

Fassaden: Konstruktion - Sanierung - Projekte

Spezialwissen zur regelgerechten Konstruktion und Sanierung von Fassaden

1. Auflage 2014. Buch.
ISBN 978 3 8111 4205 3

[Weitere Fachgebiete > Technik > Baukonstruktion, Baufachmaterialien >](#)
[Gebäudeausbau](#)

schnell und portofrei erhältlich bei



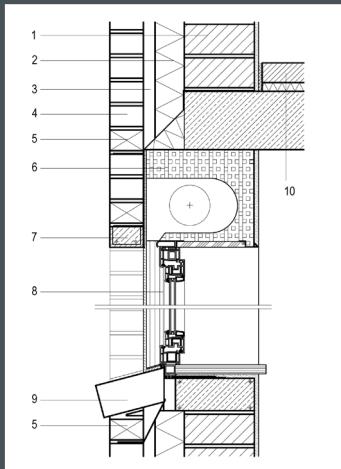
Die Online-Fachbuchhandlung beck-shop.de ist spezialisiert auf Fachbücher, insbesondere Recht, Steuern und Wirtschaft. Im Sortiment finden Sie alle Medien (Bücher, Zeitschriften, CDs, eBooks, etc.) aller Verlage. Ergänzt wird das Programm durch Services wie Neuerscheinungsdienst oder Zusammenstellungen von Büchern zu Sonderpreisen. Der Shop führt mehr als 8 Millionen Produkte.



Rudolf Lückmann

FASSADEN

Konstruktion – Sanierung – Projekte



inkl. CD-ROM



Rudolf Lückmann

FASSADEN

Konstruktion – Sanierung – Projekte

Rudolf Lückmann

FASSADEN

Konstruktion – Sanierung – Projekte

IMPRESSUM

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

© 2014 by WEKA MEDIA GmbH & Co. KG
Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck und Vervielfältigung
– auch auszugsweise – nicht gestattet.

Wichtiger Hinweis

Die WEKA MEDIA GmbH & Co. KG ist bemüht, ihre Produkte jeweils nach neuesten Erkenntnissen zu erstellen. Deren Richtigkeit sowie inhaltliche und technische Fehlerfreiheit werden ausdrücklich nicht zugesichert. Die WEKA MEDIA GmbH & Co. KG gibt auch keine Zusicherung für die Anwendbarkeit bzw. Verwendbarkeit ihrer Produkte zu einem bestimmten Zweck. Die Auswahl der Ware, deren Einsatz und Nutzung fallen ausschließlich in den Verantwortungsbereich des Kunden.

WEKA MEDIA GmbH & Co. KG
Sitz in Kissing
Registergericht Augsburg
HRA 13940

Persönlich haftende Gesellschafterin:
WEKA MEDIA Beteiligungs-GmbH
Sitz in Kissing
Registergericht Augsburg
HRB 23695
Geschäftsführer: Stephan Behrens, Michael Bruns, Werner Pehland

WEKA MEDIA GmbH & Co. KG
Römerstraße 4, D-86438 Kissing
Fon 0 82 33.23-40 00
Fax 0 82 33.23-74 00
service@weka.de
www.weka.de

Umschlag geschützt als Geschmacksmuster der
WEKA MEDIA GmbH & Co. KG
Satz: Fotosatz Buck, Zweikirchener Str. 7, D-84036 Kumhausen/Hachelstuhl
Druck: Kessler Druck + Medien, Michael-Schäffer-Str. 1, D-86399 Bobingen
Printed in Germany 2014

ISBN 978-3-8111-4205-3

Vorwort

„Alles nur Fassade“ – niemand ist wirklich glücklich, wenn einem dieser Satz gesagt wird. Er soll umgangssprachlich deutlich machen, dass ein äußeres Erscheinungsbild präsentiert wird, welches den wahren Hintergrund verbirgt und nichts über das eigentliche Wesen von jemandem oder von einer Sache aussagt.

Das Wort „Fassade“ ist ein italienisches Lehnwort von „*facciata*“, welches über das französische „*façade*“ zu uns gekommen ist. Es stammte aus dem Vulgärlateinischen „*facies*“, was so viel wie „Angesicht“ bedeutet. Durch die sprachlichen Wurzeln weist es bereits in die Renaissance und in den Barock. Beides sind Stilepochen, die sich gerne gerade durch neue architektonische Konzepte im Straßenraum – im Äußeren – mit einem kräftigen Anspruch auf Gesamtheit Geltung verschafft haben.

Es geht also um das „Angesicht“ – in unserem Fall von Gebäuden. Keine Fassade kann einen missratenen Entwurf retten. Das bedeutet aber nicht, dass sie nicht direkt auf die Behaglichkeit von Innenräumen einwirkt. In dem Sinne war eine Fassade stets eine Bündelung technischen Verständnisses, des Zeitwissens und -geschmacks.

Eine Fassade ist eben doch mehr als nur ein „Angesicht“. So finden wir z.B. gerade in der Renaissance viele stattliche Wohnbauten selbst finanziertiger Bauherren, die sich zur repräsentativen Seite Steinfassaden errichten ließen, während sie auf der Rückseite das klimatisch mit ihren begrenzten Heizmethoden deutlich angenehmere und zudem preiswertere Fachwerk wählten.

Fassaden demonstrieren neben vielen technischen Aspekten den Geschmack des Bauherrn, seiner Planer und in der Gesamtschau einer Ära. Sie wirken als Demonstration und Ausdruck ihrer Bauzeit in dem Straßenraum, den sie ebenfalls unmittelbar prägen. Sie bestimmen unsere „Außenräume“.

Innovationen und Veränderungsprozesse der Gesellschaft werden von späteren Generationen häufig auch über die Außenwirkung der Gebäude, also der Fassaden einer Epoche bewertet. Das zeigt die große Verantwortung, die auf den Planern bei diesem Thema ruht.

In der Architektur ist eine Fassade eben deutlich mehr als nur äußerer Schein. Sie ist ein Wesensmerkmal unseres baulichen Schaffens. Sie beeinflusst sowohl unsere innenräumlichen Qualitäten als auch das Gesicht unserer Städte und Gemeinden.

