

Fassadenelemente für den Gebäudebestand



Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	3	10	Schlussfolgerungen und Ausblick	26
2	Ausgangssituation	3	11	Anhang	27
2.1	Gebäudebestand in der BRD	3	11.1	Literatur	27
2.2	Energie-Einsparverordnung	3	11.2	Bildquellen	28
2.3	Energiepass für Gebäude	4			
2.4	Lebensdauer von Fassaden	5			
3	Grundfunktionen von vorgehängten Fassaden	6			
3.1	Schlagregenschutz	6			
3.2	Winterlicher Wärmeschutz	6			
3.3	Sommerlicher Wärmeschutz	7			
3.4	Raumlufthygiene und Wohnqualität	8			
3.5	Bauwerkserhaltung	8			
3.6	Corporate Design	9			
3.7	Zusatzanforderungen	10			
4	Komponenten von Holzfassaden	10			
4.1	Unterkonstruktion	10			
4.2	Dämmung	10			
4.3	Verankerung	11			
4.4	Bekleidung	12			
4.5	Oberflächenbeschichtung	12			
5	Grundlagen für die Planung und Ausführung	14			
5.1	Baurecht	14			
5.2	Standsicherheit	14			
5.3	Untergrundbeschaffenheit	14			
5.4	Vermeidung Wärmebrücken	14			
5.5	Hinterlüftete Fassaden	15			
5.6	Unterlüftete Fassaden	15			
5.7	Verhalten gegenüber Feuchteschwankungen	15			
5.8	Verhalten gegenüber Temperaturschwankungen	16			
5.9	Brandschutz	16			
5.10	Schallschutz	16			
5.11	Leistungsbeschreibung	16			
6	Bauarten	17			
6.1	Vollholzfassaden	17			
6.2	Fassadenelemente mit Holzwerkstoffen	18			
6.3	Holz-Glas-Elemente	19			
6.4	Transparente Wärmedämmung	20			
6.5	Solarfassaden	20			
7	CAD-CAM-Technologien im Gebäudebestand	24			
7.1	Berührungslose Gebäudeerfassung	24			
7.2	CAD-Planung	25			
7.3	CNC-Fertigung	25			
7.4	Montage	26			
8	Holztafelelemente zur Erneuerung der Gebäudehülle	21			
9	Vorgehängte Holztafelelemente	23			

Impressum**Herausgeber:**

Absatzförderungsfonds
der deutschen Forst- und Holzwirtschaft
– HOLZABSATZFONDS –
Anstalt des öffentlichen Rechts
Godesberger Allee 142–148, D-53175 Bonn
und
DGfH Innovations- und Service GmbH
Postfach 31 01 31, D-80102 München
mail@dgfh.de
www.dgfh.de

Redaktion:

Dipl.-Ing. (FH) Martin Fischer, München

Bearbeitung:

Dipl.-Ing. Josef Egle, Übersee
Dr. Ing. Frank Otto, Kassel (Kap. 3.2–3.4)

Technische Anfragen an:

Überregionale Fachberatung:
0 18 02-46 59 00
(0,06 €/Gespräch)
fachberatung@infoholz.de
www.fachberatung.infoholz.de
www.informationsdienst-holz.de

**Hinweise zu Änderungen,
Ergänzungen und Errata unter:**

www.informationsdienst-holz.de

Die technischen Informationen dieser Schrift entsprechen zum Zeitpunkt der Drucklegung den anerkannten Regeln der Technik. Eine Haftung für den Inhalt kann trotz sorgfältigster Bearbeitung und Korrektur nicht übernommen werden.

In diese Broschüre sind Ergebnisse aus zahlreichen Forschungsprojekten eingeflossen. Für deren Förderung danken wir der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF), der Arbeitsgemeinschaft Bau-forschung (ARGE BAU), den Forst- und Wirtschaftsministerien des Bundes und der Länder und der Holzwirtschaft.

Gestaltung:

Creativ Mediendesign GmbH, Ottobrunn

Erschienen: 07/2005
ISSN-Nr. 0466-2114

holzbau handbuch

Reihe 1: Entwurf und Konstruktion
Teil 9: Fassaden und
Außenwandbekleidungen
Folge 5: Fassadenelemente
für den Gebäudebestand

1 Einführung

Der Wohnungsbestand in der Bundesrepublik Deutschland kommt in die Jahre. Mehr als 75% unserer Wohnungen sind vor 1978 errichtet worden [15]. Viele dieser Bauten gelten aus heutiger Sicht geradezu als Energieverschwender, insbesondere im Hinblick auf den Heizwärmebedarf. Die fossilen Energieträger Öl, Erdgas und Kohle, welche im Gebäudebestand fast ausschließlich zum Einsatz kommen, stehen nur in begrenzten Mengen zur Verfügung. Zugleich wird es eine der zentralen Herausforderungen der nächsten Jahre sein, zur Reduzierung des Treibhauseffektes den Ausstoß von Schadstoffen, insbesondere CO₂, deutlich zu reduzieren. Maßnahmen hierin werden nur dann Wirkung zeigen, wenn neben Neubauten insbesondere der Gebäudebestand einbezogen wird. Folglich wurden verbindliche Regelungen hierzu in der Energieeinsparverordnung (EnEV) verankert.

Der Bau- und Werkstoff Holz wird für die Herstellung von Außenfassaden wieder entdeckt. Holz schützt die Bausubstanz nicht nur dauerhaft gegen Feuchte, Wärme oder Kälte. Auch das optische Erscheinungsbild, somit das „Gesicht“ von Gebäuden, kann hiermit neu und zeitgemäß gestaltet werden. Für Architekten, Planer und Bauherrn bietet der Werkstoff Holz eine Fülle von Varianten und Freiheitsgraden.

Zusätzlich zu den traditionellen Fassaden aus kleinformatischen Brettern, Leisten und Schindeln finden größerflächige Tafeln von Holzwerkstoffen verstärkt Anwendung auch für Außenwandbekleidungen. Der Baustoff Holz ist aufgrund seiner physikalischen Eigenschaften für die Herstellung und Montage großformatiger Fassadenelemente geradezu prädestiniert. Für Planer und Ausführende liegen hierin interessante gestalterische und wirtschaftliche Entwicklungspotenziale.

Dabei wirken Fassaden in Holz dem Ausstoß von CO₂ gleich in zweifacher Weise entgegen. Während des Wachstums entzieht der Baum unserer Atmosphäre dieses Treibhausgas und lagert es im Stamm, den Ästen und dem Wurzelwerk. In der späteren baulichen Nutzung des Baumes bleibt das CO₂ weiter gebunden. Zusätzlich wird die Entstehung neuer Treibhausgase durch verbesserte Dämmeigenschaften der Fassade deutlich gesenkt.

2 Ausgangssituation

2.1 Gebäudebestand in der BRD

Die Bundesrepublik verfügt über etwa 17 Mio Wohngebäude mit mehr als 37 Mio Wohneinheiten. 30 Mio Wohnungen entfallen hiervon auf das frühere Bundesgebiet, knapp 7.5 Mio auf die neuen Bundesländer und Berlin Ost.

Mit Einführung der Energieeinsparverordnung EnEV [1] im Jahre 2002 wurde der durchschnittliche Heizenergiebedarf bei neu zu errichtenden Einfamilienhäusern auf etwa 70 kWh je m² Wohnfläche und Jahr abgesenkt. Dieser auch als Niedrigenergiestandard bezeichnete Bereich entspricht einem Heizölbedarf von rund 7 Litern je m². Der durchschnittliche Heizenergiebedarf im Gebäudebestand liegt im Gegensatz hierzu entsprechend Abbildung 2.1 bei etwa 250 kWh/m²a oder 25 Litern Heizöl, also knapp viermal so hoch.

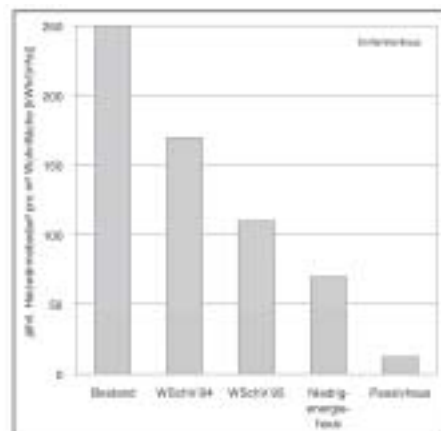







Abb. 2.1: Jährlicher Heizwärmebedarf bei Einfamilienhäusern

Fassaden, somit Außenwände und Glaselemente, bilden den größten Anteil der wärmeabgebenden Hüllfläche von Gebäuden. Während der Anteil im Ein- und Zweifamilienhausbereich im Mittel 40–50% beträgt, nimmt dieser im Geschosswohnbau auf bis zu 80% zu:

Tabelle 2.1: Anteil Fassaden an Gebäudehüllfläche nach Wohneinheiten

Gebäudetyp	Anteil Fassade an Hüllfläche
 1 WE	ca. 40–50%
 2 WE	ca. 45–55%
 3–6 WE	ca. 50–60%
 7–12 WE	ca. 60–80%
 > 12 WE	

Aus Sicht der Gebäudesanierung und Instandhaltung stellen Ein- und Zweifamilienhäuser mit 14.2 Mio Wohngebäuden oder 81% die mit Abstand größte Gebäudegruppe in der BRD dar:

Wohngebäude (in Mio.)

Über 12 WE	0,3
7–12 WE	0,7
3–6 WE	2,2
2 WE	3,5
1 WE	10,7
Gesamt	17,2

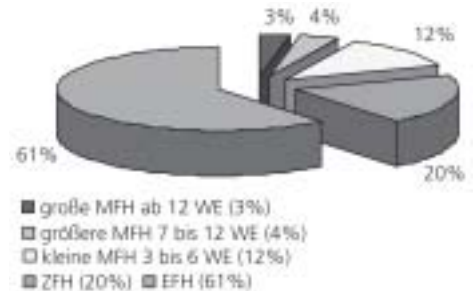


Abb. 2.2: Struktur Wohngebäude BRD nach Anzahl Wohneinheiten

Über 3/4 unseres Gebäudebestandes stammen aus einer Zeit, als noch keine besonderen Anforderungen an den Wärmeschutz gestellt wurden. Alle Wohnungen zusammen, welche vor dem Inkrafttreten der 2. Wärmeschutzverordnung 1984 gebaut wurden, stellen 82% des Wohngebäudebestandes dar. Zugleich verbrauchen sie etwa 96% der gesamten in der Bundesrepublik Deutschland benötigten Heizenergie.

Tabelle 2.2 zeigt die Verteilung des Wohnungsbestandes nach Gebäudetypen, Alter und Heizenergiebedarf. Der hohe Anteil alter Gebäude mit ungenügender Wärmedämmung sowohl in den alten wie auch den neuen Bundesländern ist charakteristisch.

- Bauten der 50er bis 70er Jahre durchlaufen den 1. großen Sanierungszyklus
- Reonvierte Vorkriegsbauten durchlaufen den 2. großen Sanierungszyklus
- Die thermische Sanierung von Fassaden im Gebäudebestand bietet die höchsten Einsparpotenziale CO₂
- 50% des Gebäudebestandes werden in den nächsten 20 Jahren umfassend saniert

2.2 Energie-Einsparverordnung

In der geltenden Energieeinsparverordnung EnEV 2004 sind gesetzliche Anforderungen an den Mindestwärmeschutz nicht nur für Neubauten, sondern auch für den Gebäude-

Tabelle 2.2: Anteil Fassaden an Gebäudehüllfläche nach Wohneinheiten

Gebäudetyp	Bauzeit	Heizenergie- Verbrauch [kWh/m ² a]	Wohnfläche [Mio m ²]	Heizenergie Verbrauch [GW/a]
Alte Bundesländer				
Freistehende Ein- und Zweckamillenhäuser	bis 1918	203	201	40,8
	1919-1948	204	116	23,7
	1949-1957	253	114	28,8
	1968-1968	146	205	29,9
	1969-1976	141	184	25,9
	1979-1983	119	94	11,2
	1984-1990	120	85	10,2
Reihenhäuser	bis 1918	203	33	6,7
	1919-1946	166	50	8,3
	1949-1957	163	38	6,2
	1950-1968	171	68	11,6
	1969-1978	162	90	14,6
	1979-1983	121	35	4,2
	1984-1990	94	21	2,0
Kleine Mehrfamilienhäuser	bis 1918	169	151	25,5
	1919-1948	179	82	14,7
	1949-1957	184	119	21,9
	1958-1968	173	170	29,4
	1969-1978	127	127	16,1
	1979-1983	98	54	5,3
	1984-1990	75	49	3,7
Große Mehrfamilienhäuser	bis 1918	161	14	2,2
	1919-1946	164	12	2,0
	1949-1957	151	16	2,4
	1958-1968	153	43	6,6
	1969-1978	123	55	6,8
Hochhäuser	1960-1966	105	14	1,5
	1969-1978	120	16	1,9
Neue Bundesländer				
Freistehende Ein- und Zweifamilienhäuser	bis 1918	312	73	22,8
	1919-1945	285	42	11,9
	1946-1970	335	20	6,7
	1971-1985	181	18	3,3
	1986-1990	152	7	1,1
Kleine Mehrfamilienhäuser	bis 1918	195	43	8,4
	1919-1946	161	41	6,6
	1946-1960	175	15	2,6
	1961-1985	174	40	7,0
Große Mehrfamilienhäuser	bis 1918	195	30	5,9
	1965-1980	109	32	3,5
	1981-1986	106	21	2,2
	1986-1990	87	19	1,7
Hochhäuser	1965-1980	111	18	2,0
	1981-1986	159	4	0,6

bestand aufgenommen worden. Begrenzungen des Wärmedurchganges von Außenwänden im Gebäudebestand sind im Falle von baulichen Veränderungen spätestens dann vorzunehmen, wenn die geplanten Maßnahmen mehr als 20% der anteiligen Fläche betreffen und eine der nachstehenden Bedingungen erfüllt ist (EnEV § 8 in Verbindung mit Anhang 3 Absatz 1 sowie Anhang 3 Absatz 7 Tabelle1):

- Erstmaliger Einbau oder vollständiger Ersatz von Außenwänden
- An der Außenseite von bestehenden Außenwänden werden Bekleidungen in Form von Platten, plattenartigen Bauteilen, Ver-

schalungen oder Mauerwerk-Vorsatzschalen angebracht

- An der Innenseite von bestehenden Außenwänden werden Bekleidungen oder Verschalungen aufgebracht
- In eine bestehende Außenwand werden zusätzliche Dämmschichten eingebaut
- Bei einer bestehenden Außenwand mit einem Wärmedurchgangskoeffizienten U größer $0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ wird der Außenputz erneuert
- In bestehende Fachwerkwände werden neue Ausfachungen eingebracht

Je nach Bauteilanordnung ist der Wärmedurchgangskoeffizient U auf $0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$ bzw. auf $0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$ zu begrenzen.

