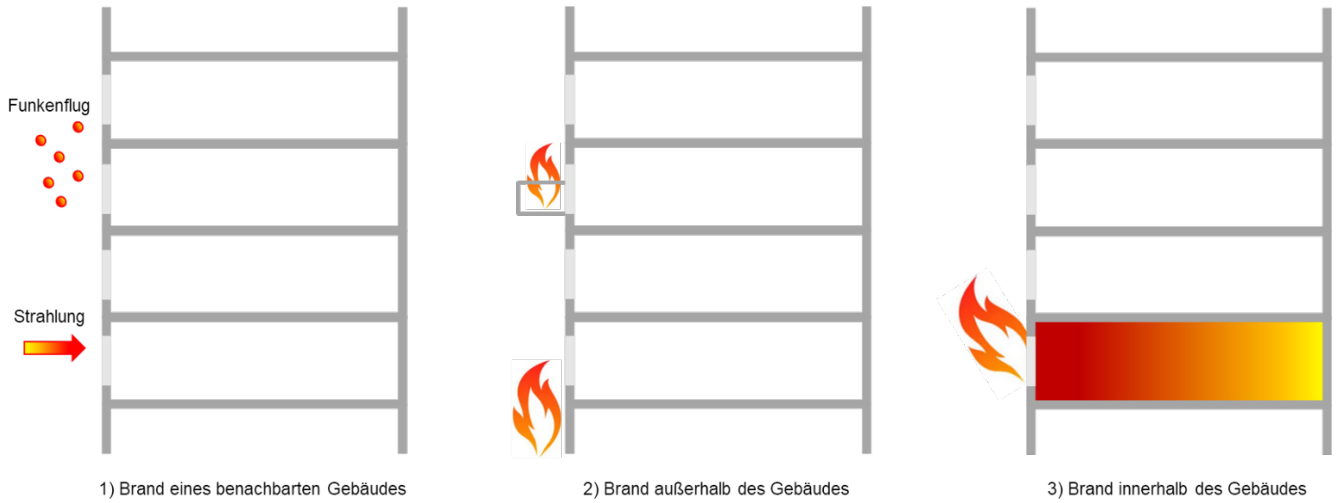
Szenario 1 beschreibt den Einfluss eines brennenden Nachbargebäudes durch Strahlung und/oder Funkenflug auf die Oberfläche der Fassade. So können brennbare Bestandteile der Fassade des betrachteten Gebäudes entzündet werden und in Brand geraten.

Szenario 2 zeigt einen Brand außerhalb des Gebäudes. Dieser kann sich sowohl im Sockelbereich des Gebäudes (beispielsweise Mülltonnen, Autos, weitere vorgelagerte Brandlast) oder auch auf Balkonen, Terrassen oder Vordächern (z. B. Grill) befinden.

Szenario 3 stellt einen Brand innerhalb des Gebäudes und im Folgenden den Ausbrand aus unverschlossenen Öffnungen (unverschlossene bzw. in Folge des Brandes zerstörte Fenster) dar.

Entsprechend werden bauordnungsrechtlich spezifische Anforderungen an die Ausbildung von Außenwandbekleidungen bzw. Fassaden hinsichtlich der Brennbarkeit der Baustoffe sowie der Ausbildung von Hinterlüftungsebenen bzw. konstruktive Zusatzmaßnahmen gestellt. Mit Hilfe dieser Maßnahmen soll eine Entzündung der Außenwandbekleidung behindert sowie im Weiteren die Brandausbreitung in und auf der Außenwandbekleidung auf ein beherrschbares Maß begrenzt werden.

Abb. 38
Brandszenarien an der Fassade



10.2 Bauordnungsrechtliche Begriffsbestimmungen

Bei der brandschutztechnischen Betrachtung der Außenwandkonstruktion muss grundsätzlich unterschieden werden zwischen der Außenwand an sich sowie der Außenwandbekleidung (vgl. Abbildung 39).

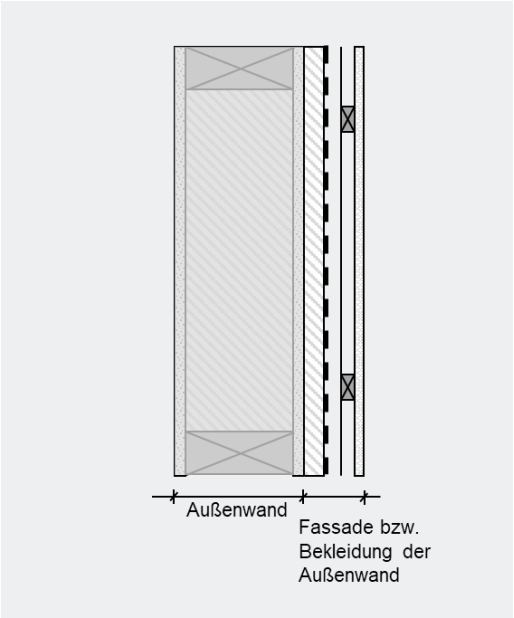


Abb. 39
Abgrenzung Außenwand – Bekleidung der Außenwand

Die Außenwand an sich kann als tragende (nach Art. 25 (1) BayBO) bzw. nichtragende (nach Art. 26 (2) BayBO) Konstruktion ausgebildet werden. An den Abschluss der Außenwand können weiterführende Anforderungen, wie beispielsweise bei Außenwandbekleidungen aus brennbaren Baustoffen, gestellt werden.

Die Außenwandbekleidung (Fassadenkonstruktion) muss grundsätzlich separat von der Außenwand beurteilt werden und verfügt in den Gebäudeklassen 4 und 5 gegebenenfalls über zusätzliche konstruktive Brandschutzmaßnahmen zur Erfüllung der bauordnungsrechtlich gestellten Anforderungen. Die Außenwandbekleidung kann je nach Fassadenausbildung ggf. aus einer zusätzlichen Außenwanddämmung, einer zweiten wasserführenden Ebene, System der Unterkonstruktion (Konterlattung und/oder Traglattung), welche eine Hinter-/Belüftung bildet, sowie der Fassadenbekleidung bestehen.