Die technischen Anforderungen an Fassaden werden heute immer vielseitiger. Durch die Aufgliederung der unterschiedlichen Funktionen in Schichten ergeben sich Überlagerungs- und Andockungsprobleme, die oft nur äußerst schwer zu lösen sind. Zudem machen die unterschiedlichen Baustoffe mit einem oft gegensätzlichen Verhalten die Aufgabe, eine in technischer und gestalterischer Hinsicht gelungene Fassade zu entwickeln, nicht einfacher.

Wir wollen mit neuen, innovativen Lösungen zeigen, Welch eine Freude es für Planer und Umwelt sein kann, mit kreativen Beispielen voranzuschreiten und unsere heutige, morgen schon Geschichte zu schreiben!

Dessau, im Oktober 2014



Prof. Dr.-Ing. Rudolf Lückmann

Inhalt

Vorwort	5	Fertigteile aus Stahlbeton	57
Autorenverzeichnis	9	Fassaden aus einschaligem Sichtmauerwerk	64
So nutzen Sie Ihre CD-ROM	11	Fassaden aus Glasbausteinen	65
1 Einführung	15	Fassaden aus Holz	66
Anforderungen an die Gebäudehülle .	15	Fassaden aus Lehm	70
		Fassaden aus Stroh	71
2 Grundprinzipien von Fassaden	25	3/3 Einschalige Fassaden	74
Arten, Gestaltung und Aufbau	25	Putzfassaden	74
Fassadenarten	25	Wärmedämmverbundsysteme	78
Gestaltung und Gliederung von Fassaden	27	Sprossenkonstruktionen	82
Funktionsaufbau von Fassaden	31	Pfosten-Riegel-Konstruktionen	85
Fassadenmaterialien	34	Fassaden aus Glas	92
Dämmmaterialien	39	3/4 Mehrschalige Fassaden	100
Allgemeine Grundlagen Instandhaltung und Sanierung	44	Hinterlüftete Fassadenkonstruktionen	100
		Vorgehängte hinterlüftete Fassadenkonstruktionen	103
		Doppelschalige Fassaden	114
3 Fassadensysteme	49	Kombinierte Fassaden	119
3/1 Allgemeines	49	Wechselseitige Fassaden	120
Allgemeine Hinweise zur Instandsetzung und Sanierung	49	3/5 Integrative Fassaden	121
3/2 Wandbauweisen	54	Allgemein	121
Fassaden aus Naturstein	54	Klimaaktive Fassaden	121
Fassaden aus künstlichen Steinen	57	Beheizte Fassaden	137
Fassaden aus Fertigteilen	57	Solarfassaden	138

Photovoltaikfassaden	139	4 Fassadenbeschichtungen	161
Trombewand	146	Farbveränderung	162
3/6 Sonstige Fassaden	147	Mineralfarben	163
Allover Fassaden	147	Schlussbemerkung	165
Fassaden aus Gittern und Geweben . .	148		
Membranfassaden, Textilfassaden	150	5 Fassadenschäden	169
Begrünte Fassaden	151	Anhang	187
Mediale Fassaden	152	Normen und Gesetze	187
Wartungs- und Reinigungstechnik für Fassaden	158	Bezugsquellen	188
		Stichwortverzeichnis	189

Autorenverzeichnis

Prof. Dr.-Ing. Rudolf Lückmann



Beruf:
Architekt

Themenschwerpunkt:
Baukonstruktion

Vita:

1985	Dipl.-Ing. für Architektur RWTH Aachen
1985–1990	Dombaumverwaltung Köln
1988	Promotion
1990–1993	Diözesanbaumeister
1993	Professur Baukonstruktion/Denkmalpflege
seit 1994	freiberufliche Tätigkeit, Schwerpunkt Bauen im Bestand
2013	Honorarprofessor der Zhengzhou Universität in China

Dipl.-Ing. (FH) Petra Krimme



Beruf:
Hochbauingenieurin
Fachingenieurin für Rekonstruktion und Erhaltung im Hochbau

Vita:

1973	Diplomingenieurin für Hochbau an der Ingenieurschule für Bauwesen Berlin
1973–1989	angestellt als Hochbauingenieurin mit Schwerpunkt Bauen im Bestand
1989	Fachingenieurin für Rekonstruktion und Erhaltung im Hochbau an der Ingenieurschule für Bauwesen Cottbus
1989–1990	angestellt als Hochbauingenieurin mit Schwerpunkt Bauen im Bestand
1990–2003	Geschäftsführerin eines Bauplanungsbüros
seit 2003	angestellte Hochbauingenieurin

Dipl.-Ing. (FH) Franziska Rasym



Beruf:

Ingenieurin

Vita:

- 2003–2011 Studium der Architektur an der Hochschule Anhalt und der Florida Atlantic University (USA)
- 2011 Diplom Ingenieurin für Architektur (FH) an der Hochschule Anhalt
- seit 2009 freiberufliche Tätigkeit (Hochbau und Projektentwicklung)
- seit 2013 berufspraktische Phase als „Architektin im Praktikum“ (AIP) bei der Firma Leichtkonstruktionen Dach + Wand GmbH & Co.KG

So nutzen Sie Ihre CD-ROM

Was ist auf der CD?

Die beiliegende CD-ROM enthält zu jedem maßstäblichen Detail in Ihrem Atlas die passenden DWG- und DXF-Dateien, die Sie bequem per Mausklick speichern und anschließend in Ihr CAD-System übertragen können.

In einer übersichtlichen Browseranwendung können Sie in den Inhalten navigieren, die Details aufrufen und einsehen.

Installation

1. Legen Sie zunächst zum Installieren der Anwendung die beiliegende CD-ROM in Ihr CD-Laufwerk.
2. Automatisch wird der Startbildschirm angezeigt. Wählen Sie jetzt bitte den Eintrag „Software installieren“ aus.
3. Nun startet der Installationsassistent, der Sie Schritt für Schritt weiterführt.

Freischaltung

Wenn Sie das Programm zum ersten Mal starten, ist ein Teil der Inhalte bereits freigeschaltet, sodass Sie sich bei Bedarf vor Ihrer Kaufentscheidung unverbindlich von der Qualität der Details und der Funktionalität überzeugen können.