Abweichende Regelungen gelten für bauliche Veränderungen an bestehenden Vorhangfassaden. Sofern hier Bauteile oder Füllungen erstmalig eingebaut oder ersetzt werden, darf der Maximalwert $1,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ nicht überschritten werden. Im Falle eines mehrschaligen Mauerwerkes gelten die Anforderungen als erfüllt, wenn die bestehenden Hohlräume zwischen den Schalen vollständig mit Dämmstoff ausgefüllt sind. Bei der Verwendung von Sonderverglasungen im Zusammenhang mit vorgehängten Fassaden sind die in der EnEV enthaltenen Regelungen nochmalig gesondert zu prüfen.

2.3 Energiepass für Gebäude

Anders als beim Erwerb von Fahrzeugen oder technischen Haushaltsgeräten wissen Käufer und Mieter von Wohnungen oder Häusern bisher sehr wenig über den Energiebedarf. Zugleich bilden die Heizkosten in den privaten Haushalten den größten Anteil an den Betriebskosten. Durch die Umsetzung der EU-Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden in Verbindung mit Einführung des EnEV 2006 wird die Anfertigung eines Energiepasses für Gebäude obligatorisch. Ab Januar 2006 sind Wohnungsunternehmen und Gebäudebesitzer verpflichtet, bei Neuvermietung oder Verkauf einen Energiepass vorzulegen.

Investitionen in die Gebäudehülle werden damit zu einem zusätzlichen Marketinginstrument.



Abb. 2.3: Muster Bewertungsskala Energiepass

2.4 Lebensdauer von Fassaden

Aussagekräftige wissenschaftliche Untersuchungsergebnisse zur Lebensdauer von Fassaden unterschiedlicher Ausprägung liegen derzeit nicht vor. Zu vielfältig sind die Einflussparameter, welche über Wartungsintervalle und Nutzungsdauer von Fassaden entscheiden:

- Standort des Gebäudes (Höhenlage, Klimazone usw.)
- Schutzfunktionen (z.B. Vordächer, umliegende Bebauung, Anbauten)
- Güte und Art von Baustoffen
- Mechanische Beanspruchung (u.a. Vibrationen, Erschütterungen, Spannungen, Rissbildung)
- Art und Beschaffenheit von Oberflächenbeschichtungen

- Hinterlüftungsquerschnitte
- Tauwasserprozesse, Umkehrdiffusion

DIN 4108-3 [17] klassifiziert drei Beanspruchungsgruppen unter Berücksichtigung der örtlichen Windgeschwindigkeiten sowie den durchschnittlichen jährlichen Regenmengen:

Tabelle 2.3: Beanspruchungsgruppen nach DIN 4108-3

Gruppe	I	II	III
Beanspruchung	gering	mittel	stark
Jahresniederschlag	< 600 mm	< 800 mm	> 800 mm
Lage	geschützt	geringe Schlagregenbeanspruchung Hochhäuser und Gebäude in exponierter Lage	mittlere

Küstengebiete und Gebirgslagen sind der Beanspruchungsgruppe III auch dann zuzuordnen, wenn die durchschnittliche Niederschlagsmenge < 800 mm ist.

Fassaden in Holzkonstruktion mit Hinterlüftung bzw. mit Ausführung nach DIN 68800-2 Punkt 8.2 [18] sind stets für den Einsatz in Beanspruchungsgruppe 3 geeignet. Für die Zuordnung der Niederschlagsmengen im Gebiet der Bundesrepublik Deutschland kann die sogenannte „Regenkarte“ DIN 4108-3 Anhang A herangezogen werden.

Bei thermischen Sanierungsarbeiten im Gebäudebestand liegen als ursprüngliche außenseitige Wandoberfläche überwiegend verputzte Flächen vor, in seltenen Fällen auch vorgehängte Fassaden. Nach dem III. Bauschadensbericht des Ministeriums für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau sind an verputzten Fassaden innerhalb eines Zeitraumes von 80 Jahren 3 Maßnahmen zur Bauwerksunterhaltung durchzuführen. Rein statistisch fallen somit in Zeitintervallen von 27 Jahren solche Maßnahmen an, welche typischer Weise aus einer grundlegenden Renovierung oder Erneuerung des Putzes bestehen. Innerhalb dieser 80 Jahre sind hiernach für die Instandhaltung des Verputzes etwa 130% der ursprünglichen Kosten aufzuwenden.

Im Gegensatz hierzu sind naturbelassene Bekleidungen aus Holz, insbesondere als gespaltene Holzschindeln, mit deutlich längeren Standzeiten anzutreffen. Brettschalungen, in der Vergangenheit häufig in senkrechter Anordnung überlukt ausgeführt, ermöglichen Standzeiten von 40 Jahren und höher. Die außerordentlich hohe Resistenz von Holz bei Beachtung baulichkonstruktiver Grundregeln kann am Beispiel solcher Fassaden mehr als eindrucksvoll dokumentiert werden. Abbildung 2.5 zeigt eine handwerklich errichtete Boden-Deckel-Schalung in Holzart Lärche an der Westfassade eines öffentlichen Gebäudes. Die Holzschalung mit einem Alter von ca. 50 Jahren hat zwei Sanierungszyklen der weiteren Fassadenflächen überdauert.



Abb. 2.5: Vorgehängte unterlüftete Boden-Deckel-Schalung in Holzart Lärche

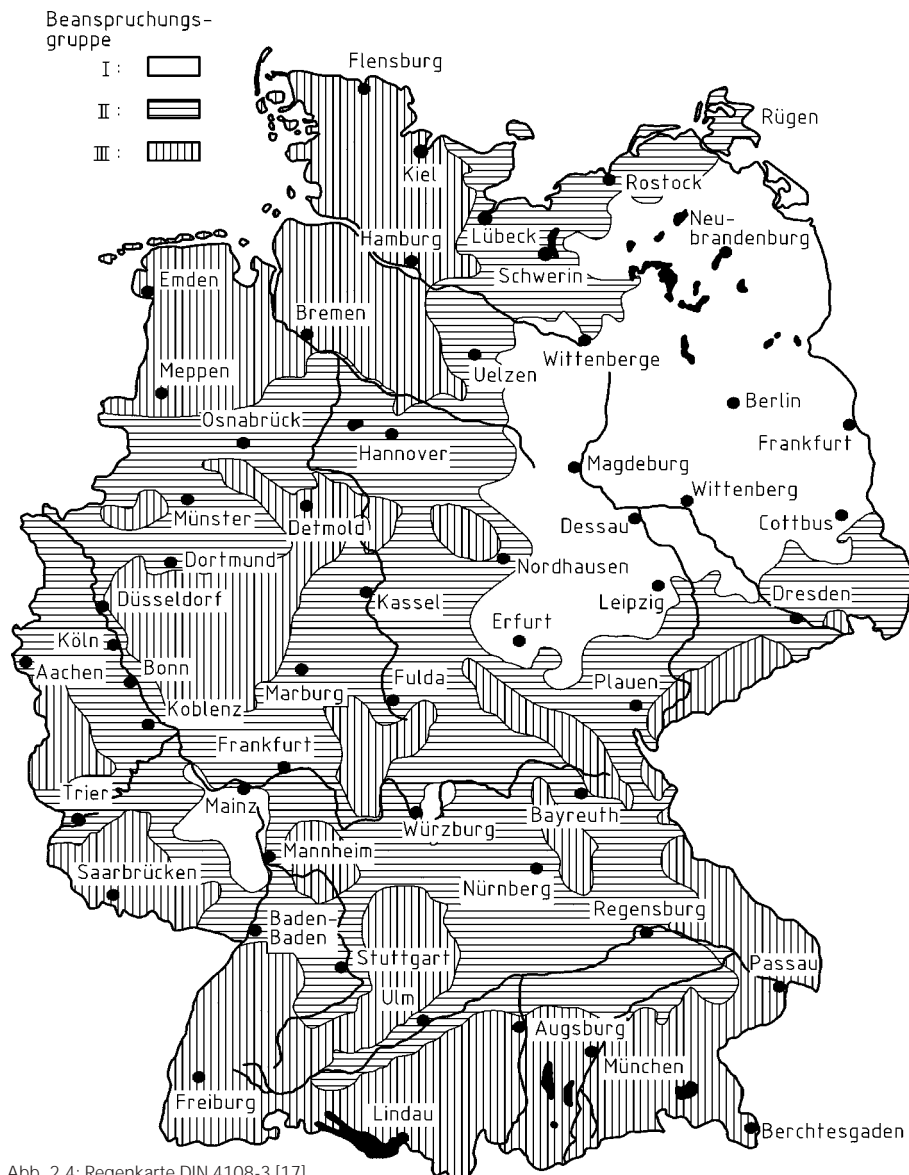


Abb. 2.4: Regenkarte DIN 4108-3 [17]

3 Grundfunktionen von vorgehängten Fassaden

3.1 Schlagregenschutz

Über längere Zeiträume anliegende Feuchte ist der Feind Nummer 1 aller heute bekannten Bauweisen und Baumaterialien. Bei unzutraglichen Feuchtekonzentrationen können Baustoffe durch biologische und/oder chemische Prozesse eine vorzeitige Schädigung erleiden. Zugleich muss bei einer Feuchteaufnahme der thermisch wirksamen Schichten mit einer Reduzierung der Dämmwirkung gerechnet werden. Nicht zuletzt treten an älteren Putzfassaden mechanische Schädigungen durch Frost auf. Vorgehängte Fassaden als äußere Schutzhülle des Wandkernes halten Regen und Feuchte von der Außenseite fern. Die Intervalle für Nachbearbeitung oder Instandsetzung von Fassaden hängen in besonderer Weise mit der Fähigkeit zusammen, auftretendes Oberflächenwasser rasch und sicher abzuleiten. Eine Befeuchtung des Bekleidungsmaterials oder der dahinter befindlichen Schichten ist unschädlich, wenn durch geeignete konstruktive Maßnahmen diese Feuchtemengen wieder an die Umgebung abgeführt werden (Vermeidung von „Feuchtenestern“). Hierzu sind drei wichtige Anforderungen zu erfüllen:

- Möglichst ungestörte Ableitung der auftretenden Regentropfen sowohl in der Fassade als auch im Bereich von Anschlüssen und Übergängen
- Hinterlüftung oder Belüftung der Konstruktion für eine beschleunigte Abtrocknung des Zwischenraumes zwischen Rückseite Bekleidung und Vorderseite Dämmung/Wandkern
- Entkopplung von bewitterter Fassadeoberfläche und Wandkern, Vermeidung von Feuchtebelastungen in diesem Bereich (Umkehrdiffusion).

Fassadenkonstruktionen in Holz sind seit jeher nach diesem Grundprinzip aufgebaut. Stets handelt es sich um vorgehängte Schutzbekleidungen, welche in der dahinter befindlichen Zwischenbereich (meist 1- oder 2-fache Lattung) eine Belüftung besitzen.

Eine vollständig winddichte Ausführung der Bekleidung ist nicht erforderlich. Stoßüberlappungen, wie sie bei Holzschindeln oder Stülpchalungen anzutreffen sind, bieten auch langfristig einen hervorragenden Witterungsschutz. Ist die Bekleidungsebene durch horizontale oder vertikale Fugen unterbrochen, muss in Abhängigkeit zur baulichen Situation ein erhöhter Feuchteeintrag in den Luftzwischenraum konstruktiv berücksichtigt werden.

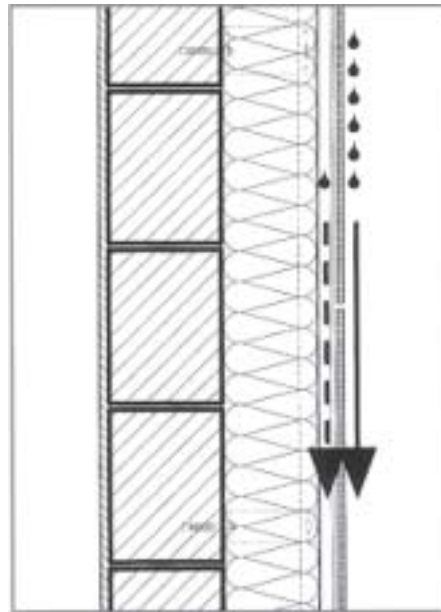


Abb. 3.1: Prinzip der 2-stufigen Abdichtung

3.2 Winterlicher Wärmeschutz

Durch Verbesserung des Wärmeschutzes von Gebäuden mit Holzfassaden wird folgendes erreicht:

- Die Heizkosten werden gesenkt.
- Die thermische Behaglichkeit wird erhöht.
- Die Baukonstruktion wird vor klimabedingter Feuchte geschützt.
- Durchfeuchtetes Mauerwerk kann wieder austrocknen.
- Die Gefahr von Schimmelpilzbildung verringert sich.

Soll bei einem Gebäude eine Holzfassade angebracht werden, müssen abhängig vom Umfang der Maßnahme ggf. die Anforderungen der EnEV [1] eingehalten werden. Unter welchen Voraussetzungen diese

Anforderungen wirksam sind, kann Kapitel 2.2 entnommen werden. Weitere von Neubauten einzuhaltende Bauvorschriften müssen die vorgesehenen Maßnahmen erfüllen, wenn der Bestandsschutz entfällt [2]. Mit der örtlichen Baubehörde ist zu klären, ob Bestandsschutz in Anspruch genommen werden kann. Nicht bestandsgeschützte Altbauten müssen den in DIN 4108-2 [3] geregelten Mindestwärmeschutz einhalten. Ist aus konstruktiven Gründen die Einhaltung nicht möglich, so sind die Konsequenzen sorgfältig abzuwägen, mit der Baubehörde abzustimmen und die Bewohner auf verantwortungsvolles, angepasstes Verhalten hinzuweisen.