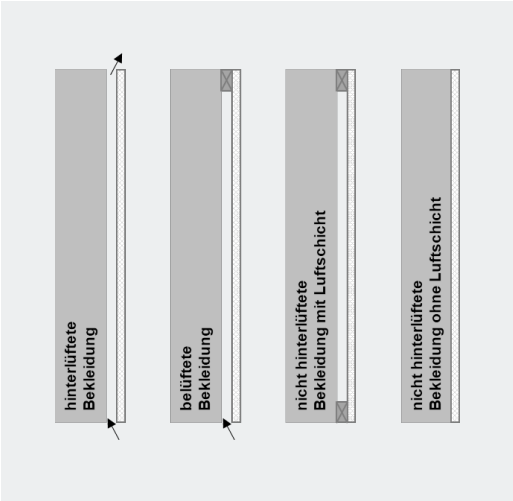


Abb. 40
Arten der Lüftung einer Fassade

Bei der Belüftungsart einer Fassade kann unterschieden werden zwischen den in Abbildung 40 dargestellten Varianten. Umso mehr Lüftung der Fassade möglich ist, desto größer kann die Brandausbreitungsgeschwindigkeit sein. Bauordnungsrechtlich werden an hinterlüftete, belüftete oder Systeme mit geschoßübergreifenden Hohl-/Lufträumen insbesondere für Gebäude der Gebäudeklasse 4 und 5 weiterführende Anforderungen gestellt.

10.3 Bauordnungsrechtliche Anforderungen an Bekleidungen von Außenwänden entsprechend BayBO

Entsprechend Art. 26 (1) BayBO sind Außenwände und Außenwandteile wie Brüstungen und Schürzen so auszubilden, dass eine Brandausbreitung auf und in diesen Bauteilen ausreichend lang begrenzt ist.

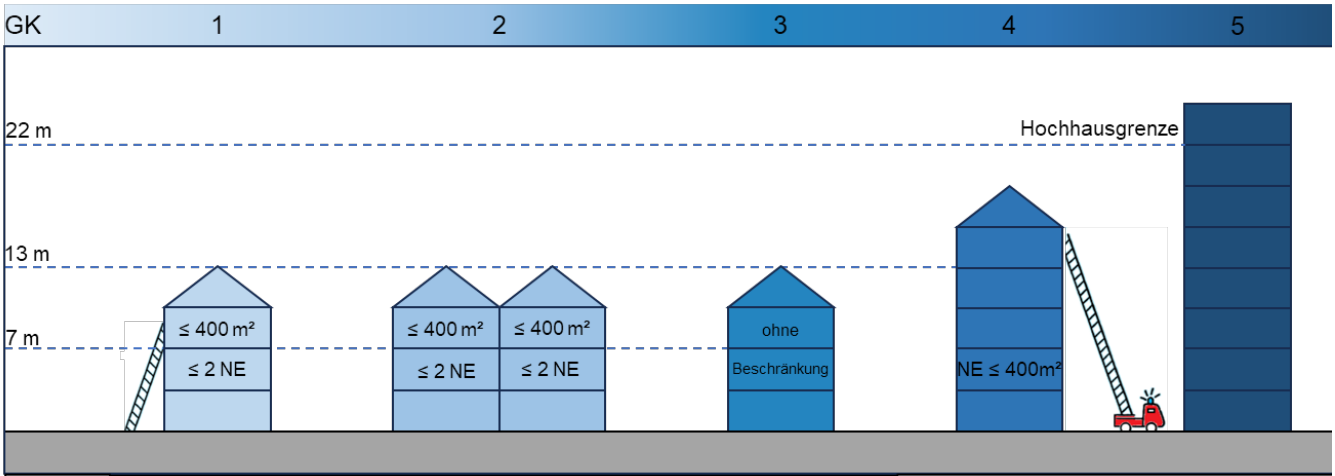
Neben dieser bauordnungsrechtlichen Anforderung für die Außenwandkonstruktion selbst, bestehen auch für deren Bekleidungen bzw. Oberflächen materialspezifische sowie konstruktionsspezifische Anforderungen. Nach Absatz 3 Satz 1 sind Oberflächen von Außenwänden sowie Außenwandbekleidungen einschließlich der Dämmstoffe und Unterkonstruktionen mindestens aus schwerentflammbaren Baustoffen auszuführen. Die zugehörigen Unterkonstruktionen sind aus normalentflammbaren Baustoffen zulässig, sofern die Anforderungen nach Art. 26 (1) BayBO, eine ausreichende Begrenzung der Brandausbreitung sicher stellen.

Für Baustoffe im Fassadenbereich, welche mindestens schwerentflammbar ausgeführt werden müssen, gilt zusätzlich, dass diese nicht brennend abfallen oder abtropfen dürfen. Zudem dürfen verwendete Dämmstoffe entsprechend den Technischen Baubestimmungen (BayTB) keine Neigung zum Glimmen aufweisen.

Bei Außenwandkonstruktionen mit geschossübergreifenden Hohl- oder Lufträumen wie Doppelfassaden sowie für hinterlüftete Außenwandbekleidungen aus mindestens schwerentflammbaren Baustoffen sind gegen die Brandausbreitung besondere Vorkehrungen zu treffen. Diese zusätzlichen Anforderungen werden innerhalb der Technischen Baubestimmungen (BayTB) Anhang 6 näher beschrieben.

Außenwandbekleidungen aus normalentflammbaren Baustoffen sind entsprechend Abs. 5 Satz 2 abweichend zu schwerentflammbaren Außenwandbekleidungen zulässig, sofern sie den Technischen Baubestimmungen nach Art. 81a BayBO entsprechen. Dämmstoffe werden von dieser Erleichterung ausgenommen und müssen in jedem Fall nichtbrennbar sein. Mit der MHolzBauRL wurde die notwendige Technische Baubestimmung für die Ausführung von Außenwandbekleidungen aus Holz und Holzwerkstoffen eingeführt.

Abb. 41
Anforderungen an Bekleidungen von Außenwänden in Abhängigkeit der Gebäudeklasse



Fassade	normalentflammbare Baustoffe (mind. B2)	schwerentflammbare Baustoffe (mind. B1)
Außenwand	nichttragende Außenwände ohne Anforderungen	Nicht tragende AW aus nichtbrennbaren Baustoffen oder feuerhemmend

Weitere Technische Baubestimmungen für normalentflammbare Außenwandbekleidungen wurden bislang baurechtlich nicht eingeführt.

Für Hochhäuser nach Art. 2 (4) Nr. 1 BayBO mit einer Höhe von mehr als 22 m sind aufgrund der eingeschränkten Löschbarkeit infolge der Gebäudehöhe entsprechend Absatz 3.4 Satz 3 MHHR Außenwandbekleidungen aus nichtbrennbaren Baustoffen auszuführen.

Für niedrigere Gebäude der Gebäudeklassen 1 bis 3 (bis zu einer Höhe des obersten Geschossfußbodens, in welchem ein Aufenthaltsraum möglich ist, von max. 7 m) werden weiterhin in Absatz 5 Erleichterungen sowohl für die Ausführung der Außenwände als auch deren Bekleidungen getroffen. Dementsprechend gelten keine besonderen Anforderungen an die Brennbarkeit der Baustoffe und es sind keine zusätzlichen Vorkehrungen für hinterlüftete Außenwandbekleidungen zu treffen. Für Gebäudeklassen 1 und 2 entfallen zudem die Anforderungen an Außenwandkonstruktionen mit geschossübergreifenden Hohl- und Lufträumen.