1. Zum Freischalten aller weiteren Inhalte gehen Sie oben rechts im Statusbereich Ihres Fensters auf das Eingabefeld.
2. Nehmen Sie nun Ihren Freischaltcode zur Hand und öffnen Sie das Codefeld. **Mit dem Öffnen verpflichten Sie sich zum Kauf des Produkts!**
3. Tragen Sie den Code in das Eingabefeld ein und klicken Sie auf <freischalten>!

Jetzt können Sie auf alle Details zugreifen.

Zugriff auf die CAD-Details

Über den Inhaltsbaum links im Navigationsbereich gelangen Sie in das gewünschte Kapitel und schließlich zum gesuchten Detail.

Zur besseren Orientierung wird die Zeichnung zunächst im Vorschaufenster angezeigt. Über die beiden Links können Sie hier nun zwischen DWG- und DXF-Dateien wählen.

1. Klicken Sie auf das von Ihnen bevorzugte Format.
2. Da Sie sich in Ihrem Webbrowser befinden, erscheint nun noch eine Sicherheitsmeldung. Mit Klick auf <Ausführen> entpacken Sie die Zeichnungsdatei in das von Ihnen gewünschte Verzeichnis.
3. Dort können Sie nun mit Ihrer CAD-Software auf die Datei zugreifen.

Passen die Details zu allen CAD-Programmen?

Alle Baudetails auf der CD-ROM wurden mit dem Standardprogramm Autocad (Version 2004) erstellt.

Die Datenformate DWG und DXF können in dieser Version von fast allen gängigen CAD-Programmen problemlos importiert und verarbeitet werden. Spezielle Formate wie Musterlinien oder Sonderschräfuren wurden von unserem Autorenteam möglichst vermieden.

Einen komplett fehlerfreien Import der Daten können wir dennoch nicht garantieren, da jedes CAD-Programm meist unterschiedlich arbeitet und eventuell und nicht in allen Teilen mit den angebotenen Standardformaten kompatibel ist. Wir haben uns daher bei Konzeption und Test auf die gängigsten Programme konzentriert.

Systemanforderungen

Computer: Windows-PC ab Pentium III oder vergleichbar

Monitor: SVGA (1.024 × 768) oder höher

Betriebssystem: Windows 7, Vista, XP

Arbeitsspeicher: 1 GB empfohlen

CD-ROM-/DVD-Laufwerk

Kapitel 1

Einführung

1

Einführung

Die Konzeption, Konstruktion und Ausführung einer Fassade ist nicht nur für die Kosten entscheidend, sondern auch für das äußere Erscheinungsbild, die Gebrauchstauglichkeit und den Energieverbrauch des gesamten Gebäudes wesentlich.

Darüber hinaus bieten moderne Gebäudehüllen Schutz für das Leben, einhergehend mit behaglichen Raumbedingungen und dem Schutz von Sachwerten. Bei der Auswahl von Fassadenkonstruktionen ist heute auf gesundheits- und umweltverträgliche Materialien, materialspezifische Aspekte mit geringem Energiebedarf und minimierten Emissionen zu achten. Dabei sollen die Konstruktionen eine lange Lebensdauer mit möglichst geringem Wartungs- und Instandhaltungsaufwand haben.

Die Sanierung und die energetische Erneuerung von Fassaden tragen wesentlich zur Energieeinsparung und damit zur CO₂-Reduzierung an Bestandsgebäuden bei. Dabei ergeben sich durch die verschiedenen Fassadenkonstruktionen und Materialien auch neue Gestaltungsmöglichkeiten. Neben der Betrachtung des baulichen Gesamtsystems der Fassade müssen bei der Fassadenwahl auch die Wirkung von Licht und Schatten durch Fassadenöffnungen wie Türen und Fenster, sowie Vor- und Rücksprünge wie Balkone, Erker oder Terrassen beachtet werden.

Durch die Vielzahl von Konstruktionen und Materialien für Fassaden erhalten Gebäude ihr individuelles Aussehen. Dabei kann das Gebäude durch die Fassade eine Integration erfahren und so das bebaute Umfeld widerspiegeln oder sich bewusst davon lösen und als Solitär in Erscheinung treten.

Generell unterscheidet man tragende und nicht-tragende Fassadensysteme. Die am weitesten verbreiteten Konstruktionsarten sind dabei die mehrschichtigen oder mehrschaligen Fassadenaufbauten, da sie die größte Bandbreite an materiellen Kombinationsmöglichkeiten zulassen. So lassen sich auch massive Wandkonstruktionen mit leichten, skelettartigen Außenhäuten vereinen. Ein regelmäßiger Abstand der Konstruktionsachsen erhöht dabei vielfach die Wirtschaftlichkeit der Gesamtkonstruktion.

Eine Fassade kann verputzt sein (Putzfassade), sie kann aus einer Stahl- oder Aluminium-Glaskonstruktion bestehen, es kann sich um eine Medienfassade, eine Vorhangsfassade oder eine Holzfassade handeln. Je nach Konstruktionsart der tragenden Wand kann z.B. eine Fassade aus Sichtmauerwerk direkt mit der Wand verbunden sein, es kann sich aber auch um eine Fassade mit Hinterlüftung handeln, die in der Fachwelt Kaltfassade genannt wird. Entsprechend heißt die nicht hinterlüftete Fassade Warmfassade.

Meist kommen mehrschichtige oder mehrschalige Konstruktionen zum Einsatz, um allen bauphysikalischen, optischen und ökonomischen Anforderungen zu genügen. Eine wirtschaftliche Ausführung komplizierter Konstruktionen ist möglich, wenn die Elemente für Grundrisse mit regelmäßigen Achsabständen eingesetzt werden. Prinzipiell gibt es vielfältige Ausführungsvariationen hinsichtlich Material und Konstruktion. Bevorzugt kommen leichte Baustoffe unterschiedlicher Dimensionen aus Glas, Holz, Leichtmetall oder Kunststoffe zum Einsatz. Die Regen- und Winddichtigkeit wird mithilfe von Dichtungsprofilen erzielt. Funktionsteile wie Fenster, Türen, Sonnen- und Blendschutz sind in die Fassadenkonstruktion integriert.