Die EnEV [1] stellt bei einigen Maßnahmen im Gebäudebestand Anforderungen an den Wärmedurchgangskoeffizienten U einzelner Bauteile. Die Anforderungen an den Mindestwärmeschutz richten sich an den Wärmedurchlasswiderstand R [m^2K/W] und den Temperaturfaktor f_{Rsi} [3]. Darüber hinaus besteht die Forderung, dass Fugen zu angrenzenden Bauteilen, beispielsweise Fenster, luftdicht auszuführen sind.

Eine Holzfassade bewirkt

- Heizkostensenkung
- Erhöhung der Behaglichkeit
- Klimaschutz der Baukonstruktion
- Verringerung einer Schimmelpilzgefährdung
- Austrocknung von nassem Mauerwerk

Die Anforderungsgrößen Wärmedurchgangskoeffizient und Wärmedurchlasswiderstand sind gemäß DIN EN ISO 6946 [4] zu berechnen. Neben den einzelnen Bauteilschichten fließen auch konstruktive Randbedingungen in die Berechnung mit ein. Abhängig von der Lage und der kon-

Tabelle 3.1: Bewertung der wärmetechnischen Sanierung der Außenwand für das in Abbildung 3.2 dargestellte Mustergebäudes [10]

Gebäudedaten		Anlagentechnik	
freistehendes Einfamilienhaus, Baujahr zwischen 1958 und 1968		Zentralheizung, Standardkessel Heizöl (1950–79)	
beheiztes Gebäudevolumen	$V_e = 934 \text{ m}^3$	außerhalb thermischer Hülle mit kombinierter Trinkwassererwärmung	
Nutzfläche	$A_N = 299 \text{ m}^2$		
Gebäudehüllfläche	$A = 607 \text{ m}^2$		
Wärmedurchgangskoeffizienten U		Wärmedurchgangskoeffizienten U	
Außenwand	1,73 $W/(m^2K)$	Außenwand	0,34 $W/(m^2K)$
Fenster	2,9 $W/(m^2K)$	Fenster	2,9 $W/(m^2K)$
Glasbaustein	3,6 $W/(m^2K)$	Glasbaustein	3,6 $W/(m^2K)$
Haustür	2,2 $W/(m^2K)$	Haustür	2,2 $W/(m^2K)$
Dach	0,8 $W/(m^2K)$	Dach	0,8 $W/(m^2K)$
Kellerdecke	0,97 $W/(m^2K)$	Kellerdecke	0,97 $W/(m^2K)$
Jahres-Endenergiebedarf		Jahres-Endenergiebedarf	
Endenergiebedarf	$Q = 125\,508 \text{ kWh/a}$	Endenergiebedarf	$Q = 106\,123 \text{ kWh/a}$
	$Q = 420 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$		$Q = 355 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$

struktiven Ausbildung müssen Korrekturen vorgenommen werden, um folgende Einflüsse zu berücksichtigen:

- Luftspalte in Dämmebene
- mechanische Befestigungselemente
- Niederschlag auf Umkehrdächern

Ist die Gesamtkorrektur geringer als 3%, braucht keine Erhöhung des U-Werts vorgenommen zu werden.

Der für die Bewertung einer möglichen Schimmelpilzgefahr wichtige Temperaturfaktor f_{Rsi} errechnet sich gemäß [3, 5 bis 8]. Er entspricht:

$$f_{Rsi} = (\theta_{si} - \theta_e) / (\theta_i - \theta_e) \quad (1)$$

- mit
- θ_{si} [°C] raumseitige Oberflächentemperatur
 - θ_i [°C] Raumlufttemperatur
 - θ_e [°C] Außenlufttemperatur
 - $f = 1$ [-] entspricht der Raumlufttemperatur
 - $f = 0$ [-] entspricht der Außenlufttemperatur.

Soll bei bekanntem Temperaturfaktor die Oberflächentemperatur in Celsius ermittelt werden, so ist eine einfache Umrechnung auf beliebige Innen- und Außenlufttemperaturrandbedingungen mit Gleichung (2) möglich:

$$\theta_{si} = (\theta_i - \theta_e) \cdot f_{Rsi} + \theta_e \quad (2)$$

Der maximal erlaubte Wärmedurchgangskoeffizient für sanierte Außenwände beträgt nach EnEV [1] 0,35 W/(m²K) bei Außen-dämmung und 0,45 W/(m²K) bei Innen-dämmung. DIN 4108-2 [3] fordert einen Wärmedurchgangswiderstand R von größer gleich 1,2 m² K/W bei einer Flächenmasse von mindestens 100 kg/m². Bis zu einer Flächenmasse von 100 kg/m² ist ein Wärmedurchgangswiderstand bei Rahmen- und Skelettbauten von größer gleich 1,75 m² K/W, bezogen auf den Gefachbereich, gefordert.



Abb. 3.2: Mustergebäude aus [10].

Darüber hinaus ist bei diesen Bauteilen im Mittel ein Wärme-durchgangswiderstand von 1,0 m² K/W einzuhalten.

Im Bereich von Wärmebrücken können deutlich niedrigere Oberflächentemperaturen als im Regelbereich auftreten. Um die Gefahr einer Schimmelpilzbildung in Wohnräumen mit üblicher Nutzung auszuschließen, muss mit Ausnahme von Fenstern und Fensterfassaden gemäß DIN 4108-2 [3] an der ungünstigsten Stelle ein Temperaturfaktor von

$$f_{Rsi} \geq 0,70$$

eingehalten werden.

Angaben zu Temperaturfaktoren vielfältiger Anschlusssituationen finden sich in [9].

Zusätzliche Dämm-Maßnahmen auf Außenwänden verringern den Transmissionswärmeverlust. Die außen angeordnete Holzfassade wirkt sich bauphysikalisch günstig auf die Baukonstruktion aus. Durch die Wärmedämmung stellt sich im Mauerwerk ein höheres Temperaturniveau ein. Werden die raumseitigen Oberflächentemperaturen über den Grenzwert der DIN 4108-2 [3] angehoben, so wird bereits vorhandenen Schimmelpilzen die Wachstumsgrundlage entzogen. Darüber hinaus trocknet nasses Mauerwerk durch das wesentlich höhere Wasserkonzentrationsgefälle nach innen und außen schneller aus.

An einem Beispiel soll die Bedeutung einer Fassadenerneuerung aufgezeigt werden. Bei dem Gebäude handelt es sich um das in Abbildung 3.2 gezeigte Mustergebäude aus [10]. Beim Ausgangsfall beträgt der Wärmedurchgangskoeffizient der Außenwand 1,74 W/(m²K). Durch Aufbringen einer Dämmschicht verringert sich der U-Wert auf 0,34 W/(m²K). Den Jahres-Endenergiebedarf (benötigter Brennstoffbedarf für Heizung und Warmwasser) vor und nach der Sanierung zeigt Tabelle 3.1. Der Endenergiebedarf des Altbaus beläuft sich beim Ausgangsfall auf 420 kWh/(m²a). Nach der Sanierung sinkt der Bedarf auf 355 kWh/(m²a).

3.3 Sommerlicher Wärmeschutz

In den Sommermonaten werden die Raumtemperaturen – abgesehen von Räumen mit hohen internen Wärmelasten – maßgeblich von der Außenlufttemperatur und der Sonneneinstrahlung bestimmt. Der Wärmestrom

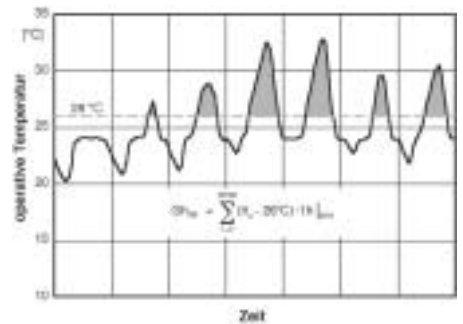


Abb. 3.3: Prinzipieller Verlauf der operativen Raumtemperatur in einem Wohnraum. Die Jahressumme der grau hinterlegten Flächen bilden die Über-temperaturgradstunden für den Grenzwert 26° C.

ist deshalb in Hitzeperioden von außen nach innen gerichtet. Mit zunehmendem Wärmeschutz nimmt der Wärmeeintrag von außen in Wohnräume hinein somit ab. Deshalb ist die Behauptung, dass durch Verbesserung des Wärmeschutzes das sommerliche Wärmeverhalten von Wohnräumen schlechter wird, falsch [11].

Bei gutem Wärmeschutz und sinnvollem Nutzerverhalten sind die Raumlufttemperaturen niedriger als bei schlechtem Wärmeschutz.

Die Mindestanforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz regelt DIN 4108-2 [3]. Die Anforderungsgröße ist der Sonneneintragskennwert S_{max} , der die baulichen Gegebenheiten, die Lüftungsmöglichkeiten und die interne Wärmelast berücksichtigt. Der Sonneneintragskennwert ist eine abstrakte Anforderungsgröße, die eine Bewertung der tatsächlichen Temperaturverhältnisse nicht erlaubt. Deshalb ist es anschaulicher auf die in [11, 12] beschriebenen Über-temperaturgradstunden überzugehen. Die Kenngröße errechnet sich aus empfundenen Raumtemperaturen oberhalb eines vorgegebenen Grenzwertes und der Überschreitungsdauer. Abbildung 3.3 veranschaulicht die Definition der Kenngröße. Die über der gestrichelten 26°C-Linie grau hinterlegten Flächeninhalte bilden übers Jahr aufsummiert die Über-temperaturgradstunden. Sie errechnen sich zu:

$$GH_{26} = \sum_{i=1}^{8760} (\theta_i - 26^\circ\text{C}) \cdot 1 \text{ h} \quad |_{pos.} \quad (3)$$

Die Bedeutung von Holzfassaden für den sommerlichen Wärmeschutz wird exemplarisch für ein Wohnzimmer in einem Mehrfamilienhaus aufgezeigt. Die Wohnung ist mit 4 Personen belegt. Der Sonnenschutz besteht aus außenliegenden hinterlüfteten Lamellen (Abminderungsfaktor $F_c = 0,25$). Die Berechnung wird für mittlere meteorologische

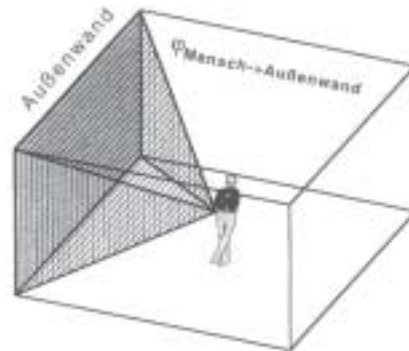
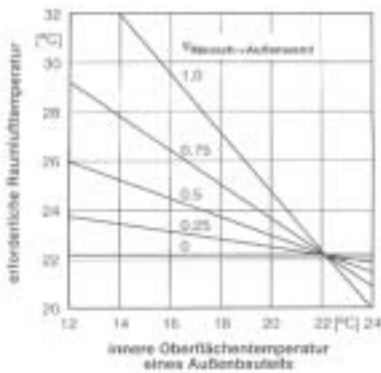


Abb. 3.4: Abhängigkeit der zur Behaglichkeit erforderlichen Raumlufttemperatur von der inneren Oberflächentemperatur eines Außenbauteils bei unterschiedlichen Einstrahlzahlen $q_{\text{Mensch} \rightarrow \text{Außenbauteil}}$. (Die Oberflächentemperatur aller Innenbauteile ist vereinfachend der jeweiligen Raumlufttemperatur gleichgesetzt) [14].

Randbedingungen durchgeführt. Eine ausführliche Beschreibung der Berechnungsgrundlagen findet sich in [13]. Tabelle 3.2 können die Übertemperaturgradstunden entnommen werden. Darüber hinaus zeigt eine Variante, wie dramatisch sich ein fehlender Sonnenschutz oder der nachlässige Einsatz des Sonnenschutzes auswirkt.

Tabelle 3.2: Übertemperaturgradstunden in einem Wohnzimmer

	Altbau	Haus mit Holzfassade
außenliegender Sonnenschutz	96 Kh/a	59 Kh/a
ohne Sonnenschutz	943 Kh/a	608 Kh/a

3.4 Raumlufthygiene und thermische Behaglichkeit

Durch eine Erhöhung der Wärmedämmung von Außenbauteilen kann die Gefahr von Schimmelpilzbildung aber auch bereits vorhandenes Schimmelpilzwachstum bekämpft werden. Da Nährstoffe in üblichen Wandbelägen, wie Rohfaser, oder durch Schmutzablagerungen auf Oberflächen vorhanden sind, setzt Schimmelpilzbildung bei entsprechend hohen Materialfeuchten ein. Aufgrund der hygroskopischen Eigenschaften üblicher Baustoffe reicht im Material eine relative Luftfeuchte von 80% für Schimmelpilzwachstum aus. Dies entspricht bei einer Lufttemperatur von 20° C und 50% r.F. einer Temperatur an der Bauteiloberfläche von 12,6° C.

Bei der thermischen Behaglichkeit kommt der Raumlufttemperatur und den Oberflächentemperaturen der Umschließungsflächen eine zentrale Bedeutung zu [14]. Beide Größen werden vom Wärmeschutz der Gebäudehülle beeinflusst. Mit zunehmendem Wärmeschutz nehmen die raumseitigen Oberflächentem-

peraturen der Außenwände in den Wintermonaten zu. Aufgrund der höheren Oberflächentemperaturen ist es bei geringeren Raumlufttemperaturen behaglich, wobei die Bedeutung der Außenwand für die Behaglichkeit mit kleiner werdendem Abstand zunimmt. Den Abstand zu einem Bauteil kennzeichnet die Einstrahlzahl, die die geometrische Zuordnung zwischen menschlichem Körper und Bauteiloberfläche beschreibt. Abbildung 3.4 zeigt den Zusammenhang zwischen der Raumlufttemperatur und der Oberflächentemperatur der Außenwand [14] für unterschiedliche Einstrahlzahlen. Vereinfachend ist angenommen, dass die Temperaturen der Innenbauteile und der Raumluft übereinstimmen. Im Sommer kehren sich die Verhältnisse um; es gilt Entsprechendes.