Abbildung 41 zeigt eine grafische Übersicht zu den bauaufsichtlichen Anforderungen an Außenwand und Außenwandbekleidung.

10.4 Weitergehende Anforderungen an hinterlüftete Außenwandbekleidungen entsprechend Anhang 6 BayTB

Bei hinterlüfteten Außenwandbekleidungen, die geschossübergreifende Hohl- oder Lufträume haben oder über Brandwände hinweggeführt werden, sind nach Art. 26 Abs. 4 BayBO in Verbindung mit Abs. 5 sowie nach Art. 28 Abs. 7 BayBO besondere Vorkehrungen gegen die Brandausbreitung zu treffen.

Entgegen den Anforderungen nach Art. 26 Abs. 3 Satz 1 BayBO muss die Wärmedämmung grundsätzlich nichtbrennbar ausgeführt werden, um eine Brandweiterleitung im Hinterlüftungsspalt zu begrenzen. Zusätzliche Anforderungen werden hierbei an die Brennbarkeit der Klebstoffe bzw. die Befestigungsmittel gestellt.

Um einen Kamineffekt in der Hinterlüftungsebene zu begrenzen, wird zudem der Hinterlüftungsspalt auf 50 mm bei Verwendung einer Unterkonstruktion aus Holz und auf 150 mm bei Verwendung einer Unterkonstruktion aus Metall begrenzt.

Um weiter einen Brandüberschlag über die hinterlüftete Ebene über mehrere Geschosse wirksam zu begrenzen, müssen in jedem zweiten Geschoss sogenannte horizontale Brandsperren eingesetzt werden. Diese verringern den Lüftungsquerschnitt der Hinterlüftungsebene und unterbrechen die brennbare Unterkonstruktion. Um eine Verformung im Brandfall und somit eine Beeinträchtigung der Funktion zu begrenzen, werden hinsichtlich Formstabilität sowie Befestigung und Anschlüsse zusätzliche Anforderungen getroffen. Besondere Maßnahmen sind zusätzlich im Bereich von Brandwänden in Form von vertikalen Brandsperren zu treffen.

10.5 Ausführung von Außenwandbekleidungen aus brennbaren Baustoffen nach HolzBauRL

Um eine Brandausbreitung über die brennbare Außenwandbekleidung aus Holz bzw. Holzwerkstoffen hinreichend zu behindern bzw. zu begrenzen und die grundlegenden Anforderungen nach BayBO bzw. BayTB zu erfüllen, werden in der MHolzBauRL zugehörige Maßnahmen definiert.

Nachstehende Anforderungen sind der Neufassung der MHolzBauRL Fassung 24.09.2024 entnommen. Diese ist in Bayern noch nicht als Technische Baubestimmung eingeführt. Bis zu deren Einführung bestehen laut StMB keine Bedenken, die Neufassung bereits jetzt im Rahmen der Zulassung einer Abweichung nach Art. 63 Abs. 1 BayBO (von der Anforderung des Art. 24 Abs. 2 Satz 3 BayBO) heranzuziehen.

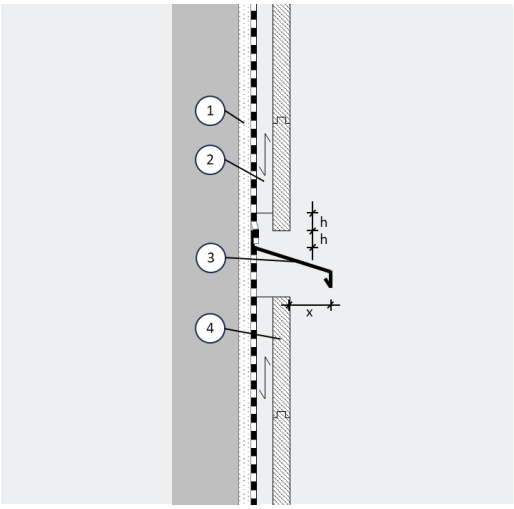


Abb. 42
Bestandteile einer Holzfassade entsprechend den Anforderungen der MHolzBauRL

Folgende konstruktive Maßnahmen können untergliedert werden:

1. Abschluss der Außenwand

- Ausschließlicher Einsatz nichtbrennbarer Dämmstoffe außerhalb der Außenwandkonstruktion in der Fassadenkonstruktion
- Abschluss der Außenwandkonstruktion mit einer nichtbrennbaren 18 mm dicken Bekleidungslage/Trägerplatte, sofern der Abschluss der Außenwand nicht bereits aus nichtbrennbaren Baustoffen besteht. Bei Verwendung nichtbrennbarer Dämmstoffe in nichttragenden Außenwandkonstruktionen genügt eine Bekleidungsdicke von 15 mm. Zudem kann anstelle einer nichtbrennbaren Bekleidungslage ein formstabiler, nichtbrennbarer Dämmstoff unter Beachtung aufgeführter Mindestdicken sowie -rohdichten ausgeführt werden.

2. Unterkonstruktion der Holzbekleidung

- Die Tiefe der Unterkonstruktion für einen Lüftungsspalt ist auf maximal 60 mm zu begrenzen. (einfache Lattung 30 mm, doppelte Lattung/Kreuzlattung mit max. 2×30 mm)
- Bei Kreuzlattungen ist der Lüftungsspalt jeweils zwischen Fenstern, mindestens jedoch in horizontalen Abständen von nicht mehr als 5 m, durch Aufdopplung der vertikalen Lattung zu schließen.

10 Brandschutz

3. Ausbildung von horizontalen Brandsperren

- Es müssen geschossweise in Höhe der Geschossdecken horizontal durchlaufende, auskragende Brandsperren ausgebildet werden. Der Abstand zwischen diesen Brandsperren darf maximal 4 m betragen.
- Durch diese wird die Holzbekleidung inklusive des Hinterlüftungshohlraumes vollständig bis auf die nichtbrennbare Trägerplatte bzw. die nichtbrennbare Außenwandkonstruktion unterbrochen.
- Die Abmessung sowie Ausführung der Brandsperren ist abhängig von der Art der brennbaren Fassadenbekleidung und der Auskragungstiefe des Stahlbleches (Dicke t ≥ 1,5 mm für freie Auskragung ≤ 150 mm bzw. Dicke t ≥ 2,0 mm für freie Auskragung > 150 mm; für die notwendigen Auskragungstiefen X vgl. Tabelle 3, Abschnitt 10 Anhang MHolzBauRL)
- Die Befestigungsmittel der horizontalen Brandsperren sind bis auf die tragende Konstruktion der Außenwand zu führen.
- Abstand und Größe der Verbindungsmittel sind so zu wählen, dass thermische Beanspruchungen nicht zu Verformungen führen (Befestigung mit Stahlschrauben ø ≥ 4 mm, Abstand ≤ 200 mm).
- Längsstöße von Brandsperren sind kraftschlüssig und fugenlos (≤ 1 mm) miteinander zu verbinden. Dies gilt mit einer Stoßüberlappung von mind. 150 mm, mit einer beidseitigen Befestigung durch mind. zwei Verbindungsmittel (bspw. Nieten) oder einer Verschweißung als erfüllt.
- In Innenecken ist an beiden Seiten die horizontale Brandsperre auf mind. 0,25 m über 1 m Breite zu erhöhen. Anstelle dessen kann die Bekleidung jeweils auf beiden Seiten mit einer 1,0 m breiten Bekleidung ausgeführt werden.