Anforderungen an die Gebäudehülle

Gebäudestandort und die entsprechenden Nutzungsansprüche bilden die Rahmenbedingungen zur Konzeption einer Gebäudehülle. Weitere entwurfsrelevante Faktoren sind sowohl die Gebäudeform als auch Konstruktion, Material und Gesamtkonzept der Fassade. Diese bestimmen insbesondere Effizienz und Beständigkeit des Systems gegenüber äußeren Einflussfaktoren wie Licht, Wärme, Wasser, Feuchtigkeit, Luft, Wind und Schall.

Statische Anforderungen

Die Fassadenkonstruktion muss in der Lage sein, auf ihre Fläche wirkende Kräfte aus Wind und Eigengewicht in die tragende Konstruktion abzuleiten. Die Befestigungen an der tragenden Konstruktion müssen Verformungen des Tragwerks und Größenänderungen durch Temperaturunterschiede schadensfrei aufnehmen können. Bei Fassaden sind folgende Lastannahmen zu berücksichtigen:

- ▶ Eigengewicht
- ▶ Windlasten
- ▶ Schnee- und Eislasten

- ▶ Sonderlasten (z.B. Gerüstanker, offene Fensterflügel, vorgehängte große Sonnenschutzelemente)
- ▶ Lasten aus Zwangskräften (z.B. aus thermischen oder hygrischen Volumenveränderungen)

Alle genannten Lasten sind im ungünstigsten Sinne auf die Bemessungsgrößen des Fassadenelements auszulegen

Beansprucht werden Fassadenkonstruktionen weiterhin durch:

- ▶ ständige Lasten
- ▶ nicht ständige Lasten

Ständige Lasten

Ständige Lasten bei einer Fassade werden nur durch das Eigengewicht verursacht. Abhängig von der baulichen Gestaltung und der Aufhängeposition der Wand wird die Tragkonstruktion durch das Eigengewicht der Fassade auf Druck oder Zug beansprucht. Zugbeanspruchung entsteht bei Vorhangswänden, die an der oberen Deckenkonstruktion aufgehängt werden. Druckbeanspruchung findet sich bei Vorhangswänden, die ein Auflager in der unteren Deckenkonstruktion haben. Zwischen die Tragkonstruktion gestellte Wände werden ebenfalls auf Druck beansprucht.

Nicht ständige Lasten

Nicht ständige Lasten sind die kurzzeitigen Belastungen durch Winddruck oder -sog, Temperaturänderungen, Belastungsänderungen bei Transport oder Montage, Anpralllasten und nutzungsbedingte Belastungen.

Windlasten wirken in horizontaler Ebene auf das Wandelement. Zusammen mit den Lasten aus dem Eigengewicht (Einwirkung in vertikaler Ebene) werden diese über die Verankerungsstelle in die tragende Konstruktion abgeleitet. Die Form des Bauwerks wie z.B. Gebäudehöhe, geschlossene oder offenen Gebäude sowie der Standort wie z.B. Höhe des Gebäudes über Gelände beeinflussen maßgeblich die einwirkende Windlast. Diese setzt sich aus dem auf das Gebäude wirkenden Staudruck je Flächeneinheit in Form von Druck- und Sogwirkung und einem Parameter c zusammen.

Winddruck je Flächeneinheit der Bauwerksoberfläche:

$$w = c_p \times q \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

mit:

- Q Staudruck [kN/m²]
C aerodynamischer Beiwert

Der Staudruck q ist abhängig von den verschiedenen Höhen über dem umgebenden Gelände und den dabei auftretenden Windgeschwindigkeiten:

$$q = v^2 / 1.600 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

mit:

- V Windgeschwindigkeit [m/s]

Der Beiwert c dient zur Ermittlung der Windlast. Es werden Außendruckbeiwerte, c_{pe} , und Innen druckbeiwerte, c_{pi} , unterschieden. Die Werte sind abhängig von verschiedenen Baukörpern und der Neigung zu ihren Begrenzungsflächen. Für die Bemessung von Fassaden müssen die Werte um 25 % erhöht werden.

Tab. 1: Windgeschwindigkeit v und Staudruck q in Abhängigkeit von der Geländehöhe

Höhe über Gelände [m]	0 bis 8	> 8 bis 20	> 20 bis 100	< 100
Windgeschwindigkeit [m/s]	28,3	25,8	42,0	45,6
Staudruck q [kN/m ²]	0,5	0,8	1,1	1,3

Eine Fassade wird durch Wind auf Biegung beansprucht. Diese Durchbiegung kann rechnerisch ermittelt werden. Eine optimale Durchbiegung liegt bei 1/300, bei Fassadenelementen mit einer Stützweite von bis zu 3 m sollte eine Durchbiegung von 1/200 bevorzugt werden.

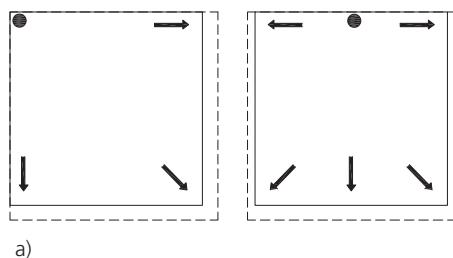
Anpralllasten sind durch die Gebäudenutzung zufällig verursachte Stöße weicher und harter Art. Bei allen Stockwerken muss gewährleistet sein, dass Stöße durch weiche Körper (Aufprall eines Menschen oder Tiers) vom Gebäudeinneren nach außen abgefangen werden können. Im Erdgeschoss und im ersten Obergeschoß gilt dies auch von außen nach innen. Weiterhin müssen die Füllélémente

nicht tragender Außenwände Seitenkräfte („Menschengedränge“) von 0,5 bis 1,0 kN/m (Einwirkhöhe 1 m) aufnehmen können.

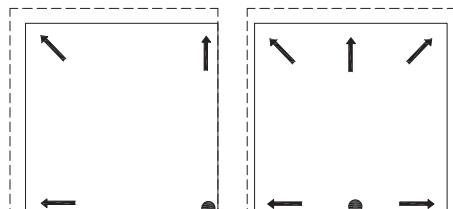
Nutzungsbedingte Lasten (z.B. sich aus dem Fenster lehnende Person) verursachen zusätzliche Lasten, die bei der Dimensionierung des Tragwerks mit 0,5 kN/m zu berücksichtigen sind.