3.5 Bauwerkserhaltung

Vorgehängte Fassaden in Holzbauweise schützen Bauwerke in mehrfacher Weise. Sie waren seit jeher unverzichtbare Bestandteile einer Klima gerechten Architektur und Konstruktion und hatten ihren Ursprung in Gebieten mit besonders rauhem Klima (Küstengebiete, Gebirge).

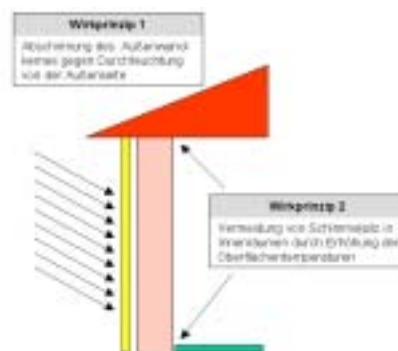


Abb. 3.5: Erhalt der Bausubstanz durch zweifaches Wirkprinzip von vorgehängten Holzfassaden

Sie dienen zunächst dem Schutz des Außenwandkernes an der Außenseite gegen Witterung, chemische und mechanische Beanspruchung. Dabei sind sie in der Lage, rissige oder schadhafte Putzfassaden, fehlende Frostbeständigkeit, Durchfeuchtung bei Schlagregen sowie optische Mängel auszugleichen. Diese, die Nutzungsdauer von Bauwerken erhöhende Maßnahmen haben ihre Gültigkeit bis heute erhalten.

Zusätzlich sind vorgehängte Fassaden in Holzbauweise, wie in den vorstehenden Kapiteln aufgezeigt wurde, in der Lage, die raumseitigen Oberflächentemperaturen während der Heizperiode zu erhöhen.

Starke Wärmebrückeneffekte, welche im Baubestand z.B. in den Raumecken oder an Fenster- und Türailbungen auftreten, führen wiederkehrend zu Tauwasser- und Schimmelpilzbildung. In Abhängigkeit zu den baulichen Gegebenheiten kann die Wärmedämmwirkung von vorgehängten Fassaden so eingestellt werden, dass Tauwasserbildung auch im Bereich von Schwachstellen vermieden wird.

Durchfeuchtetes Mauerwerk wird mit Hilfe von hinterlüfteten Fassaden zuverlässig wieder ausgetrocknet. Auf zusätzliche, Kosten intensive technische Zusatzmaßnahmen kann in vielen Fällen verzichtet werden.

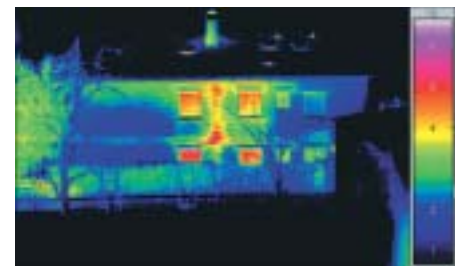


Abb. 3.6: Infrarot-Thermografieaufnahme Mehrfamilienhaus Ziegel 30 cm, Baujahr 1970: Wärmebrücken Zwischenwände und Decken und Decken EG und OG



Abb. 3.7: Gebäude wie vor, Innenaufnahme Außenwand OG, starker Schimmelpilzbefall

3.6 Corporate Design

Fassaden in Holz bieten im Gebäudebestand die Möglichkeit, Erhaltung der Bausubstanz und energetische Modernisierung mit der Schaffung eines zeitgemäßen Erscheinungsbildes zu verknüpfen. Standardisierte Vollholz- und Holzwerkstoffsortimente mit einer Vielzahl verfügbarer Formate, Profile und Oberflächen unterstützen die Kreativität des Planers vom Entwurf bis hin zur Ausführung. Sachlichkeit, klare Formen und ökologische Verantwortung führen bei Fassaden in Holz zur Verinnerlichung einer zeitgemäßen Baukultur ebenso wie zur äußerlichen Darstellung. Die gezielte Positionierung und Präsentation von gewerblichen, öffentlichen und privaten Gebäuden ist mit dem Werkstoff Holz seit jeher in besonderer Weise möglich.



Abb. 3.9: Sanierung Gebäudefassade eines Versicherungsunternehmens während der Montagearbeiten



Abb. 3.8: Sanierung Fassade Wohngebäude mit Holzwerkstoffplatten und Glasvorbau



Abb. 3.10: Fassade nach Abschluss der Sanierungsarbeiten



Abb. 3.11: Kombination Holz-Glas und beschichtete Holzwerkstoffplatten für Fassadengestaltung

4 Komponenten von Holzfassaden



Abb. 3.12: Reihenhaussiedlung mit waagrechtter Brettfassade

3.7 Zusatzanforderungen

Neben den aufgezeigten Grundfunktionen können weitere Aspekte und Anforderungen in die Investitions- und Realisierungsprozesse einfließen:

- Niedrige Investitionskosten
- Geringe Unterhaltskosten
- Gute Austauschbarkeit von Bekleidungs-
teilen z.B. bei Verschleiß oder Elementar-
schäden
- Steigerung des Verkehrswertes der Immo-
bilie
- aktive oder passive Sonnenenergienutzung
- Ressourcen schonende Materialien und
Herstellungsverfahren
- Kosten für Rückbau und Entsorgung
(Materialtrennung, recyclebar)
- Kurze Montagezeiten (Verkehrsbehinde-
rungen, Einschränkungen in der Nutzung
während der Baumaßnahmen)
- Corporate Identity (sowohl gewerbliche als
auch private Objekte)

Für die thermische und bauliche Ertüchtigung von Außenwänden im Gebäudebestand mit Holzfassaden stehen eine Vielzahl von Konstruktionen und Ausführungsvarianten zur Verfügung. Für die Herstellung von Fassadenelementen erfolgt ein Rückgriff auf Baustoffe und Produkte, die auch für herkömmliche Fassadenkonstruktionen Anwendung finden.

4.1 Unterkonstruktion

Die Unterkonstruktion wird im Regelfall in Holz ausgeführt. In Sonderanwendungen sowie für die Herstellung von vorgefertigten Modulen sind Konstruktionen auch in Aluminium oder nichtrostendem Stahl lieferbar. Als weit verbreitete, dabei einfache und bewährte Unterkonstruktionen bei Holzfassaden, auch für elementweise Vorfertigung, werden Latten oder Kanthölzer mit Rechteckquerschnitten eingesetzt und mit Mehrfachbefestigungen im Untergrund verankert. Überwiegend liegen die Holzteile unmittelbar am Untergrund an. Bei größeren Unebenheiten oder für die Herstellung durchlaufender Wärmedämmebene) sind Haltewinkel oder Halteprofile in Alu oder Edelstahl verfügbar.

Handelsübliche Dimensionen für Lattungen und Kanthölzer sind hierbei:

30 mm x 50 mm
40 mm x 60 mm
60 mm x 60 mm
60 mm x 100 mm
60 mm x 120 mm
60 mm x 140 mm

Diese Standardquerschnitte sind in aller Regel im Handel als technisch getrocknete Ware ($\leq 20\%$) verfügbar und müssen der Sortierklasse S10 DIN 4074-1 entsprechen. Die Dimensionen 60 x 120 mm und 60 x 140 mm sind zudem Standardquerschnitte für nicht sichtbares Konstruktionsvollholz (KVH-Nsi) mit nochmals erhöhten Sortieranforderungen. Die zulässige Holzfeuchte beträgt hier $15\pm 3\%$, damit lassen sich Konstruktionen auch mit sehr hohen Anforderungen an die Maßhaltigkeit herstellen. Für Brettschalungen gelten in Abhängigkeit zur Brettstärke als Erfahrungswerte die nachstehenden Lattenabstände:

Tabelle 4.1: Lattenabstände für Brettschalungen

Brettstärke (mm)	Lattenabstand (mm)
18,0	400
19,5	500
22,0	550
24,0	600
25,5	700
28,0	800

Neben der Einleitung von Lasten in den Untergrund ermöglichen solche Holzquerschnitte einen sicheren und einfachen Ausgleich von Unebenheiten. Je nach gewählter Dimension von Holz und Dämmung lässt sich mit diesen Unterkonstruktionen eine hinter- oder unterlüftete Zone zwischen Dämmbereich und außenseitiger Bekleidung herstellen.

Sonderausführungen wie etwa konische Profilierung ermöglichen verdeckt liegende Befestigungssysteme, welche vorzugsweise der Verankerung großformatiger Fassadenelemente ohne sichtbare Befestigung dienen.

Kanthölzer und Latten sind nicht nur für die Aufnahme von Bekleidungen in Holz geeignet, sondern auch für eine Vielzahl weiterer Baustoffe wie Aluminium, Stahlbleche, Faserzementplatten und anderes mehr. Unterkonstruktionen in Holz weisen dabei eine Reihe technischer und wirtschaftlicher Vorteile auf:

- gute Verfügbarkeit
- kostengünstig
- einfache und wirtschaftliche Befestigung von Bekleidungen aller Art
- Minimierung von Wärmebrücken durch günstiges Dämmverhalten
- keine Korrosion
- unempfindlich gegenüber Luftschadstoffen oder Auswaschsubstanzen

Für vorgefertigte Fassadenelemente sind zusätzlich Unterkonstruktionen in Metall lieferbar. Je nach Ausführung lassen sich die Bekleidungen auch hier ohne sichtbare Befestigung einhängen und nachträglich justieren.

4.2 Verankerung

Verankerungen sind Verbindungsmittel, die zur mechanischen Verbindung der Unterkonstruktion mit dem tragenden Untergrund dienen. Der hohe technische Stand sowie die Vielfalt von Fassadenkonstruktionen wäre ohne moderne Verankerungstechnologien nicht denkbar. Am Markt herrschen dabei Systeme wie Kunststoff-Fassadendübel, Anker, Metall-, Verbund- und Injektionsdübel vor. Sie wurden entsprechend den Anforderungen des Verankerungsgrundes sowie der Baupraxis entwickelt.

Die Anzahl der erforderlichen Verankerungen hängt von den aufzunehmenden Lasten der Fassadenkonstruktion und den übertragbaren Lasten in den Verankerungsgrund ab.

Tabelle 4.2: Bauaufsichtlich zugelassene Dübel und Setzbolzen

Bef.-Mittel	Abbildung	Untergrund
Hinterschnitt-Dübel Metall		Ungerissener und gerissener Beton, Spannbeton-Holzplattendecken, Porenbeton
Spreldübel drehmoment-kontrolliert		Ungerissener und gerissener Beton, Spannbeton-Holzplattendecken
Spreldübel wegstabilisiert		Ungerissener Beton, leichte Deckenbekleidungen in Beton, Spannbeton-Holzplattendecken
Verbunddübel		Ungerissener und gerissener Beton
Verbund-Spreldübel		Ungerissener und gerissener Beton
Injektions-Systeme		Beton, Ziegel, Kalksandstein, Leichtbeton, Zugzone Dach- und Deckenplatten Porenbeton
Fassadendübel Kunststoff		Beton, Ziegel, Kalksandstein, Leichtbeton, Zugzone Dach- und Deckenplatten Porenbeton
Betonschraube		Ungerissener Beton, leichte Deckenbekleidungen in Beton
Setzbolzen		Ungerissener Beton, leichte Deckenbekleidungen in Beton

Für Verankerungssysteme existieren keine Normen, sie zählen zu den sogenannten „ungeregelten Bauprodukten“ und bedürfen einer Zulassung.

Bisherige „allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen“, welche durch das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) erteilt wurden, werden zunehmend durch „Europäische Technische Zulassungen“ (ETA) abgelöst. Seit 1998 haben bereits eine Reihe von Herstellern für ihre Produkte eine ETA erhalten. Die Realisierung auch grenzüberschreitender Projekte wird damit unterstützt.

4.3 Dämmung

Zur Wärmedämmung bei belüfteten oder hinterlüfteten Außenwandbekleidungen dürfen nur genormte oder bauaufsichtlich zugelassene Dämmstoffe gewählt werden. Zudem ist eine Eignung für den gewählten Einsatzzweck nachzuweisen. Die Dämmlage wird in Form von Platten oder Matten in vorhandene Dämmgefache passgenau eingesetzt.

Zum Zweck der Belüftung oder Hinterlüftung verbleibt ein Luftspalt zwischen Vorderseite Dämmung und Rückseite der Bekleidung. Die verwendeten Dämm-Materialien haben mehrere Aufgaben zu erfüllen:

- Windsperre
- Wärmedämmung
- Schalldämmung
- Feuchteschutz
- Brandschutz
- Ausgleich von Unebenheiten

Für die bauphysikalischen Anforderungen ist stets die Gesamtkonstruktion, bestehend aus Baubestand und zusätzlicher vorgehängter Fassade, zu betrachten. Es sind nur solche Dämmstoffe zu verwenden, deren Funktion bei Feuchtebeanspruchung in der Lüftungszone nicht beeinträchtigt wird. Feuchte empfindliche Dämmstoffe können mit diffusionsoffenen, dabei wasserabweisenden Bahnen (s_d -Wert $< 0,2$ m) abgedeckt werden. Geeignete Dämmstoffgattungen sind zunächst Faserdämmstoffe wie Mineralwolle, Steinwolle oder Holzfasern. Als weitere mögliche Gruppe werden Schaumkunststoffe verwendet. Im Falle hoher dynamischer Steifigkeit von Platten oder Matten müssen Untergründe mit geringen Unebenheiten vorliegen. Andernfalls besteht die Gefahr einer Hinterströmung, wodurch die Dämmwirkung erheblich herabgesetzt oder vollständig aufgehoben werden kann.

Je nach Dämmstoffgattung und Anwendungsfall werden die einzelnen Dämmelemente mit Dämmstoffhaltern mechanisch am Untergrund fixiert. Dämmstoffhalter benötigen keine bauaufsichtliche Zulassung, DIN 18516-1 [19] sieht im Mittel fünf Halterungen je m^2 zu dämmender Fläche vor.

4.4 Bekleidung

Für Fassaden in Holzbauweise werden als Bekleidungen Vollholz oder Holzwerkstoffe eingesetzt. Großformatige Bekleidungselemente bedürfen einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung. Kleinformatige Elemente ($< 0,4 \text{ m}^2$, $< 5 \text{ kg}$) werden nach handwerklichen Fachregeln eingebaut. Technische Regelungen zu Konstruktion und Aufbau solcher Fassaden finden sich in ATV DIN 18334 Zimmer- und Holzbauarbeiten [20].