4. Anforderungen an die Holzbekleidung

- Anforderungen an die Außenwandbekleidung hinsichtlich einer Mindestrohdichte von ≥ 350 kg/m³ sowie einer Mindestdicke je nach Bekleidungsart
- Die Beplankungsdicke ist mit mind. 20 mm Dicke auszuführen.
- Für weitere Anforderungen vgl. Tabelle 6, MHolzBauRL

5. Besondere weiterführende Maßnahmen in Form von vertikalen Brandsperren zur Begrenzung der Brandausbreitung bei

- der Ausbildung von Außenecken: Verblockung im Hinterlüftungsspalt mit mind. 50 mm breiten Holzlatten
- der Ausbildung von Brandwänden bzw. Wänden anstelle von Brandwänden: Die brennbare Außenwandbekleidung ist mindestens 1,0 m durch nichtbrennbare Baustoffe zu unterbrechen. Der Lüftungsspalt darf über die Brandwand nicht hinweggeführt werden, sondern ist mindestens in Brandwanddicke mit einem im Brandfall formstabilen Dämmstoff und einer Nennrohdichte von ≥ 100 kg/m³ auszufüllen.

Zu den konstruktiven Maßnahmen ist zusätzlich zu beachten, dass jede Gebäudeseite mit einer Außenwandbekleidungaus Holz- oder Holzwerkstoffen für wirksame Löscharbeiten erreicht werden muss. Weitere Ausführungshinweise finden sich im AGBF-Papier »Löscharbeiten an Holzfassaden« [31].

Abweichende Ausführungen der in der MHolzBauRL beschriebenen Möglichkeiten bedürfen einer allgemeinen bzw. vorhabenbezogenen Bauartgenehmigung nach Art. 15 (2) BayBO.

10.6 Begrünte Fassadensysteme

Die Befestigungssysteme und Rankhilfen von Fassadenbegrünungen sind als Teil der baulichen Anlage als Bauprodukte einzustufen. Dementsprechend gelten für diese die bauordnungsrechtlichen Anforderungen an Unterkonstruktionen nach Art. 26 (3) Satz 1, welche schwerentflammbar auszuführen sind. Sie können aus brennbaren Baustoffen ausgeführt werden, sofern eine Brandausbreitung auf diesen Bauteilen ausreichend lange begrenzt wird. Weiterführende Anforderungen bzw. Ausführungshinweise zur Ausbildung werden nicht geregelt.

Die Vegetation der Fassadenbegrünung muss als nicht künstlich erzeugtes Produkt eingestuft werden, ist somit kein Bauprodukt und kann entsprechend § 86 (1) Nr. 7 MBO als andere Anlage und Einrichtung gewertet werden. Innerhalb der BayBO wird zum momentanen Zeitpunkt kein Bezug auf die Begrünung baulicher Anlagen hergestellt. Eine klare bauordnungsrechtliche Anforderung an Fassadenbegrünungen lässt sich, bis auf die allgemeinen Anforderungen an Außenwandbekleidungen nach Art. 26, nicht finden.

Weiterführende Ausführungsempfehlungen finden sich auf Basis durchgeführter Brandversuche zum Beispiel als Fachempfehlung des deutschen Feuerwehrverbandes [5], welche Planenden Lösungsansätze aufzeigen und genehmigende Behörden bei der Bewertung von begrünten Fassaden unterstützen sollen. Diese sind baurechtlich jedoch nicht als technische Baubestimmung eingeführt und bedürfen der Abstimmung innerhalb des Genehmigungsprozesses. Entsprechend dem aktuellen Stand der Forschung [7] wird für Fassadenbegrünungen als Haupteinflussfaktor für das Brandereignis der Anteil abgestorbener Pflanzenteile/Totholz gesehen. Somit stellt die Wartung und Pflege den wichtigsten Einfluss auf die Brandsicherheit einer Grünfassade dar. Einflüsse aus Pflanzensorte, Pflanzenalter sowie Einflüsse der Jahreszeiten konnten als nicht signifikant gewertet werden.

10.7 Solaranlagen als Fassadenbekleidung

Entsprechend Art. 26 (3) Satz 2 sind Solaranlagen, welche mehr als zwei Geschosse überbrücken, schwerentflammbar und nicht brennend abtropfend oder abfallend auszuführen. Als Überbrückung mehr als zweier Geschosse gilt, sofern die PV-/Solarmodule so in der Fassade angeordnet werden, dass sie den Bereich von mindestens drei Geschossen berühren, also über mindestens zwei Geschosse hinweg geführt werden [6]. Diese Forderung soll einen Sekundärbrand in niedrigeren Geschossen bzw. eine Brandausbreitung in und auf den Bauteilen in die höheren Geschosse verhindern sowie eine Gefährdung der wirksamen Löscharbeiten vermeiden.

Zum aktuellen Zeitpunkt sind jedoch nur wenige PV-/Solarsysteme als Gesamtsystem schwerentflammbar klassifiziert, sodass eine Ver- bzw. Anwendbarkeit nur selten bauordnungsrechtlich konform möglich ist. Sofern keine entsprechenden Ver-/Anwendbarkeitsnachweise für das vorliegende System vorhanden sind, müssen über Abweichungsanträge innerhalb des Brandschutznachweises/Brandschutzkonzeptes Maßnahmen zur ausreichend langen Begrenzung der Brandausbreitung nachgewiesen werden. Alternativ ist eine Zustimmung im Einzelfall (ZiE) bzw. eine vorhabenbezogene Bauartgenehmigung (vBG) in Verbindung mit Brandversuchen, welche die geforderten Schutzziele nachweisen, notwendig.

11 Vogelschutz

Bei der Planung von Glasfassaden ist der Vogelschutz ein wichtiger Punkt.