Temperaturänderungen

Infolge *Temperaturänderungen* kommt es zu Längenänderungen der Bauteile. Dies ist insbesondere für Fassaden bedeutsam, die nach Süden, Südosten und Westen orientiert sind. Die Konstruktion muss so ausgeführt werden, dass durch diese *Temperaturverformungen* keine zusätzlichen Spannungen und Deformationen auftreten können.



a)



b)

Bild 1: Erforderliche Ausdehnungsrichtungen

- a) für ein an der Oberseite befestigtes Element (Element aufgestellt)
- b) für ein an der Unterseite befestigtes Element (Aufhängung)

Materialien mit großer Wärmedehnzahl benötigen einen großen Ausdehnungsspielraum. Bei der Verwendung von Metallen, die aufgrund ihrer geringen Masse bei Fassaden oft verwendet werden, ist darauf besonders zu achten. Die Längenänderung der Bauteile kann wie folgt ermittelt werden:

$$l = l_0 (1 + \alpha_1 \Delta T)$$

Die Verlängerungsgröße des Bauteils wird bestimmt durch:

$$\Delta l = \alpha_1 \Delta T \text{ [m]}$$

mit:

L	Länge des Elements bei der Temperatur T [m]
l_0	Länge des Elements bei der Temperatur 20 °C
ΔT	Temperatur T [°C]
α_1	Wärmedehnzahl [K ⁻¹]

Die ermittelten Werte sind theoretisch und gelten nur für geschweißte Verbindungen. Bei allen anderen Verbindungsarten werden die Längenänderungen an den Verbindungsstellen teilweise ausgeglichen. Beim festen Einspannen darf die berechnete Materialspannung vom Gesichtspunkt des ersten Grenzzustands aus nicht überschritten werden. Die für die Berechnung der Längenausdehnung und Spannungen infolge der Temperaturänderung erforderlichen Werte sind in der folgenden Tabelle 2 zusammengefasst.

Formänderungen durch die Temperatur sind nicht zu verhindern. Durch eine ausreichende Anordnung von Dehn- und Schwindfugen sind Schäden zu vermeiden.

Tab. 2: Spezifische Masse, lineare Wärmedehnzahlen ausgesuchter Stoffe

Stoff	Spezifische Dichte [kg/m ³]	Lineare Wärmedehnzahl T [1/K]	Elastizitätsmodul bei Druck E/10 ⁻³ [Mpa]	Wärmespannung α_1 bei $\Delta T = 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ [Pa]
Kupfer	8.930	$1,7 \times 10^{-5}$	120	204
Stahl	7.860	$1,2 \times 10^{-5}$	210	252
nichtrostender Stahl	7.800	$1,6 \times 10^{-5}$	210	336
Zink	7.130	$2,9 \times 10^{-5}$	100	290
Aluminium	2.700	$2,4 \times 10^{-5}$	70	161
Glas	2.400 2.600	$0,8 \times 10^{-5}$	60–80	64
Holz	600 800	$0,5 \times 10^{-5}$	10	5

Feuchteschutz

Feuchteschutz von außen

Fassadenkonstruktionen müssen einer starken Feuchtigkeitsbeanspruchung resultierend aus der Witterung dauerhaft standhalten. Die Oberfläche der Fassadenkonstruktion soll die darunterliegenden Schichten vor dem Eindringen von Feuchtigkeit schützen.

Starker Regen kombiniert mit Wind führt zu Schlagregen. Eine Durchfeuchtung aufgrund von Schlagregen kann zu Schäden in Fassadenkonstruktionen führen. Dringt Regenwasser durch den Winddruck in die Konstruktion ein, kommt es zu Schäden wie Korrosion, Schimmelbildung und einer Minderung der Wärmedämmegenschaften. Zur Planung einer Fassade ist zu beachten, wo die örtlich vorherrschende Hauptwindrichtung ist, da die Fassaden unterschiedlich stark dem Schlagregen ausgesetzt sind. Es ist zu prüfen, ob im Einzelnen Maßnahmen für den Schlagregenschutz zu beachten sind. In der DIN 4108-3 Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden: Klimabedingter Feuchteschutz; Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung ist die Beanspruchung in drei Gruppen abhängig von der mittleren Jahresniederschlagsmenge und der Windbelastung aufgeteilt

Feuchteschutz von innen

Prinzipiell gilt in unseren Klimaregionen:

- ▶ innen dampfdichter als außen
- ▶ außen möglichst wasserabweisend

Die Dampfdruckdifferenz zwischen den einzelnen Schichten sollte schneller abgebaut werden, als die Temperaturdifferenz, da es sonst zur *Kondensation* in den Schichten kommen kann. Besonders bei Wärmebrücken kommt es durch den geringeren Wärmedurchlasswiderstand zu einem raumseitigen Abfall der Lufttemperatur. Bei mehrschaligen Wandaufbauten kann sich Kondensat bilden, wenn feuchte Raumluft in Fassadenzwischenräumen auf kalte Oberflächen trifft. Zur sicheren Vermeidung sollte die Wärmedämmung in der äußeren Schicht liegen oder eine Hinterlüftung des Zwischenraums erfolgen.

In den Konstruktionsaufbauten von Fassaden ist besonders auf die Abdichtung und Dichtigkeit von Befestigung, Halterungen und Fugen zu achten. Um den Ausfall von Kondensat bzw. den starken Anstieg der wandnahen relativen Luftfeuchte zu vermeiden, fordert die DIN 4108 Wärmeschutz im Hochbau für den Temperaturfaktor f_{Rsi} die Einhaltung des Werts $> 0,7$. Diese Anforderung besagt, dass von der gesamten Temperaturdifferenz zwischen innen und außen nicht mehr als 30 % bis zur raumseitigen Oberfläche und entsprechend mehr als 70 % zwischen raumseitiger Oberfläche und Außenraum abgebaut werden dürfen.

Schallschutz

Die Anforderungen einer Fassade hinsichtlich des Schallschutzes sind unter den Gesichtspunkten des Schutzes vor Außenlärm z.B. Verkehrslärm, Fluglärm, Industrieanlagen sowie des tatsächlichen Geräuschpegels im Innenraum eines Gebäudes zu planen.