Bekleidungen in Holz werden wahlweise

- überdeckt,
- überlukt,
- mit Spundung (z.B. Nut-Feder),
- mit geschlossenen Fugen oder
- mit offenen Fugen verarbeitet.

Offene Fugenausbildungen werden beispielsweise bei großformatigen Holzwerkstoffen oder Tafелеlementen aus gestalterischen Gründen gewählt. Bei hinterlüfteten Fassaden nach DIN 18516-1 ist auch bei solchen Konstruktionen eine ausreichende Schlagregensicherheit gegeben.

Kapitel 5 enthält Informationen zur Detailplanung und -Ausführung, in Kapitel 6 sind die wesentlichen Grundarten von Holzfassaden dargestellt.

Dauerhaftigkeit solcher Fassaden im wesentlichen durch die Erfüllung baulich-konstruktiver Grundregeln bestimmt wird. Wenn durch fachgerechte Planung und Ausführung eine rasche Abtrocknung vorgehängter Fassaden in Holz sichergestellt ist, sind Wassereintritte über Konstruktionsfugen oder Trocknungsrisse unschädlich.



Abb. 4.1: Stülp-schalung in Lärche ohne Anstrichstoffe

4.5 Oberflächenbeschichtung

Beschichtungen erfüllen an Fassadenbekleidungen von Holz drei wesentliche Funktionen:

- Abweisung Niederschlagswasser
- Reduzierung der sorptiven Feuchtebelastung
- dekorative Effekte

Fassadenbekleidungen zählen im Allgemeinen zu den nicht maßhaltigen Bauteilen, da sie gegenüber Quell- und Schwindverformungen weitgehend unempfindlich sind. Dies gilt insbesondere für kleinformatige Vollholzprodukte wie z.B. Holzschindel, vertikal angeordnete Boden-Deckel-Schalungen, horizontale Stülp-schalungen oder auf Fuge angeordnete Leistenschalungen.

Solche Bekleidungsarten können ohne Beschichtungen ausgeführt werden, wenn Verfärbungen bzw. Vergrauungserscheinungen bewusst in Kauf genommen werden. Erfahrungen aus der Praxis zeigen, dass die

Fassadenkonstruktionen mit großformatigen Holzwerkstoffen erfordern einen erhöhten Schutz vor Feuchteaufnahme, damit Verformungen durch Quellen und Schwinden, in Abhängigkeit zu den Plattendimensionen auch Schüsselung, gering gehalten werden. Ein wirksamer Feuchteschutz ist dabei sowohl in der Bauteilfläche als auch an den Schmalseiten sicherzustellen. Je nach Werkstoffgattung könnten hier andernfalls bei starker Witterungsbeanspruchung Kantenquellungen („Trompetenbildung“) oder Delaminierungserscheinungen auftreten.

Ein wichtiges Maß für die Dampfdurchlässigkeit von Beschichtungssystemen ist die dimensionslose Diffusionswiderstandszahl (μ). Am Markt befindliche Anstrichstoffe können hierbei grob wie nachstehend eingeteilt werden:

Tabelle 4.3: Diffusionswiderstandszahl von Anstrichstoffen [28]

Beschichtung	μ
Kunststoffdispersionen	900– 2.000
Reinacrylatdispersionen	5.000–10.000
Alkydharzlacke	15.000–60.000
Öllacke	> 20.000

Durch Multiplikation von Diffusionswiderstandszahl und Schichtdicke (in Meter) wird die diffusionsäquivalente Luftschichtdicke ermittelt:

$$s_d = \mu \times m \quad [\text{m}]$$

Sofern bei nicht maßhaltigen Fassadenbekleidungen ein Beschichtungssystem gewählt wird, gilt ein s_d -Wert von 0,5 (z.B. Dünnschichtlasuren) allgemein als ausreichend. Für maßhaltige Bauteile wie Fenster oder Fenstertüren haben sich s_d -Werte $> 1,5$ als nützlich erwiesen.

Abweichend zu den Festlegungen nach DIN wird in der europäischen Norm prEN 927 neben diffusionsoffen und diffusionsdichten Beschichtungen mit „semistable“ eine dritte Gruppe geschaffen, aus der sich die nachstehende Einteilung ableiten lässt:

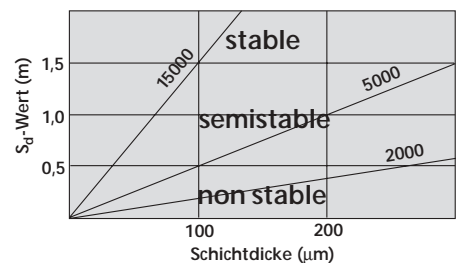


Abb. 4.2: Zuordnung Anstrichstoffe zu Diffusionswiderstandsgruppen

4.5.1 Beschichtungssysteme

Am Markt existieren eine Vielzahl von Beschichtungsstoffen. Die Summe aller Einzelschichten wird dabei als Beschichtungssystem bezeichnet, wobei einzelne Schichten unterschiedliche Funktionen im Gesamtsystem übernehmen. Die Einzelschichten setzen sich im Regelfall aus Grundierung und Schlussanstrich in ein oder zweifachem Auftrag zusammen. In Spezialfällen können noch weitere Zwischenanstriche erforderlich sein. Beschichtungssysteme mit spezialisierten Einzelschichten sind grundsätzlich leistungsfähiger als Universalsysteme, die bei einheitlicher Zusammensetzung alle Aufgaben wahrnehmen sollen. Neben dem dekorativem Charakter sind insbesondere Feuchteschutz bei gleichzeitiger Diffusionsfähigkeit und UV-Schutz von Bedeutung. Auftraggeber und Auftragnehmer sollten daher auf vollständige Beschichtungssysteme achten.

Aus ökologischen und gesundheitlichen Erwägungen wird bei Beschichtungen der Lösungsmittelanteil verringert. Bei Wasser verdünnbaren Produkten, in der Regel Emul-

sionen oder Dispersionen, kann es während des Anstriches bei Temperaturen unter ca. 5° C zu Störungen kommen. Auch ist für Anwendungen an Fassadenbekleidungen zu beachten, dass hier bei der Filmbildung zwei Stufen durchlaufen werden. Nach Abtrocknung des Wassers beginnt die Filmbildung durch ein Zusammenfließen der verbleibenden Bindemittel und Partikel. Je nach Anstrichsystem und Klima kann dieser Vorgang bis zu einem halben Jahr dauern. Erst nach Abschluss dieses Prozesses wird die endgültige Diffusionsdichte erreicht.

4.5.2 Grundierungen

Grundierungen sind der erste Teil eines vollständigen Beschichtungssystems und bilden eine Haftbrücke zwischen Trägermaterial und weiteren Anstrichen. Sie können mit Fungiziden als vorbeugenden Schutz gegen Bläue- oder Schimmelpilze angereichert sein (nicht zu verwechseln mit einem vorbeugenden chemischen Holzschutz nach DIN 68800-3 [22]). Grundierungen sind transparent oder pigmentiert und stellen ohne weitere Anstriche noch keinen wirkungsvollen Witterungsschutz dar. Grundierungen und die dann folgenden Beschichtungen sind stets aufeinander abzustimmen. Erstbeschichtungen bei Vollholz und Holzwerkstoffen sind gemäß VOB/C DIN 18363 [23] vor dem Einbau allseitig auszuführen.

4.5.3 Lasursysteme

Je nach Einstellung werden Lasuren als Dünnschicht- (Feststoffgehalt ≤ 30%) oder Dickschichtlasuren (Feststoffgehalt 30–60%) angeboten. Je geringer die Pigmentierung, umso besser bleibt die natürliche Holzoberfläche sichtbar. Andererseits sind farblose oder gering pigmentierte Lasuren aufgrund des unzureichenden UV-Schutzes für Fassaden wenig tauglich. Sägerauhe Holzoberflächen nehmen dünnflüssige Beschichtungen besonders gut auf. Niederviskose Dünnschichtlasuren sind hier besonders geeignet. Hochviskose Beschichtungen hingegen bilden Luftpolster, eine ausreichende Haftfestigkeit an rauhen oder fransigen Oberflächen wird deshalb nicht erreicht.

4.5.4 Lacksysteme

Lacke sind deckende Anstriche, welche in vielen Farbtönen erhältlich sind und nach Aushärtung eine durchgehende Schutz-

schicht auf dem Trägermaterial bilden. Lacke können sowohl hoch diffusionsoffen als auch stark diffusionshemmend eingestellt sein. Daher ist es erforderlich, das jeweilige Produkt auf das tatsächliche Einsatzgebiet abzustimmen.

4.5.5 Naturfarben

Naturfarben werden als Lasuren oder Lacke in steigender Zahl am Markt angeboten. Sie besitzen gemäß Definition naturbelassene Komponenten, die weder chemisch modifiziert noch in ihrer natürlichen Struktur verändert wurden. Anstriche, welche ausschließlich aus Naturstoffen hergestellt wurden, sind selten.

4.5.6 Wartungsintervalle

Wie alle witterungsbeanspruchten Bauteile sind auch beschichtete Holzfassaden nicht

vollkommen wartungsfrei. Damit eine lang anhaltende Gebrauchstauglichkeit sichergestellt werden kann, sind regelmäßige Wartungs- und Instandhaltungsintervalle vorzusehen. Von wesentlicher Bedeutung ist hierbei die Witterungsbeanspruchung an den Bauteiloberflächen. In Anlehnung an DIN 510010-1 [37] wird zur Beschreibung der Beanspruchung nach Außenraumklima und Freiluftklima I und II unterschieden. Unter Außenraumklima sind Fassaden zu verstehen, die z.B. durch große Dachüberstände gegen unmittelbare Einwirkungen durch Niederschläge, UV-Strahlung oder mechanischem Abrieb gesichert sind. Freiluftklima I stellt den Normalfall dar für Fassaden an Gebäuden bis zu drei Geschossen. Exponierte geografische Lagen, höhere Gebäude sowie erheblicher Abrieb durch Sand oder Staub werden dem Freiluftklima II zugeordnet. Abhängig von den klimatischen Voraussetzungen und der gewählten Beschichtungsart sind die nachstehenden Instandsetzungsintervalle an beschichteten Holzfassaden zu erwarten:

Tabelle. 4.5: Instandsetzungsintervalle [24]

Beschichtungssystem	Außenraumklima	Freiluftklima I	Freiluftklima II
Farblose und gering pigmentierte Systeme	5 Jahre	1 Jahr	< 1 Jahr
Dünnschichtlasuren mit ausreichender Pigmentierung	8–10 Jahre	2–3 Jahre	1–2 Jahre
Dickschichtlasuren mit ausreichender Pigmentierung	10–12 Jahre	4–5 Jahre	2–3 Jahre
Deckende Lacke ohne fungizider Grundierung	12–15 Jahre	3–4 Jahre	2–3 Jahre
Deckende Lacke mit fungizider Grundierung	12–15 Jahre	5–8 Jahre	4–5 Jahre

5 Grundlagen für die Planung und Ausführung

5.1 Baurecht

Für die Genehmigung von Außenfassaden liegen in den Landesbauordnungen unterschiedliche Regelungen vor. Die nachstehenden Faktoren sollten vor der Durchführung von baulichen Maßnahmen geprüft werden:

- Anforderungen in Bebauungsplänen hinsichtlich des äußeren Erscheinungsbildes der Fassade in Struktur und Farbe
- Mögliche Sonderregelungen an Denkmal geschützten Häusern oder in deren umliegender Bebauung
- Verringerung des Grenzabstandes von Gebäuden durch Zunahme der Gesamtdicke Außenwände zur Außenseite hin
- Brandschutz- oder Schallschutzanforderungen, welche sich nach Baurecht oder aufgrund der baulichen Situation ergeben können.

Rechtzeitige Anfragen bei der zuständigen Genehmigungsbehörde beugen späteren Auseinandersetzungen auch im Falle einer vermuteten Genehmigungsfreiheit am besten vor.

5.2 Standsicherheit

Für die statische Bemessung sind Eigenlasten und Windlasten (DIN 1055-4) [25] sowie in Abhängigkeit zur baulichen Situation Schnee-, Eislasten oder sonstige Zusatzlasten (Gerüste, Leuchtkörper usw.) zu berücksichtigen.

In den nachstehenden Fällen ist nach DIN 18516-1 [27] die Standsicherheit der Unterkonstruktion sowie deren Verankerung nachzuweisen:

- Gebäudehöhe > 8 m
- Einzelgröße Bekleidung > 0,4 m²
- Einzelgewicht Bekleidung > 5 kg

Ist die äußere Bekleidung winddurchlässig, z.B. aufgrund offener Fugen, so brauchen die erhöhten Windsoglasten nach DIN 1055-4 [25] nicht angesetzt zu werden.

Die Berechnung der Holzunterkonstruktion einschließlich der erforderlichen Lattungen oder Schalungen, auch in Holzwerkstoffen mit oder ohne Konterlatten erfolgt nach DIN 1052 [26].



Abb. 5.1: Software zur Bemessung von Verankerungen an Fassaden

Im Geltungsbereich von DIN 18516-1 [27] sind Fassaden in Holzkonstruktion ausgenommen, welche nach handwerklichen Regeln errichtet werden. Hierzu zählen insbesondere Bekleidungen mit Holzschindeln und horizontal, vertikal oder diagonal angeordnete Brettfassaden. Beschreibungen zu Aufbau, Konstruktion und Befestigung solcher Systeme sind in VOB/C DIN 18334 [20] enthalten.

Für die statische Bemessung der Verankerung werden zwischenzeitlich von namhaften Produktherstellern Softwareprogramme als kostenlose Shareware angeboten. In Standardfällen kann so die Ermittlung der erforderlichen Verankerungstypen und Stückzahlen stark vereinfacht werden.