Vögel fliegen in Richtung von Bäumen und Büschen, können aber oft nicht erkennen dass sich der Baum in einer Glasscheibe spiegelt (Reflexion) oder sich hinter einer Glasscheibe befindet (Durchsicht).

Somit gilt es Reflexion und/oder Durchsicht zu reduzieren.

Ob von Fassaden ein erhöhtes Vogelschlagrisiko ausgeht, hängt von vielen Faktoren ab wie z. B.:

- Durchsicht auf freien Himmel oder auf Landschaft / Vegetation hinter dem Glas
- Spiegelungen von Vegetation oder freiem Himmel
- Größe des Bauwerkes (Größe und Anzahl der Scheiben)
- nächtliche Beleuchtung oberhalb der umgebenden Bebauung
- helle Innenbeleuchtung auch in Bodennähe oder Standort in der Nähe von Habitaten die Vögel anziehen
- Fassadengestaltung

Mittlerweile gibt es seitens der Glasindustrie Produkte (sogenanntes Vogelschutz-Glas), die das Vogelschlagrisiko reduzieren, z. B. spezielle Siebdrucke, Lasermarkierungen, UV-Beschichtungen, Ätzungen oder Verwendung von Folien-Zwischenlagen mit entsprechenden Glitter-Punkten. Diese »Markierungen« werden vom Vogel stark und vom Menschen weniger stark wahrgenommen. An transparenten, aber dennoch wirksamen Beschichtungen wird gearbeitet. Unwirksam sind aufgeklebte Raubvogel-Silhouetten.

Auch vom Glas unabhängige Lösungen wie Metallgitter, Verschattungen oder Lamellen können das Vogelschlagrisiko reduzieren.

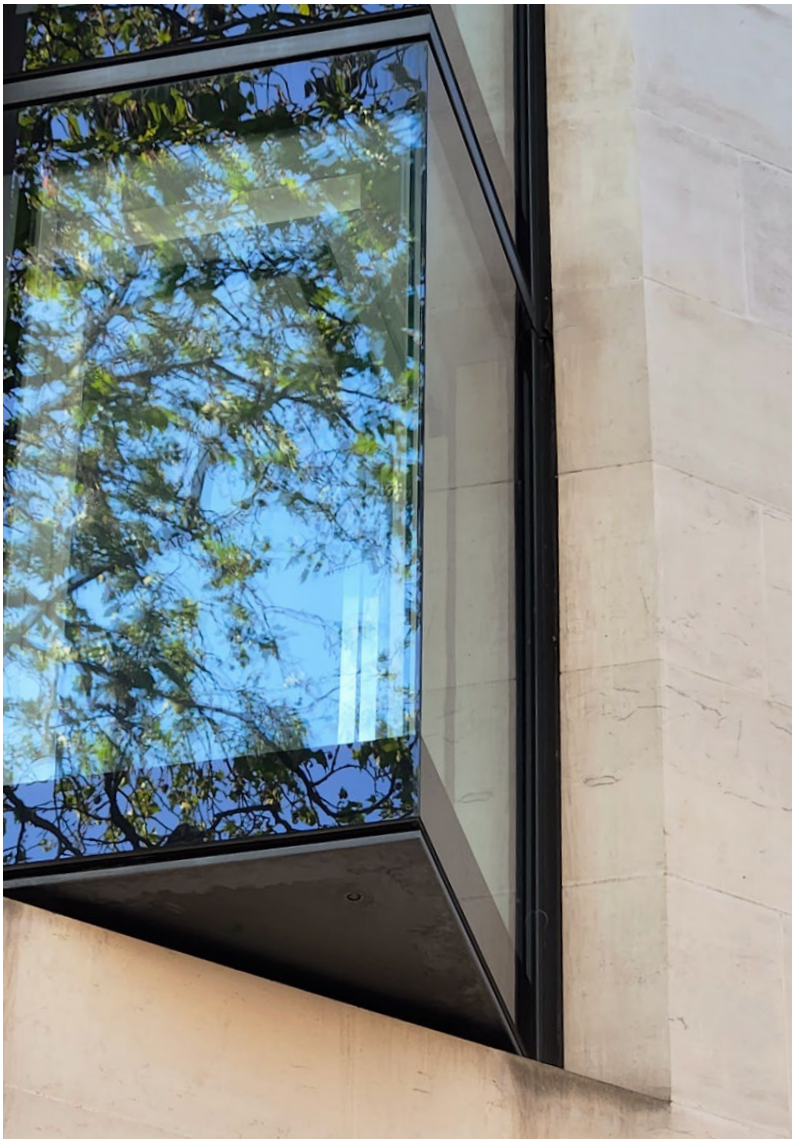


Abb. 43
Spiegelung eines Baumes in Glasfassade

12 Nachhaltigkeit bei Fassaden

Auch bei Fassaden ist Nachhaltigkeit derzeit ein wichtiges Thema, insbesondere da einige der beteiligten Materialien wie Glas oder Aluminium sehr energieintensiv in der Produktion sind.

- Planung mit Ziel auf Rückbau
- Cradle-to-Cradle-Prinzip
- Vermeidung von schwer zu trennenden Verbundwerkstoffen

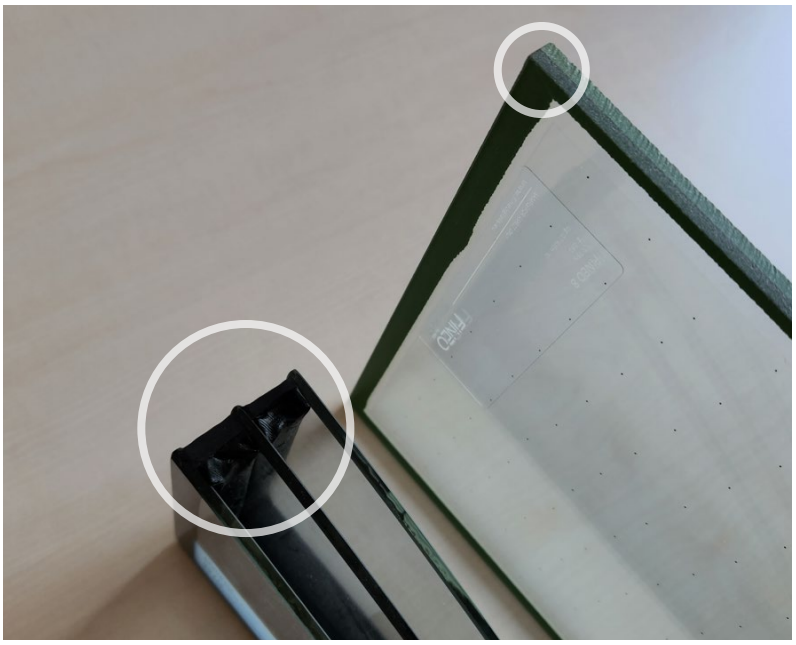


Abb. 44
links: Standard 3-fach MIG,
rechts: Vakuum-Isolierglas

In folgenden Bereichen sind Entwicklungen im Gange, z. B:

- Produktion von Aluminium-Strangpressprofilen: »Cradle to Cradle« durch bis zu 100 % Aluminiumschrott für die Neuproduktion von Profilen
- Nicht sortenreines Altglas (mit PVB-Folien, Beschichtungen, …) für die Produktion von neuen Kalknatronglas
- Vakuum-Isolierglas mit reduzierter Glasdicke und gleicher Wärmedämmung wie Standardglas
- Verlängerung der Lebensdauer von Mehrscheibenisolierglas über die theoretischen 25 Jahre hinaus
- Wiederverwendung von »altem« Glas für neue Fassaden
- Bei Planung: Rückbaumöglichkeiten WDVS berücksichtigen, auf sortenreine Trennbarkeit Materialien achten

Die Fassade (Fenster und Außenwand) ist die Bauteilfläche mit dem größten absoluten Wärmeverlust. Aufgrund der Fläche ist hier besonders auf einen niedrigen U-Wert zu achten. Im Gebäudeenergiegesetz 2024 ist ein Mindest-U-Wert von 0,24 W/m²K vorgeschrieben. Das bedeutet, durch einen Quadratmeter Fläche gehen bei einem Kelvin Temperaturunterschied 0,24 Watt verloren. Die Temperaturdifferenz zwischen innen und außen beträgt im Winter ca. 25–30 K, das bedeutet je m² verliert das Gebäude pro Quadratmeter Außenwand, 6 W pro Stunde. Das sind täglich 144 Wh/m². Ein Zweifamilienhaus hat ca. 250 m² Außenwandfläche, was wiederum einem Energieverlust von täglich 36 kWh (36.000 Wh) entspricht. Die Fenster einer Fassade, welche »nur« die GEG-Anforderungen erfüllen (U-Wert = 1,3 W/m²K) verlieren täglich 780 Wh/m². Bei einer durchschnittlichen Fensterfläche eines Zweifamilienhauses von 50 m² entspricht das täglich 39 kWh. Die Bauteile Dach und Bodenplatte (Kellerdecke) kommen dann noch dazu. In Litern Heizöl wären das bei 220 Heiztagen überschlägig 1.650 Liter. Das sind die Vorschriften des gültigen Gesetzes.

12 Nachhaltigkeit bei Fassaden

In älteren Gebäuden kann hier ein Vielfaches der Energie erforderlich sein.

Wird mit den Bauteilvorgaben des BEG (Bundesförderung für Effiziente Gebäude) gebaut oder saniert, reduziert sich der Verlust deutlich.

Hierzu kommen noch Faktoren wie Undichtigkeiten, Lüftungswärmeverluste (kontrolliert und unkontrolliert), Wärmeverteilverluste, Nutzerverhalten, solare Strahlung. Häufiger und immer öfter müssen Gebäude im Sommer gekühlt werden. Der Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes wird häufig wenig Beachtung geschenkt. Der gestalterischen Ausführung der Fassade wird im Planungsprozess als wesentlich wichtiger erachtet. Konstruktive Verschattungen sind oft unbeliebt (Vordächer, Dachüberstand, usw.). Des Weiteren sind die Dicken der winterlichen Wärmedämmstoffe für den Sommer oft nicht ausreichend. Gerade im Dach ist für einen guten sommerlichen Wärmeschutz die doppelt Dämmstoffdicke erforderlich.

Die Anforderungen an das Material und die Ausführung für den Wärmeschutz sind also im Sommer und Winter unterschiedlich.

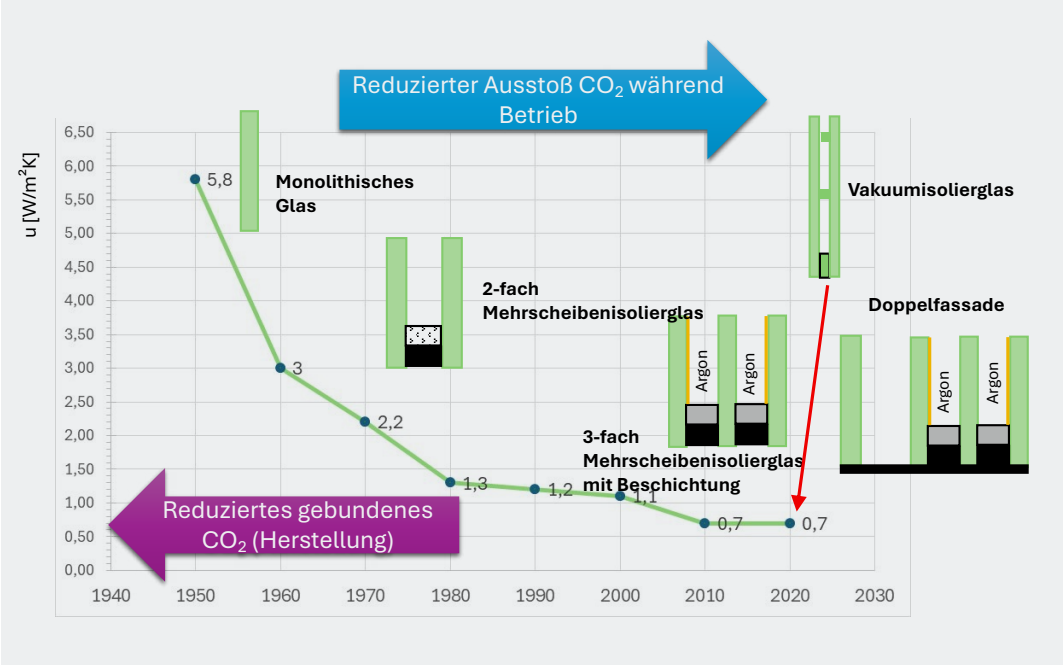


Abb. 45
Wärmedurchlasskoeffizient U [W/m²K]

13 Wiederkehrende Bauwerksüberprüfung

Die VDI-Richtlinie 6200 beschreibt die regelmäßigen Überprüfungen der Standsicherheit von Immobilien, die strukturiert, effizient und wirtschaftlich durchzuführen sind. Dazu gibt es entsprechende Bewertungskriterien, Checklisten, Handlungsanleitungen, Empfehlungen etc. Im Wesentlichen zielen diese Überprüfungen allerdings auf die Standsicherheit des Tragwerkes ab.