Die Mindestanforderungen an den Schallschutz werden durch die DIN 4109 Schallschutz im Hochbau geregelt. Gemessen und eingeordnet werden Fassaden in der DIN 52210 Bauakustische Prüfungen mit bewerteten Schalldämmmaßen in die Schallschutzklassen 1 bis 6 nach VDI-Richtlinie 2719 Schalldämmung von Fenstern und deren Zusatzeinrichtungen. Diese gibt Aufschluss über Lärmpegelbereiche und einzuhaltende Schalldämmmaße des Außenbauteils, bei unterschiedlichen Raumnutzungen, beispielsweise Büro- oder Schlafräumen.

Zur Ermittlung der geeigneten Fassade sollte das Verhältnis der schallübertragenden Fläche der Fassade zur schallabsorbierenden Fläche des Innenraumes eines Gebäudes im Zusammenhang betrachtet werden. Wandanschlüsse an der Fassade haben Auswirkungen auf die Schalldämmung innerhalb von benachbarten Räumen. In diesem Zuge sollten besonders die Fugen zwischen Fassadenelementen Beachtung finden. Bei Decken- und Wandanschlüssen von Fassaden sind die Anschlüsse gegen die Übertragung von Schall mit entsprechenden konstruktiven Maßnahmen zu versehen. Durch die Verwendung poriger Oberflächen kann der Absorptionsgrad begrenzender Oberflächen erhöht werden. Mit dem Einsatz von Isolierglas können bei einer Fassade die Schallschutzklassen 4 bis 6 nach VDI-Richtlinie 2719 erreicht werden, Voraussetzung ist die fachgerechte Planung und Ausführung.

Brandschutz

Bezüglich der bauaufsichtlichen Anforderungen an den Brandschutz ist die jeweilige Landesbauordnung zu berücksichtigen. Die Anforderungen hängen z.B. von der Gebäudehöhe oder von der Anzahl der Geschosse ab. Die DIN 4102, mit der in Deutschland das Brandverhalten von WDVS geprüft wird, legt die Anforderungen an die Standards sehr hoch. Sie definiert genau, welcher Baustoff wie verwendet werden darf und welche Zusatzmaßnahmen bei welchen Stoffen getroffen werden müssen, bei Gebäuden mit mehr als drei Geschossen z.B. der Einbau von Brandschutzziegeln oder die zusätzliche Verkleidung von Außenwandöffnungen.

Im Vergleich zu einschaligen Fassaden sind bei zweischaligen Fassaden zusätzliche Maßnahmen zu ergreifen, um die Brandschutzanforderungen zu erfüllen und ein Übergreifen und Ausbreiten des Brands bzw. Rauchs über die Fassadenzwischenräume zu verhindern.

Gegenüber einer einschaligen Fassade bestehen mindestens folgende Unterschiede:

- ▶ Es erhöht sich die Gefahr der Brandweiterleitung über den Fassadenzwischenraum.
- ▶ Die erforderliche Unterkonstruktion der Doppel-fassade muss bei einem lokalen Brand das statische Versagen der äußeren Ebene verhindern.
- ▶ Die sichtbare Lokalisierung des Brands ist bei einer nicht beschädigten Außenebene (anfängliche Brandentstehung) schwieriger durchzuführen. Das Anleitern der Rettungskräfte ist in diesem Zustand erschwert.
- ▶ Eine oft nicht ausreichend dimensionierte Zu- und Ablüftung der Räume sind Gründe, dass eine schnelle Entrauchung des Fassadenzwischenraums nicht möglich ist.

Im Juni 2010 wurden die Brandschutzanforderungen an vorgehängte hinterlüftete Fassaden neu geregelt. Die DIN 18516-1 beschreibt vor allem konstruktive Anforderungen wie z.B. die Statik von vorgehängten hinterlüfteten Fassaden. Bei den Anforderungen an den Brandschutz wird darin auf die Musterliste der Technischen Baubestimmungen verwiesen.

Die in der Musterliste der Technischen Baubestimmungen dargestellten technischen Regeln sind Bestandteil der Musterbauordnung und damit in den meisten Fällen gleichlautend auch in den jeweiligen Landesbauordnungen verankert. Durch die amtliche Einführung einer Technischen Regel ändert diese Regel ihren Rechtscharakter und wird zu einer verbindlichen Technischen Baubestimmung. Der Verweis in der DIN 18516-1 ist damit absolut bindend.

Bisher wurde in der Musterbauordnung für Außenwandkonstruktionen mit geschossübergreifenden Hohl- und Lufträumen gefordert, „besondere Vorkehrungen gegen die Brandausbreitung zu treffen“. Darunter verstand man in der Regel den Einsatz von nichtbrennbaren Riegeln in der Fassadenkonstruktion.