5.3 Untergrundbeschaffenheit

Die Unterkonstruktion von vorgehängten Fassaden wird im Regelfall in das tragende Außenmauerwerk verankert. Die Lasten werden über Einzelbefestigungen oder (bei Holzfassaden vorherrschend) über Unterkonstruktionen punktweise eingeleitet. Die zu wählenden Verankerungen, Rand- und Mindestabstände der Befestigungspunkte sind auf die Tragfähigkeit des Untergrundes abzustimmen. Angaben zur Tragfähigkeit von häufig verwendeten Untergründen aus Mauerwerk und Beton finden sich in DIN 18516-3 [29]. Auch in den bauaufsichtlichen Zulassungen für Befestigungsmittel sowie in den Produktbeschreibungen der Hersteller finden sich Informationen hierzu.

In Kapitel 4.2 der vorliegenden Schrift sind diejenigen Verankerungsgründe aufgelistet, zu denen bauaufsichtlich zugelassene Verbindungsmittel wie Anker, Dübel oder Setzbolzen existieren. Liegen unbekannte Mauerwerksarten oder solche vor, welche in den Dübelzulassungen nicht erfasst sind (gerade bei Altbauten häufig der Fall), so sind die aufzunehmenden Lasten im Bedarfsfall vor Ort zu ermitteln. Liegen Verbindungen oder

Befestigungen vor, die nicht in Normen oder bauaufsichtlichen Zulassungen geregelt sind, sind Prüfungen nach Anlage A.3 DIN 18516-1 [19] durchzuführen.

Auch aufgrund der geringen Empfindlichkeit bei Schädigungen des früheren Außenputzes im Gebäudebestand kann die Anbringung von vorgesetzte Fassaden in Holzkonstruktion besonders wirtschaftlich sein. Anders als bei Erneuerung von Putzen oder bei Anbringung eines Vollwärmeschutzes kann auf kostenintensive Maßnahmen wie vollflächiges Abschlagen, Armierungen oder sonstige Ertüchtigungsmaßnahmen verzichtet werden.

5.4 Vermeidung Wärmebrücken

Die Wärmedämmung wird in der Regel einlagig verlegt, die einzelnen Platten werden im Verband dicht gestoßen.

Sämtliche Durchdringungen der Dämmebene, etwa im Bereich von Verankerungen, sind mit besonderer Sorgfalt und dicht anzuarbeiten, um mögliche Wärmebrücken an diesen Stellen zu vermeiden.

Größere und zusammenhängende Hohlräume im Übergang zwischen Wandkern und vorgesetzter Dämmung sind zu vermeiden. Andernfalls können hier Konvektionsströme auftreten, welche die Dämmwirkung erheblich mindern.

Bei vorhandenen größeren Unebenheiten können die größten Abweichungen durch Abschlagen oder Auffüllen (z.B. Spachtelungen) beseitigt werden. Weiche Dämmstoffe ermöglichen einen besseren Ausgleich von Unebenheiten als Systeme mit höherer dynamischer Steifigkeit. Nach DIN 18516-1 [19] sind Dämmplatten im Mittel mit fünf Dämmstoffhaltern je m² Dämmfläche mechanisch zu befestigen.

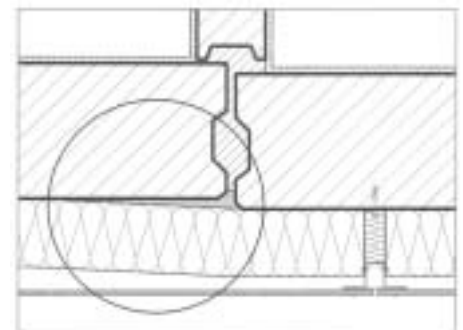


Abb. 5.2: Wärmeverluste durch Hinterströmung

Bei der Verwendung von Holz als Material für die Unterkonstruktion sind Wärmebrückeneffekte in diesen Bereichen aufgrund der vorzüglichen Wärmedämmeigenschaften im Regelfall vernachlässigbar gering. Bei Unterkonstruktionen in Aluminium oder Stahl sind wegen der erhöhten Wärmeleitfähigkeit in Abhängigkeit zu den baulichen Gegebenheiten mögliche Wärmebrückeneffekte stets zu beachten.

5.5 Hinterlüftete Fassaden

Vorgehängte Fassaden mit wirksamer Hinterlüftung nach DIN 18516-1 [19] erreichen nach dem heutigen Stand von Wissenschaft und Praxis die höchste Funktionssicherheit und Dauerhaftigkeit. Mit diesen sogenannten VHF's (vorgehängte hinterlüftete Fassaden) wird Baufeuchte reduziert, eventuell eindringende Niederschläge werden auf einfache Weise abgeleitet. Durch die kapillare Trennung von Bekleidung und Wandkern wird Tauwasser aus dem Innenbereich oder der Rückseite Bekleidung ebenfalls rasch und sicher abgeführt.

Folgende bauliche Voraussetzungen müssen an Fassaden in Holzkonstruktion erfüllt sein, damit eine wirksame Hinterlüftung im Sinne der DIN 18516-1 [19] vorliegt:

- Lichter Abstand zwischen Bekleidung und Dämmung bzw. Mauerwerk ≥ 20 mm
- Örtlich darf der Abstand durch Unterkonstruktion, Wandunebenheiten oder dergleichen auf 5 mm reduziert werden
- Be- und Entlüftungsöffnungen sind zumindest am Gebäudefußpunkt und am Dachrand je lfm Wand mit mindestens 50 cm² vorzusehen

Lüftungsöffnungen mit mehr als 20 mm Breite sind nach VOB/C DIN 18351 „Fassadenarbeiten“ [32] mittels Lüftungsgittern gegen Kleintiere und Insekten zu schützen. Die notwendigen Hinterlüftungsquerschnitte nach DIN 18516-1 [19] beziehen sich hierbei auf den freien Querschnitt von Lüftungsgittern, der luftundurchlässige Massivanteil ist in Abzug zu bringen.

5.6 Unterlüftete Fassaden

Für senkrecht verlaufende Brettschalungen nach handwerklichen Regeln werden als Unterkonstruktion häufig einlagige, horizontal verlaufende Lattungen gewählt. Zwischen Rückseite Bekleidung und Untergrund entsteht ein Luftpolster, eine systematische Hinterlüftung nach DIN 18516-1 [19] liegt hier nicht vor. Aufgrund baupraktischer Erfahrungen sind aufgrund der Pumpwirkung bei Wind keine Einschränkungen in der Nutzungsdauer zu erwarten, wenn die nachstehenden konstruktiven Anforderungen erfüllt sind:

- Lichter Abstand zwischen Rückseite Bekleidung und Dämmung bzw. Mauerwerk ≥ 20 mm (= Dicke Querlattung)
- ungehinderter Wasserablauf an vertikalen Stößen und Übergängen sowohl an der Vorder- als auch Rückseite der Fassadenbretter oder Leisten

5.7 Verhalten gegenüber Feuchteschwankungen

Der Wechsel von Feuchteeinwirkung und Abtrocknung führt bei Fassadenbekleidungen in Vollholz und Holzwerkstoffen zu Größenänderungen durch Quellen und Schwinden. Die zu erwartenden Verformungen können in Abhängigkeit zu Holzart und Bekleidungstyp rechnerisch ermittelt und in der Detailplanung berücksichtigt werden. Die nachstehende Tabelle listet für häufig verwendete Werkstoffgattungen die zugehörigen Quell- und Schwindwerte in % je % Holzfeuchteänderung in Abhängigkeit zur Faserrichtung. Bei Holzwerkstoffen gilt hierbei die Faserrichtung von Deckfurnier oder Decklage:

Tabelle 5.1: Normwerte Quell- und Schwindmaße

Material	Quell- u. Schwindmaß in %/%	
	längs	quer
Vollholz	0.01	0.24
Dreischicht-Platte	0.02	0.02
Fassaden-Sperrholz	0.02	0.02
Furnier-Schichtholz	0.01	0.03
Zementgebundene Flachpressplatten	0.03	0.03

In Abhängigkeit zu Himmelsrichtung, herrschendem Klima und Dachüberständen kann bei Fassaden in Holzkonstruktion in unseren Breitengraden von einem Feuchtegehalt zwischen 10 und 20%, Mittelwert 4%, ausgegangen werden, wobei in Extremfällen noch eine kurzfristige Überschreitung möglich ist. Die Verbaufeuchte von Bekleidungsteilen liegt im Idealfall deshalb im Bereich 14 +/- 2%.

Ausgehend von ca. 10% Holzfeuchteänderung zwischen Minimum und Maximum und den obigen Tabellenwerten ist deshalb von den nachstehenden Verformungen auszugehen:

- Fassadenbrett in Vollholz, vertikal oder horizontal liegend:
 - $b = 160$ mm, $l = 4000$ mm
 - $\Delta b = 160 \times 10\% \times 0.24\%/ \% = 3,8$ mm
 - $\Delta l = 4000 \times 10\% \times 0.01\%/ \% = 4$ mm
- Geschosshohe 3-Schicht-Platte, Faserrichtung Sichtfläche vertikal verlaufend:
 - $b = 1250$ mm, $h = 2800$ mm
 - $\Delta b = 1250 \times 10\% \times 0.02\%/ \% = 2,5$ mm
 - $\Delta h = 2800 \times 10\% \times 0.02\%/ \% = 5,6$ mm

Die Anordnungen von Fassadenbekleidungen in Holz sind daher so zu wählen, dass Zwängungen bei Feuchteaufnahme vermieden werden und im trockenen Zustand an den Stößen und Übergängen noch ausreichende Überdeckungen verbleiben. Bei der Verwendung von Holzwerkstoffplatten, auch bei großformatigen Ausführungen, liegen die zu erwartenden Verformungen im Millimeterbereich.

Bei der Ausführung üblichen Fugen an den Stoßstellen sind die zu erwartenden Formatänderungen völlig unkritisch. Für senkrechte Stülpchalungen, welche nach handwerklichen Regeln VOB/C DIN 18334 [20] verbaut werden, sind die Überdeckungen jeweils mindestens 20 mm breit zu wählen. Der lichte Abstand der Einzelbretter in der 1. Lage muss mindestens 20 mm betragen.

5.8 Verhalten gegenüber Temperaturschwankungen

Bei Temperaturschwankungen unterliegen alle gebräuchlichen Baustoffe Dimensionsveränderungen. Nach DIN 18516-1 [19] Punkt 5.2.2 sind bei Außenwandbekleidungen Schwerpunktstemperaturdifferenzen zwischen der Temperatur bei der Montage (i.d.R. +10° C) und Grenztemperaturen von -20° C und +80° C zu berücksichtigen. Der Längenausdehnungskoeffizient α ist bei Nadelhölzern deutlich geringer als bei weiteren Fassadenbaustoffen. Ein Anstieg der Temperatur verursacht bei Holz zudem eine Absenkung der Holzfeuchte und somit Schwund, wodurch Dimensionsvergrößerungen in der Praxis fast vollständig kompensiert werden. Ausgehend von dem Beispiel einer geschosshohen Fassadenplatte $b \times h = 1250 \times 2800$ mm finden sich in der nachstehenden

Tabelle die Veränderungen der Abmessungen in Breite und Höhe, bezogen auf die Grenztemperaturen DIN 18516-1 [19] (Nadelholz ohne Kompensation durch Quellen und Schwinden):

Tabelle 5.2: Verformungen Fassadenelemente durch Temperaturschwankungen

Material	Verformungen in mm bei	
	-20° C b / h	+80° C b / h
Nadelholz	-0.2 / - 0.4	+ 0.5 / + 1.0
Aluminium	-0.9 / - 2.0	+ 2.1 / + 4.7
Edelstahl V2A	-0.6 / - 1.3	+ 1.4 / + 3.1
Plexiglas	-3.0 / - 6.7	+ 7.0 / +15.7
Polyvinylchlorid (PVC)	-6.4 / -14.3	+14.9 / +33.3

5.9 Brandschutz

Die Landesbauordnungen regeln entsprechend den Gebäudehöhen und Abstandsflächen Brandschutzanforderungen an die Fassadenbaustoffe. Bei der Gebäudehöhe existieren drei Anforderungsgruppen:

a) Gebäude geringer Höhe (Fußbodenoberkante des obersten Geschosses ≤ 7 m über dem Gelände)

Fassadenbekleidungen benötigen die Baustoffklasse B2 (normal entflammbar) nach DIN 4102-4 [33]. Sämtliche Sortimente von Vollholz und Holzwerkstoffen erfüllen diese Anforderungen.

b) Gebäude mittlerer Höhe (≤ 22 m)

Alle Fassadenbaustoffe müssen mindestens Baustoffklasse B1 (schwer entflammbar) aufweisen. Mögliche Werkstoffe sind Zement gebundene Flachpressplatten, z.Zt. weiterhin eine mit Flammschutzmitteln imprägnierte Furnierschichtholzplatte

c) Hochhäuser (> 22 m)

Verwendung nicht brennbarer Baustoffe. Befreiungen bei Vorlage geeigneter Brandschutzkonzepte sind möglich. Sie können u.a. die nachstehenden baulichen und konstruktiven Regeln beinhalten:

- Quellbänder zur Unterbrechung des Hinterlüftungshohlraumes im Brandfalle
- Nicht brennbare, durchlaufende und auskragende Bauteile (z.B. Balkone)
- Automatische Löschhilfanlagen (z.B. Sprinkler)

- Mischfassaden aus abschnittsweise brennbaren und nicht brennbaren Bekleidungen
- Unterbrechung bzw. Minimierung des Hinterlüftungsquerschnittes
- Schutz der Rettungswege vor herabfallenden Fassadenteilen (z.B. Eingangsüberdachungen)

5.10 Schallschutz

Zur Bewertung des Schallschutzes ist das jeweilige Gesamtsystem, bestehend aus Wandkern und vorgehängter Fassade, maßgeblich. Fassaden in Holz wirken sich in der Regel positiv auf den Schallschutz aus. Bei Wänden schwerer Bauart, welche im Gebäudebestand überwiegend anzutreffen sind, ist eine größere Verbesserung zu erwarten als bei Leichtbauten. Bei rechnerischen Nachweisen sollte eine vorgehängte Fassade unberücksichtigt bleiben, da spätere bauliche Veränderungen in diesem Bereich zu wiederum anderen Ergebnissen führen können.

Anforderungen und Ausführungsbeispiele sind DIN 4109 [34] sowie den Beiblättern 1 und 2 [35, 36] zu entnehmen.