In Tabelle 1 sind dort unter Schadensfolgeklasse CC2 vorgehängte Fassaden aufgeführt. Dies bedeutet, dass eine Begehung alle 2–3 Jahre durch den Eigentümer bzw. dessen Facility Management, alle 4–5 Jahre eine Inspektion durch eine fachkundige Person, alle 12 bis 15 Jahre eine eingehende Überprüfung durch ein besonders fachkundige Person durchgeführt werden muss.

In der VDI 6200 sind notwendige und sinnvolle Überprüfungen von Fassadenbauteilen nicht genauer spezifiziert, daher wird verwiesen z. B. auf ein neues Merkblatt des UBF [22].

Die Überprüfungen bilden einen sehr wichtigen Beitrag für den Schutz von Leib und Leben.

Besonders fachkundige Personen sollen Erfahrung und differenzierte Spezialkenntnisse mit den zu überprüfenden Konstruktionen haben wie zum Beispiel für:

- Pfosten-Riegel-Fassaden
- Elementfassaden
- Doppelfassaden
- Fenster, Türen, Tore
- Naturstein
- Glas
- Öffnungselemente und Beschläge
- Sonnenschutz- und Blendschutz-Anlagen
- opake Fassaden
- vorgehängte hinterlüftete Fassaden

Glossar/Abkürzungen

aBG	Allgemeine Bauartgenehmigung
AbP	Allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis
abZ	Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung
BayBO	Bayerische Bauordnung
BayTB	Bayerische technische Baubestimmungen
ESG	Die Bezeichnung Einscheiben-Sicherheits-Glas (ESG) ist begründet in der Vielzahl kleiner, (mehr oder weniger) stumpfer Bruchstücke, die – im Vergleich zu größeren Bruchstücken von nicht vorgespanntem Glas – ein geringeres Verletzungsrisiko aufweisen. Und bereits als einzelne Scheibe ein gewisses Maß an Verletzungssicherheit erreichen. Diese Bruchstücke sind jedoch noch miteinander verzahnt und können als größere zusammenhängende Bruchstückfladen eine Gefährdung darstellen – beispielsweise bei Fall aus größerer Höhe (> 4 m)
ESG-HF	Heißgelagertes, fremdüberwachtes Einscheibensicherheitsglas. Vereinzelt bricht ESG spontan, d. h. auch ohne größere äußere Belastungen. Das sogenannte Spontanversagen wird ausgelöst durch Nickelsulfideinschluss. Das Nickelsulfid, in der Glasmasse ist als Verunreinigung enthalten, nimmt während des Aufheizens im Zuge der ESG-Herstellung Energie auf. Damit verbunden ist eine geometrisch kleinere Struktur, die beim Abschrecken eingefroren wird. Die langsam ablaufende Umwandlung in die energieärmere Struktur ist mit einer Volumenvergrößerung verbunden. Zu den Spannungen aus thermischer Vorspannung entstehen dadurch im Inneren des Glasvolumens zusätzliche Zugspannungen, die auch nach Jahren bei normalen Umgebungsbedingungen einen Spontanbruch auslösen können. ESG hat höhere Festigkeiten als Floatglas, aber eine schlechtere optische Qualität und ist aufgrund des zusätzlichen Herstellungsschrittes teurer.
FG	Floatglas: Floatglas ist das Basisprodukt bei den Glasprodukten mit der besten optischen Qualität aber der geringsten Festigkeit
MBO	Musterbauordnung
MHHR	Muster-Hochhausrichtline
MHolzBauRL	Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Bauteile und Außenwandbekleidungen in Holzbauweise
MIG	Mehrscheibenisolierglas: Glasaufbau aus mehreren Einfachgläsern (monolithisch oder Verbund[sicherheits]glas), die getrennt sind durch - einen Scheibenzwischenraum (Zweischeibenisolierglas) - mehrere Scheibenzwischenräume (z. B. Dreischeibenisolierglas)
PV	Photovoltaik
PVB	Polyvinylbutyral: Zwischenschicht bei Verbundsicherheitsglas
TVG	Teilvorgespanntes Glas (TVG) ist historisch nach ESG entwickelt worden. Eine geringere thermische Vorspannung bedeutet ein groberes Bruchbild, ähnlich dem von thermisch nicht vorgespanntem Floatglas. TVG ist somit ein Produkt mit einer guten Balance von gesteigerter Festigkeit durch thermische Vorspannung und grobem Bruchbild durch niedriges Niveau dieser Vorspannung.
vBG	Vorhabenbezogene Bauartgenehmigung
VIG	Vakuumisolierglas: Hier wird mit einer Gesamtdicke von nur 7,7 mm (Dicke des Vakuums nur 0,1 mm) eine identische Wärmedämmung wie bei einer mehrere Zentimeter dicken »klassischen« Mehrscheibenisolierverglasung erreicht
VG und VSG	Gebrochenes Glas alleine kann keine Belastungen mehr tragen, eine Resttragfähigkeit ist nicht gegeben. Durch eine Verbindung mehrerer Gläser lässt sich das Resttragverhalten verbessern. Durch unterschiedliche Zwischenschichtmaterialien lassen sich weitere Eigenschaften wie beispielsweise Schalldämmung oder statische Tragwirkung gezielt beeinflussen. Verbundglas (VG) ist ein Verbund aus einer Glasscheibe und einer oder mehreren weiteren Glasscheiben. Geeignete Zwischenschichten aus Kunststoff stellen dabei den Verbund her. Verbundsicherheitsglas (VSG) ist ein Verbundglas, bei dem im Bruchfall die Zwischenschicht die Glasbruchstücke zurückhält und die Öffnungsgröße begrenzt. Dadurch ist eine gewisse Resttragfähigkeit gegeben und die Gefahr von Schnitt- und Stichverletzungen reduziert.
ZiE	Zustimmung im Einzelfall

Literatur

Das Literaturverzeichnis stellt nur eine exemplarische Übersicht von zitierten Normen dar. Insgesamt sind im Fassadenbau mehrere Hundert Normen angesiedelt.