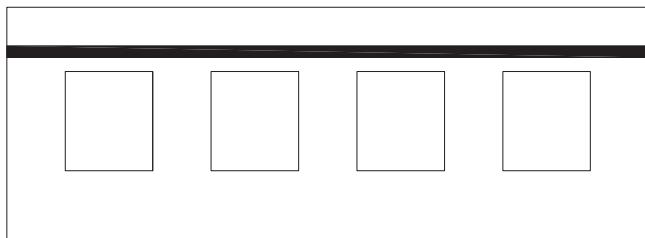


Bild 2: Anordnung der horizontalen Brandsperre über den Fenstern

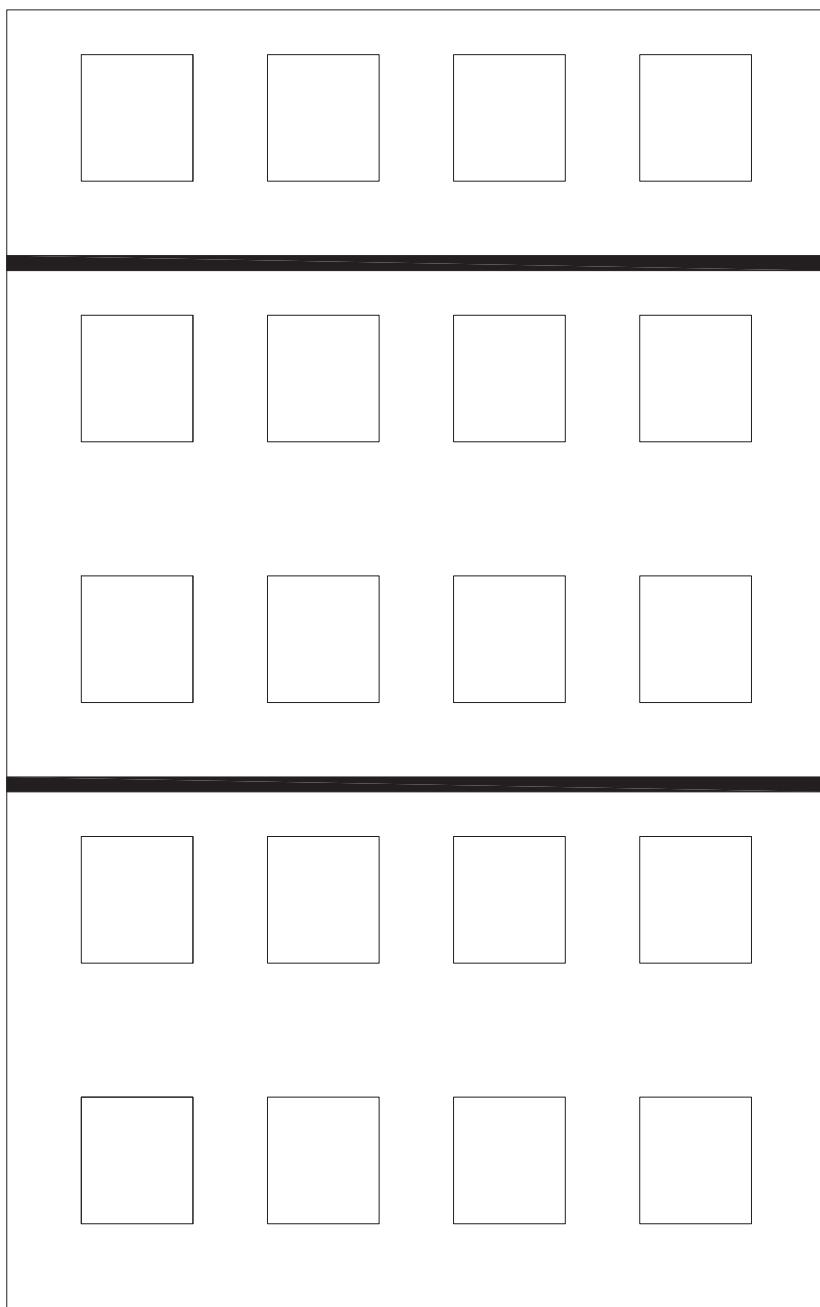
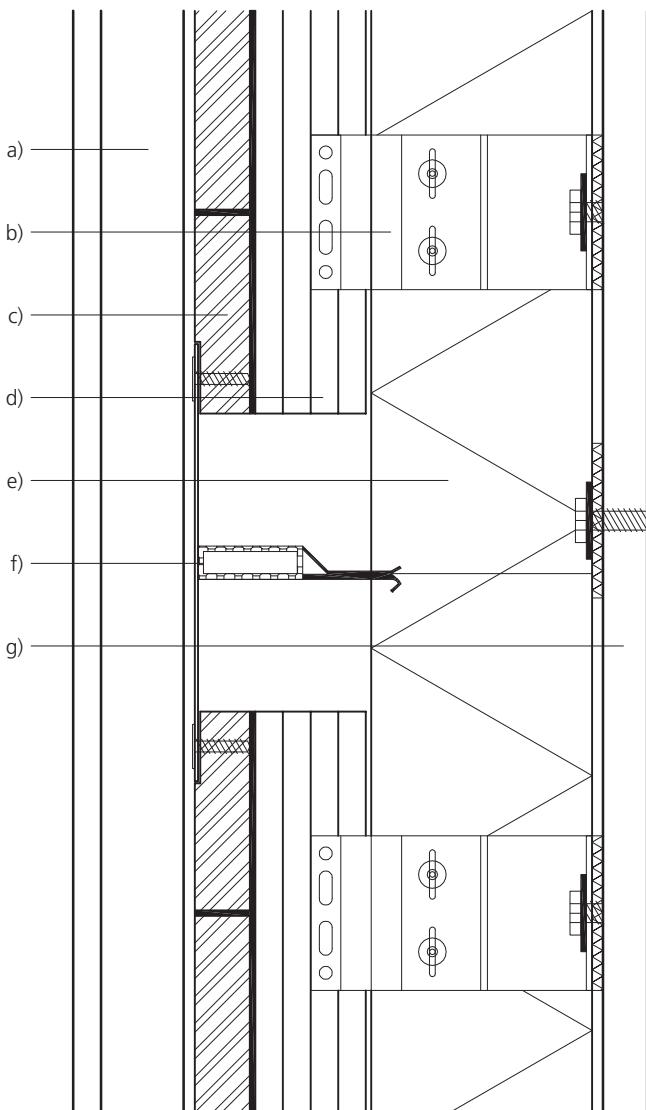


Bild 3: Anordnung horizontale Brandsperren nach DIN 18516-1, Anlage 2.6/11 mindestens alle zwei Vollgeschosse

Erstmals sind *Brandsperren* und ihre Funktion in der neuen Anlage zur DIN 18516-1 beschrieben. Hier wird gesagt, dass Brandsperren Bauteile sind, die eine Brandausbreitung über die Hohlräume einer hinterlüfteten Fassade behindern müssen. Eingegebauten speziell geprüfte Labyrinthbleche im Hinterlüftungsraum verengen die Hinterlüftung und lenken die im Brandfall eingedrungenen Flammen auf die nichtbrennbare Mineralwolleledämmung, um den Brand zu beenden.