5.11 Leistungsbeschreibung

In Leistungsbeschreibungen sowie Ausführungsplänen sind zum Zweck einer bautechnisch einwandfreien, dauerhaften und wirtschaftlichen Erstellung von vorgehängten Fassaden in Holz die nachstehenden Angaben erforderlich:

- Gebäudehauptmaße
- Einzelaufmaße Fassadenteile
- Zahl, Größe und Form von Aussparungen, Durchdringungen
- Anzahl, Länge und Art von Bauwerksanschlüssen und Übergängen (Schwelle, Geschosstrennung, Laibungen, Dachanschluss, Gebäudeecken)
- Verankerungsgrund nach Art und Materialdicke, Stein- oder Betonfestigkeitsklasse, Mörtelgruppe
- Ebenheitsabweichungen Außenhaut Gebäudebestand

- Beschreibung der Unterkonstruktion mit Baustoffen, Sortierung, Abmessungen, Verlegeabstand

- Beschreibung der Verbindungsmittel, Befestigungen und Verankerungen nach Art, Werkstoff, Anzahl und Anordnung

- Fugen entsprechend gestalterischen Vorgaben, soweit erforderlich Dehnfugen in Unterkonstruktion und Bekleidung

- Beschichtungssystem mit Beschaffenheit und Zahl der einzelnen Beschichtungsarten

- Angaben zur Beschaffenheit und Ausführung von Lüftungsebenen (Hinterlüftung, Unterlüftung)

6 Bauarten

6.1 Vollholzfassaden

Vollholzfassaden werden aus den Nadelholzarten Fichte, Tanne, Kiefer, Lärche, Douglasie und Zeder hergestellt. Bei Brettfassaden werden die einzelnen Bretter waagrecht, senkrecht oder diagonal verlegt. Eine Sonderform von Vollholzfassaden sind Holzschindel in mindestens 2-lagiger Anordnung. Neben Nadelhölzern findet hier auch Eichenholz Verwendung.

6.1.1 Holzschindel

Gespaltene Holzschindel zählen zu den ältesten und zugleich dauerhaftesten Fassadenbekleidungen. Zusätzlich zu dieser traditionsbehafteten handwerklichen Herstellung sind industrielle, nach DIN 68119 konisch

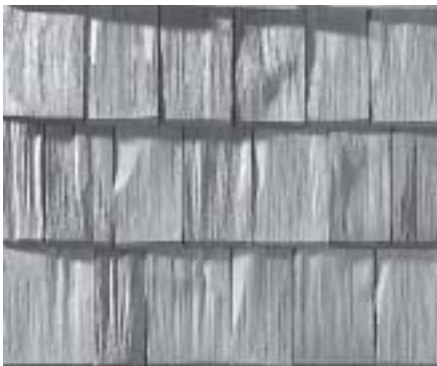


Abb. 6.1: Holzschindelbekleidung in Lärche gespalten

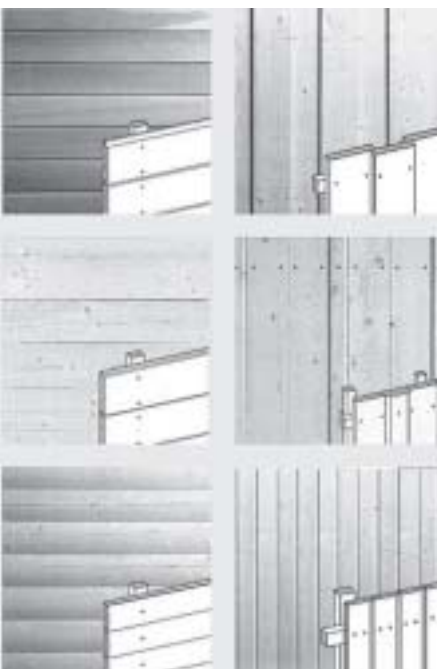


Abb. 6.2: Ausführungsbeispiele geschlossene Brettschalungen

oder parallel gesägte Sortimente verfügbar. Neben Rechteck und Biberschwanz sind weitere Zierformen erhältlich. Die Verlegung erfolgt mindestens 2-lagig auf einem Lattenrost. Als Befestigungsmittel sind ausschließlich nichtrostende Stähle nach DIN 17440, Werkstoffnummer 1.4301, zulässig.

6.1.2 Geschlossene Brettschalungen

Geschlossene Brettschalungen werden aus ungehobelten oder gehobelten Brettern hergestellt. Bei gehobelter Ausführung sind sie 4-seitig glatt gehobelt (Glattkantbretter), gespundet (mit Nuten versehen), mit Nut-Feder-Verbindung oder in Sonderprofilen ausgeführt.

Die Mindestdicke von Brettschalungen beträgt 18 mm, Maximalbreite 200 mm. Zur Reduzierung von Verformungen ist eine Bauteilbreite ≤ 160 mm zu empfehlen. Bei sichtbarer Befestigung ist nichtrostender Stahl (Werkstoffnummer 1.403 nach DIN 17740) zu verwenden, bei landwirtschaftlichen Gebäuden sind auch feuerverzinkte Sortimente zulässig. Einige wichtige handwerkliche Regeln für die Ausführung von Brettbekleidungen beinhaltet VOB/C DIN 18334.

Brettschalungen als äußere Fassadenbekleidungen eignen sich sowohl für handwerklich errichtete Fassaden als auch industriell vorgefertigte Elemente.

6.1.3 Lamellenschalungen

Horizontal auf Fuge verlegte Fassadenbekleidungen werden aus Brettern oder Leisten hergestellt, hierbei kommen wahlweise sägerauhe, egalisierte oder gehobelte Sortimente zur Auswahl.



Abb. 6.3: Lamellenschalung Holzart Lärche

Neben Witterungsschutz und dekorativer Wirkung eignen sich Lamellenschalungen aus Holz ganz hervorragend als Sonnenschutz-elemente. Bei einer konstruktiven Anordnung nach Abbildung 6.4 exemplarisch für den 48. Breitengrad (etwa die Achse Freiburg-München) während der Sommermonate bei hoher Lichteinfallquote die direkte Sonneneinstrahlung weitgehend unterbunden werden. Unter Verwendung handelsüblicher Brettdimensionen erfolgt im Zeitraum zwischen 21. April und 21. August von 9–15 Uhr eine vollständige Abschirmung der direkten Sonneneinstrahlung (Einstrahlwinkel $\beta \geq 37^\circ$).

Nochmals weitergehende Einsatzmöglichkeiten liegen dann vor, wenn die einzelnen Lamellen verstellbar ausgeführt werden. Durch geeignete Sensorik und Antriebs-elemente ist hiermit eine sehr weitgehende automatische Unterstützung des Wärme-

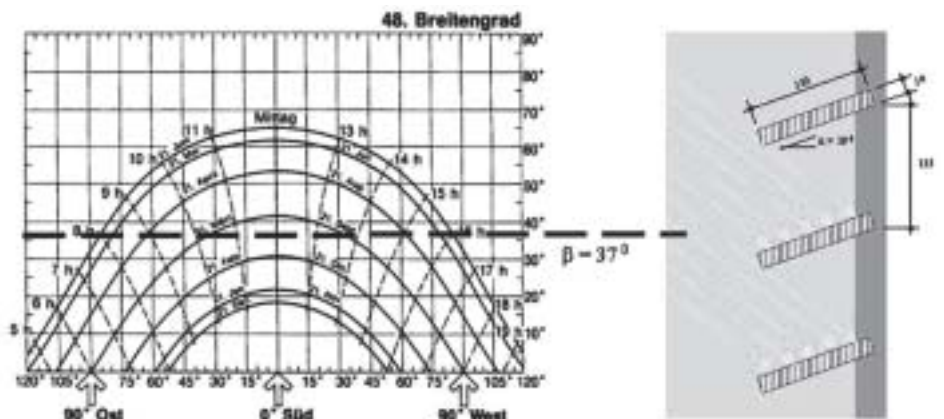


Abb. 6.4: Abschirmung direkte Sonneneinstrahlung durch geneigte Lamellenschalung



Abb. 6.5: Fassadenelemente mit Lamellen, verfahr- und verstellbar

schutzkonzeptes sowohl im Sommer als auch im Winter möglich.

Abbildung 6.5 zeigt ein verstell- und verfahrbares Gesamtsystem, bestehend aus mehreren Einzelrahmen in Aluminium mit feldweise regelbaren Lamelleneinheiten (hier Thermoholz). Der Wechsel von waagrechten und senkrechten Lamellengruppen verleiht der Architektur dieses Gebäudes in Holztafelbauweise eine besondere Note.

Lamellenschalungen erfreuen sich sowohl bei Neubauten als auch im Gebäudebestand zunehmender Beliebtheit. Zugleich sind diese Konstruktionen für die Vorfertigung von Elementen bestens geeignet. Hierbei sollten die nachstehenden Grundregeln Beachtung finden:

- Lichter Abstand zwischen den einzelnen Lamellen ≥ 10 mm
- Vermeidung von stumpfen Stößen und Anschlüssen
- Abschrägung der oberseitigen Schmalfläche für beschleunigten Wasserablauf
- Hinterlüftete Konstruktionen nach DIN 18516-1
- Zusätzliche wasserführende Schicht hinter Bekleidung und Luftzwischenraum

6.2 Fassadenelemente mit Holzwerkstoffen

Holzwerkstoffplatten, im Innenbereich von Gebäuden vielfach zur Scheibentragwirkung bzw. Aussteifung eingesetzt, finden zunehmenden Anwendung auch als Fassadenbekleidung. Grundlagen des baulichen Holzschutzes nach DIN 68800-2 [18] sind auch bei Holzwerkstoff-Fassaden anwendbar, auf einen vorbeugenden chemischen Holzschutz kann außer in Ausnahmefällen verzichtet werden. Es sind entsprechende Materialnormen, Güterichtlinien sowie bauaufsichtliche Zulassungen zu beachten. Holzwerk-

stoffe, soweit sie nicht durch Normen geregelt sind, bedürfen auch für Anwendungen im Fassadenbereich einer bauaufsichtlichen Zulassung. Die Mindestdicke nach VOB/C DIN 18334 [20] beträgt 12 mm. Holzwerkstoffe für den Einsatz als Fassadenbekleidungen zählen zu den begrenzt maßhaltigen Bauteilen und entsprechen der Holzwerkstoffklasse 100 bzw. Beanspruchungsklasse 2 nach DIN 50010-1 [37]. Sie sind durch geeignete Beschichtungssysteme gegen überhöhte Feuchteaufnahme zu schützen (vgl. Kapitel 4.5).

Aufgrund der großen handelsüblichen Bauteildimensionen (Breiten bis ca. 200 cm, Längen bis 600 cm, noch größere Sonderformate lieferbar) eignen sich Holzwerkstoffplatten in besonderer Weise zur Herstellung von Fassadenelementen. Das Quell- und Schwindverhalten fällt geringer aus als bei Vollholz, auch bieten diese Platten erweiterte Gestaltungsmöglichkeiten. Die Befestigung erfolgt wahlweise verdeckt oder sichtbar. Vorzugsweise werden die nachstehenden Holzwerkstoffgattungen als Fassadenbekleidungen eingesetzt:

- Massivholzplatten als 3- oder 5-Schichtplatten. Die Bretter der Mittellagen sind für diese Anwendungsfälle auch an den Schmalseiten zu verkleben. Baustoffklasse B2.
- Massivholzplatten als 3- oder 5-Schichtplatten. Die Bretter der Mittellagen sind für diese Anwendungsfälle auch an den Schmalseiten zu verkleben. Baustoffklasse B2.
- Fassadensperrholz aus kreuzweise verklebten, ca. 1,5–2,5 mm dicken Schäl furnier-



Abb. 6.6: Geschosshohe Fassadenplatten mit 3-Schicht-Platten



Abb. 6.7: Kombination Holzwerkstoffplatten farbig beschichtet und senkrechten Holzleisten



Abb. 6.8: Kombination Holz-Glas-Fassade mit zementgebundenen Flachpressplatten, farbig beschichtet

lagen. Für den Einsatz als Fassadenbeplankung sind Sortimente mit wetterfester Verklebung sowie speziell sortierten Furnierlagen lieferbar. Baustoffklasse B2

- Furnierschichtholz besteht aus 3 mm dicken Furnierlagen. Lieferbar mit Kesseldruckimprägnierung sowie Zusätzen von Flamm- schutzmitteln. Baustoffklasse B2, mit besonderer Imprägnierung und Zulassung B1.
- Zementgebundene Flachpressplatten, hergestellt aus Nadelholzspänen, welche mit Portlandzement gebunden werden. Für den Fassadeneinsatz werden grundrierte oder endbehandelte Sortimente angeboten. Baustoffklasse produktabhängig B1 oder A2.

6.3 Holz-Glas-Fassaden

Für innovative Gebäudekonzepte finden Holz-Glas-Fassaden ebenfalls verstärkt Anwendung. Die Grundanforderungen

- Funktionalität
- Witterungsschutz
- Gebrauchstauglichkeit und
- Ästhetik

lassen sich mit diesen baulichen Anordnungen in besonderer Weise verbinden und optimieren. Die Grundkonstruktion besteht aus horizontalen und vertikalen Holzprofilen, Glasfeldern sowie Halte- und Verbindungssystemen. Die Konstruktion verläuft wahlweise über die gesamte Fassadenhöhe (Pfosten-Riegel-Bauweise), auch ist die Herstellung z.B. geschosshoher Elemente möglich. Entsprechend der bauphysikalischen Wirkweise wird unterschieden in Warm-, Kalt-, Zweite-Haut-Fassade sowie Mischformen, vgl. Abbildung 6.11.