Allgemein:

[1] Bayerische Bauordnung (BayBO) in der Fassung der Bekanntmachung vom 14. August 2007 mit letzter Änderung vom 23.12.2024

[2] Bayerische Technische Baubestimmungen (BayTB); Juni 2022

[3] DIN EN 1990:2010-12 i.V.m. DIN EN 1990/NA – Eurocode 0: Grundlagen der Tragwerksplanung

[4] DIN EN 1991-1-1 i.V.m. DIN EN 1991-1-1/NA – Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke – Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau

[5] DIN EN 1991-1-4 i.V.m. DIN EN 1991-1-4/NA – Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen Windlasten

[6] DIN EN 1993-1-1 i.V.m. DIN EN 1993-1-1/NA – Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau

[7] DIN EN 1999-1-1 i.V.m. DIN EN 1999-1-1/NA Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln

Für Fassaden zu beachten (unter vielen Anderen):

[8] DIN EN 13830:2003: Vorhangfassaden – Produktnorm [11/2003], derzeit eingeführt

[9] DIN EN 13830:2015: Vorhangfassaden – Produktnorm [07/2015]

[10] DIN EN 13830:2018: Vorhangfassaden – Produktnorm [09/2018]

[11] DIN 18516-1: hinterlüftete Außenwandbekleidungen – Anforderungen, Prüfgrundsätze, 06/2010, Überarbeitung abgeschlossen

[12] DIN 18516-3: hinterlüftete Außenwandbekleidungen – Naturwerkstein – Anforderungen, Bemessung, 05/2021

[13] DIN 18516-5: hinterlüftete Außenwandbekleidungen – Betonwerkstein; Anforderung, Bemessung, 05/2021

[14] Feldmeier F., Schmid J.: Statische Nachweise bei Metall-Kunststoff-Verbundprofilen, ift Rosenheim

Für Bauteile aus Glas, mechanisch gelagert oder auch geklebt, sind wichtige Normen und Regelungen:

[15] DIN 18008-1:2020-05 Glas im Bauwesen – Bemessungs- und Konstruktionsregeln – Teil 1: Begriffe und allgemeine Grundlagen

[16] DIN 18008-2:2020-05 Glas im Bauwesen – Bemessungs- und Konstruktionsregeln – Teil 2: Linienförmig gelagerte Verglasungen

[17] DIN 18008-3:2013-07 Glas im Bauwesen – Bemessungs- und Konstruktionsregeln – Teil 3: Punktförmig gelagerte Verglasungen

[18] DIN 18008-4:2010-12 Glas im Bauwesen – Bemessungs- und Konstruktionsregeln – Teil 4: Zusatzanforderungen an absturzsichernde Verglasungen, Überarbeitung abgeschlossen

[19] ETAG 002 (bzw. EAD 090010-00-0404) Part 1: Guideline for European Technical Approval for Structural Sealant Glazing Kits (SSGK) – Part1: Supported and Unsupported Systems, 3rd amendment: May 2012, EOTA, Brüssel

[20] Entwurfsfassung »Eurocode 11« (CEN/TS 19100-1), Design of Glass Structures, Part 1, 2, 3

Es gibt diverse Leitfäden von Verbänden, z.B.:

[21] Leitfaden zur Montage von Vorhangfassaden – Planung und Ausführung der Montage für Neubau und Renovierung, Gütegemeinschaft Fenster, Fassaden und Haustüren e.V. Frankfurt, ift Institut für Fenstertechnik Rosenheim, Ausgabe März 2022

[22] Regelmäßige Überprüfung von Fassaden, Richtlinie in Anlehnung an VDI 6200, UBF Unabhängige Berater für Fassadentechnik e.V., Fassung 2024

[23] VFF Merkblatt V.07, Glasstöße und Ganzglasecken in Fenster und Fassaden, Ausgabe März 2022

[24] UBF, Regelmäßige Überprüfung von Fassaden, Richtlinie in Anlehnung an VDI 6200, Entwurfsfassung

Photovoltaik:

[25] BIPV 2022: Technische Baubestimmungen für PV-Module als Bauprodukte und zur Verwendung in Bauarten, Bauordnungsrechtliche Vorgaben zu Produkt- und Anwendungsregeln

Brandschutz:

[26] Fachkommission Bauaufsicht der Bauministerkonferenz; Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Bauteile und Außenwandbekleidungen in Holzbauweise (MHolzBauRL) Fassung 24. September 2024

[27] Fachkommission Bauaufsicht der Bauministerkonferenz; Muster-Richtlinie über den Bau und Betrieb von Hochhäusern (Muster-Hochhaus-Richtlinie – MHHR); Fassung April 2008, zuletzt geändert durch Beschluss der Fachkommission Bauaufsicht vom Februar 2012

[28] Deutscher Feuerwehrverband, AGBFbund im deutschen Städtetag: Empfehlungen der Arbeitsgemeinschaft der Leiter der Berufsfeuerwehren und des deutschen Feuerwehrverbandes; Brandschutz großflächig begrünter Fassaden; 2020

[29] Molodovsky, P. ; Famers, G.; Waldmann, T.: Bayerische Bauordnung: Kommentar mit einer Sammlung baurechtlicher Vorschriften. 152. Aktualisierung. 2024. München: Rehm-Verlag, 2013

[30] Engel, T. et al.: Schlussbericht FireSafeGreen – Untersuchung der brandschutztechnischen Anwendbarkeit von begrünten Fassaden an mehrgeschossigen Gebäuden, Technische Universität München, 2024

[31] Fachausschuss Vorbeugender Brand- und Gefahrenschutz der deutschen Feuerwehren, AGBF bund: Wirksame Löschmaßnahmen an Holzfassaden, März 2023

Wärmeschutz:

[32] Gebäudeenergiegesetz (Stand 08.08.2022, Veränderung vom 20.07.2022, derzeit in Überarbeitung)

Gebäudebegrünung:

[33] Positive Wirkungen von Gebäudebegrünungen. BuGG, Bundesverband Gebäudegrün e.V.

© Bayerische Ingenieurekammer-Bau
Körperschaft des öffentlichen Rechts
Schloßschmidstraße 3
80639 München

Telefon 089 419434-0
Telefax 089 419434-20
info@bayika.de
www.bayika.de

Layout
Mano Wittmann, Complizenwerk

Stand
September 2025

Bildnachweise/Quellen

Titelfoto
Hochschule für Fernsehen und Film München,
Dr.-Ing. Barbara Siebert

Abbildungen
1 · 2 · 3 · 6 · 7 · 8 · 9 · 10 · 11 · 12 · 13
14 · 15 · 18 · 21 · 22 · 27 · 28
29 · 31 · 32 · 33 · 34 · 35 · 36 · 37 · 43
44 · 45 Dr.-Ing. Barbara Siebert
4 · 5 Dipl.-Ing. Univ. Christiane Roth
16 Dipl.-Ing. (FH)
17 BIPV 2022, S. 10
19 Solarwatt
20 BIPV 2022, S. 8
23 · 24 Dr.-Ing. Ulrich Scholz
25 FIRE & TIMBER .ING GmbH
38 Elisabeth Suttner M. Sc.
26 Dr.-Ing. Markus Rapolder
30 ETAG 002
39 Eigene Darstellung nach MHolzBauRL
40 Eigene Darstellung
41 Darstellung nach BayBO/Elisabeth Suttner M. Sc.
42 Eigene Darstellung nach MHolzBauRL

#BayIkaBau