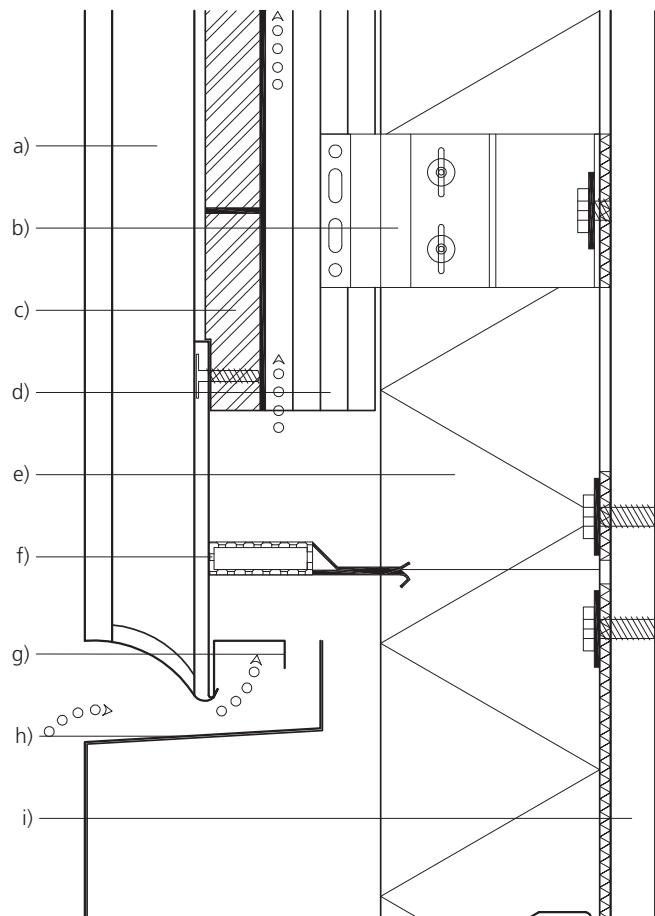


- a) Fassadenprofil
- b) Fassadenhalterung
- c) Holzschalung
- d) Lattung
- e) Dämmung
- f) Brandsperre
- g) Außenwand

Bild 4: Horizontale Brandsperre einer Metallfassade auf einer Holzschalung

Eine zweite Variante von Brandsperren sind Bauteile, die durch Hitzeeinwirkung aufquellen und damit den Hinterlüftungsraum komplett verschließen.

Beide Varianten müssen im Brandfall mindestens 30 Minuten lang hinreichend formstabil sein. Sie werden in Abständen von 60 cm in der Wand verankert, und die Labyrinthbleche werden 30 mm überlappend montiert.



- a) Fassadenprofil
- b) Fassadenhalterung
- c) Holzschalung
- d) Lattung
- e) Dämmung
- f) Brandsperre
- g) Insektenschutz
- h) Sturzprofil
- i) Außenwand

Bild 5: Horizontale Brandsperre einer Metallfassade über dem Fenstersturz vor der Holzschalung

Wärmeschutz

Eine zu errichtende Fassade muss nach der *Energieeinsparverordnung* (EnEV) sowie der DIN 4108 Wärmeschutz im Hochbau den Mindestwärmeschutz nach den anerkannten Regeln der Technik erfüllen.

Bei der Planung einer Fassade können durch Auswahl der geeigneten Dämmmaterialien und Konstruktionen Heizleistung verringert und daraus folgend die Investitions- und Betriebskosten gesenkt werden.

Der Aufbau einer Fassade sollte möglichst so gewählt werden, dass konstruktive Wärmebrücken so gering wie möglich gehalten werden. Wärmebrücken treten an Außen- und Innenecken sowie Ver sprünge in Dichtungs- oder Dämmebene auf und sind oft kritische Stellen bei der Umsetzung.

Seit 01.05.2014 ist die neue Energieeinsparverordnung (EnEV 2014) in Kraft getreten. Die Anforderungen an die Fassade ändern sich erst zum 01.01.2016,

dann sind die jetzt geforderten Werte um 25 % zu reduzieren. Momentan gilt ein Wärmedurchgangskoeffizient bei Außenwänden/Fassaden:

- ▶ Neubau von Außenwänden/Fassaden
 $U = 0,28 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
- ▶ Erneuerung von Außenwänden/Fassaden
 $U = 0,24 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
- ▶ Erneuerung von Vorhangsfassaden
 $U = 1,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
- ▶ Bei einer Kerndämmung von mehrschichtigem Mauerwerk sind die Anforderungen der EnEV 2014 dann erfüllt, wenn der bestehende Hohlräum zwischen den Schalen vollständig mit Dämmmaterial der Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,045 \text{ W/(mK)}$ ausgefüllt wird.

Sonderregelungen gelten z.B. für denkmalgeschützte Häuser, bei Sichtfachwerk oder wenn der Platz für die Dämmung aus technischen Gründen begrenzt ist. Dann gelten die Anforderungen bereits als erfüllt, wenn die nach den anerkannten Regeln der Technik höchstmögliche Dämmschichtdicke der Wärmeleitfähigkeit $\lambda = 0,035 \text{ W/(mK)}$ eingebaut wird.

Fassaden: Konstruktion – Sanierung – Projekte

Spezialwissen zur regelgerechten Konstruktion und Sanierung von Fassaden

Die Fassade ist ein essenzieller Bestandteil des Gebäudes. Sie ist zahlreichen äußeren Einflüssen ausgesetzt: Witterungseinflüsse greifen die Fassade an und machen eine regelmäßige Wartung und Sanierung erforderlich.

Das neue Fachbuch „Fassaden: Konstruktion – Sanierung – Projekte“ bietet Architekten und Ingenieuren, aber auch Handwerkern wichtiges Fachwissen zur regelgerechten Konstruktion, Sanierung und Instandhaltung von Fassaden.

Sinnvolle technische und konstruktive Lösungen erfordern einen immer höheren Planungsaufwand und ebenfalls spezielles Wissen bei der Umsetzung. Das vorliegende Fachbuch erläutert die Grundprinzipien einer Fassade und behandelt die verschiedenen Anforderungen (Bauphysik, Brandschutz, Statik), die an eine Fassade gestellt werden. Es werden unterschiedliche Fassadensysteme vorgestellt, wobei ein zusätzlicher Fokus auf die jeweiligen Möglichkeiten und Techniken der Sanierung gelegt wird. Aussagekräftige Projektbeispiele stellen den direkten Praxisbezug her.

Aus dem Inhalt in Kürze:

- Einführung – Allgemeines
- Grundprinzipien von Fassaden
- Fassadensysteme
- Klimaaktive Fassadenelemente
- Bauschäden
- Normen und Gesetze
- **Auf CD-ROM:** direkt übernehmbare Konstruktionsdetails in den gängigen Dateiformaten DWG und DXF für CAD-Software