Abb. 6.9: Kombination Holz-Glas-Fassade mit 3-Schicht-Platten Holzart Douglasie, farbig beschichtet



Abb. 6.10: An- und Neubau einer Holz-Glas-Fassade in Kombination mit beschichteten Holzwerkstoffplatten

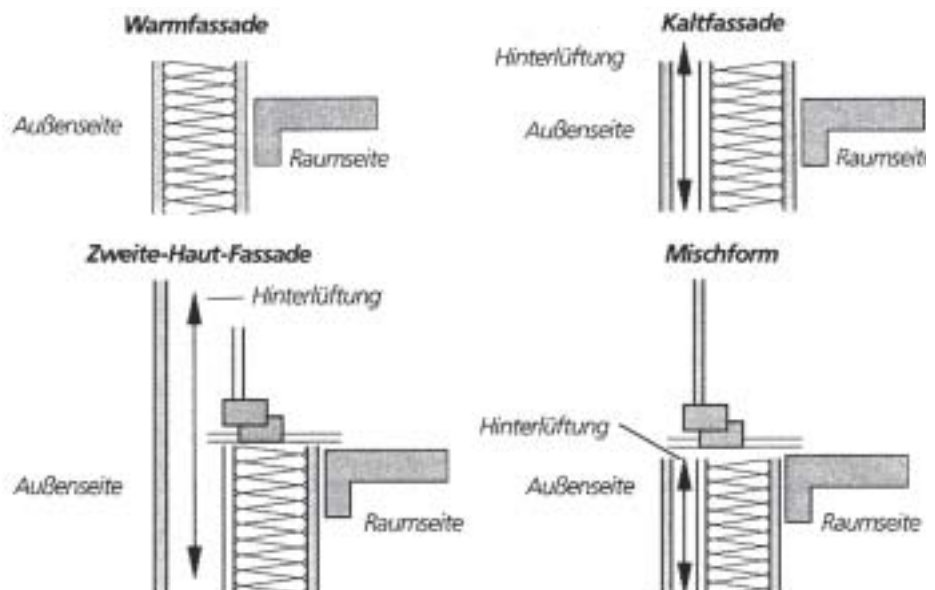


Abb. 6.11: Bauphysikalische Wirkungsweise Holz-Glas-Fassaden

6.4 Transparente Wärmedämmung

Transparente Wärmedämmsysteme, kurz TWD genannt, eignen sich insbesondere für die Sanierung von Massivaußenwänden mit hoher Wärmespeicherkapazität. Durch den Einsatz transparenter, dabei lichtdurchlässiger Dämm-Materialien wird eine passive Nutzung der Sonnenenergie möglich. Abbildung 6.12 zeigt die prinzipielle Wirkungsweise einer solchen Anordnung:

Anders als bei opaken (= nicht transparenten) Oberflächen lässt eine außenseitig vorge-setzte transparente Dämmschale den Großteil der auftreffenden Solarstrahlung durch. An der dahinter befindlichen Wand wird diese Strahlung in Wärme umgewandelt (Absorberprinzip), das Mauerwerk wirkt damit als Wärmespeicher.

Der Transmissionswiderstand zur Außenseite ist wegen der vorge-setzten Dämmschale deutlich höher als zur Raumseite. Die Erwärmung der Wandaußenseite führt deshalb Zeit verzögert zu einem Temperaturanstieg der Wandoberflächen auch im Innenbereich. Damit im Sommer unbehaglich hohe Oberflächentemperaturen vermieden werden, sind in der Regel temporäre Sonnenschutz-einrichtungen vorzusehen. Hierzu zählen automatische oder manuelle Verschattungssysteme, weiterhin baulich-konstruktive Maßnahmen.

Als Materialien für TWD's werden PMMA (Polymethylmethacrylat, z.B. „Plexiglas“), PC (Polycarbonat, z.B. „Markrolon“), Glas sowie Silica-Aerogele (derzeit nur in Forschungs-vorhaben) eingesetzt.

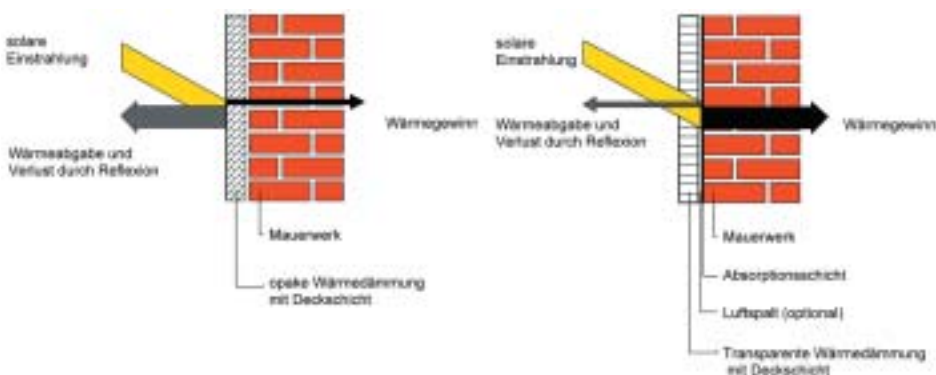


Abb. 6.12: Wirkungsprinzip transparenter Wärmedämmung

6.5 Solarfassaden

Vergleichbar mit TWD's wird zunächst als äußere Bekleidung eine transparente Dämmebene vorge-setzt. Zwischen Bekleidung und Wandkern verbleibt ein Luftzwischenraum, in welchen Solarwaben gestellt werden. Je nach Sonnenstand erfolgt die Umwandlung von Sonnenenergie in Wärme überwiegend an der Wabe oder am dahinter befindlichen Mauerwerk.

In den Wintermonaten mit tiefstehender Sonne dringt die Strahlung zum Wandkern durch und führt dort zur gewünschten Umwandlung in Wärmeenergie. Bei hohem Sonnenstand in den Sommermonaten trifft die Strahlung auf die Wabenoberfläche, wird dort umgewandelt und zum größten Teil über die Verglasung wieder nach außen abgestrahlt (vgl. Kapitel 8, Projekt LEG).

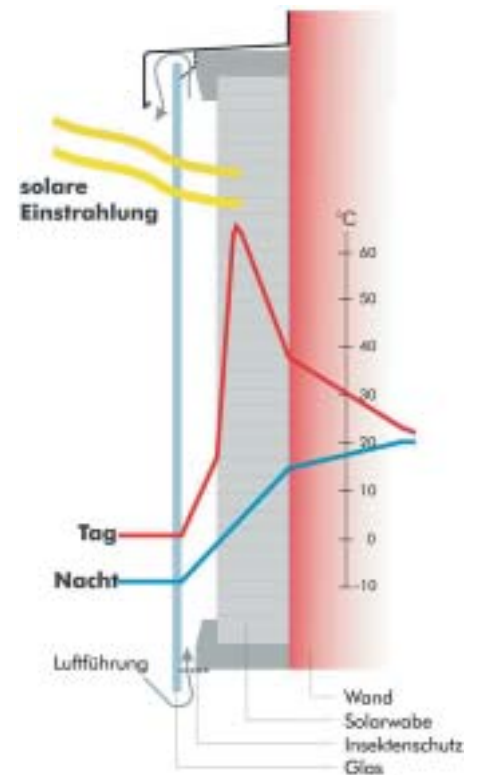


Abb. 6.13: Wirkungsprinzip Solarfassade

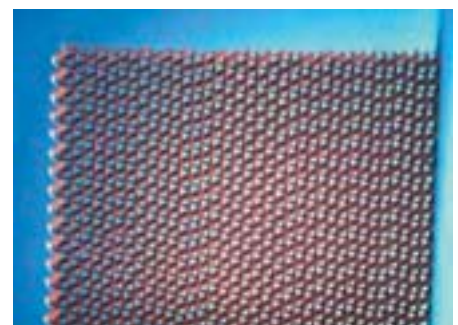


Abb. 6.14: Solarwabe

7 CAD-CAM-Technologien im Gebäudebestand

Nach Stand der Technik fallen Arbeitsleistungen zur Erneuerung von Fassaden im Gebäudebestand überwiegend an der Baustelle an. Neben unverzichtbaren Aufmaßarbeiten sind hier insbesondere die Ausgleichs-, Anpass- und Montageleistungen vor Ort zu nennen. Stets in Abhängigkeit von Bausubstanz, gewählter Fassadenart und örtlichen Gegebenheiten übersteigen die Aufwände für Arbeitsleistungen die Materialkosten um ein Mehrfaches. Notwendige Baugerüste führen insbesondere in Innenstädten oder Plätzen mit dichter Bebauung zu Behinderungen.

Nachstehend werden Verfahren und Technologien für die Erstellung von Fassadenmodulen aufgezeigt, mit denen Kosten intensive Baustellenarbeiten auf einen Bruchteil des bisherigen Umfanges reduziert werden können. Hierzu sind die folgenden Teilschritte erforderlich:

- Anstelle von Einzelteilen werden passgenaue vorgefertigte Module an die Baustelle geliefert
- Die notwendige sehr exakte Gebäudevermessung erfolgt elektronisch, dabei berührungslos
- Die Werks- und Ausführungsplanung erfolgt mit CAD, wobei auf verkörperte Daten des Gebäudebestandes zurückgegriffen wird
- Die Vorfertigung der Module kann wahlweise handwerklich oder mit CNC-Fertigungseinrichtungen erfolgen
- Die Endmontage der vorgefertigten Module vor Ort geschieht mittels LKW-Kränen und verfahrbaren Arbeitsbühnen
- Auf Fassadengerüste wird vollständig verzichtet

Für die einzelnen Verfahrensschritte sind die notwendigen Technologien teils vorhanden, teils müssen noch Entwicklungsarbeiten geleistet werden. Holzkonstruktionen sind aufgrund ihres geringen Gewichtes bei gleichzeitig hoher Stabilität für diese neuen Technologien geradezu prädestiniert. Verfügbare CAD-CAM-Technologien, welche derzeit im Neubau-Bereich Anwendung finden, können für diese Prozesse angepasst werden.

Angesichts einer wachsenden Zahl von sanierungsbedürftigen Wohnungen und Gebäuden können hier aus Sicht der Forst- und Holzwirtschaft ebenso innovative wie profitable neue Märkte erschlossen werden.



Abb. 7.1: Software für Mehrbildauswertung

7.1 Berührungslose Gebäudeerfassung

Für die digitale, berührungslose Gebäudeerfassung stehen zwei Grundsysteme zur Verfügung, welche in der Praxis teilweise auch in Kombination Anwendung finden.

7.1.1 Fotogrammetrie

Einzelne Fassaden oder Bauwerksabschnitte werden mit hochauflösenden, hochpräzisen Kameras wahlweise analog oder digital unter Verwendung von Referenzpunkten und -Strecken abfotografiert.

Mit Hilfe durchaus komplexer Software-Systeme werden im Nachgang die einzelnen Bilder bzw. Bauwerkssegmente zugeordnet, entzerrt und abgeglichen.

7.1.2 Polare Messtechnik

In mehreren Achsen bewegliche und elektronisch steuerbare Geodimeter erfassen unter Verwendung von Messmarken und natürlichen Punkten einzelne Fassaden und Bauwerksabschnitte. Dies erfolgt dreidimensional nach Punkten, Linien und Profilen.

Abbildung 7.2 zeigt eine solche prinzipielle Anordnung.

Software gestützt werden Abgleichungen, Entzerrungen und weitere vermessungstechnische Berechnungen vorgenommen.

Am Beispiel einer Musterfassade (Giebelwand kleines Einfamilienhauses) können die einzelnen Vorgänge erläutert werden. Zusätzlich zu den Gebäudekonturen lassen sich mit Hilfe der Laser-Messtechnik Unebenheiten von Fassaden erfassen und dokumentieren. Gitter- oder Isohypsendarstellungen sind hieraus ableitbar.

7.2 CAD-Planung

Die obig genannten Systeme zur Gebäudeerfassung besitzen Schnittstellen zu CAD-Systemen. Für eine weitgehend automatisierte Übernahme der Bauwerksdaten in die Werks- und Ausführungsplanung sind weitere Entwicklungsarbeiten sinnvoll und möglich.

Nach Übernahme der Fassadenkonturen erfolgt die Werks- und Detailplanung mit geeigneten CAD-Systemen in 2D oder 3D. Vergleichbar mit der Planung von Tafel-elementen an Neubauten werden Bauteilschichten definiert, Stiel- und Gefachbereiche festgelegt sowie Stücklisten und Pläne erstellt. Auch können hiermit die Abbunddaten für marktgängige CNC-Fertigungsanlagen ermittelt und ausgegeben werden.

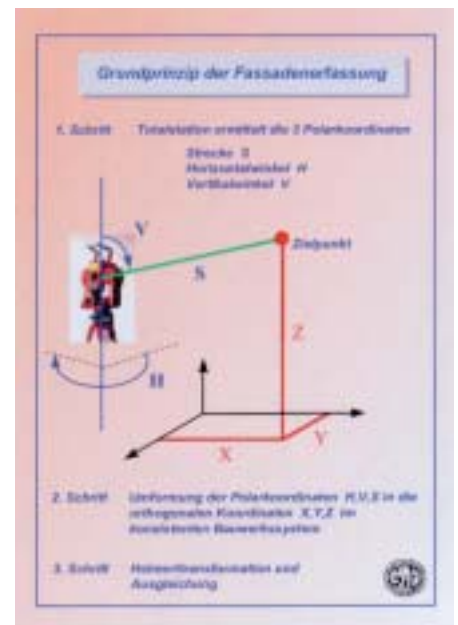


Abb. 7.2: Grundprinzip berührungslose 3-D-Erfassung von Gebäuden mittels Lasermesstechnik



Abb. 7.3: Entzerrte Bildaufnahme Giebelwand

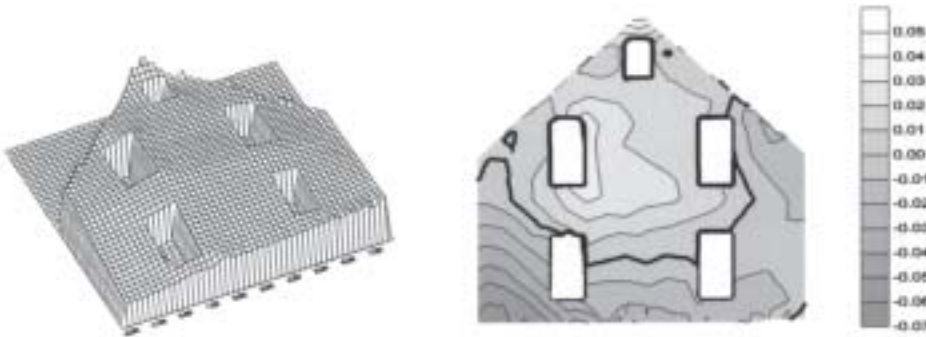


Abb. 7.4: Gitter- und Isohyssendarstellung Musterfassade

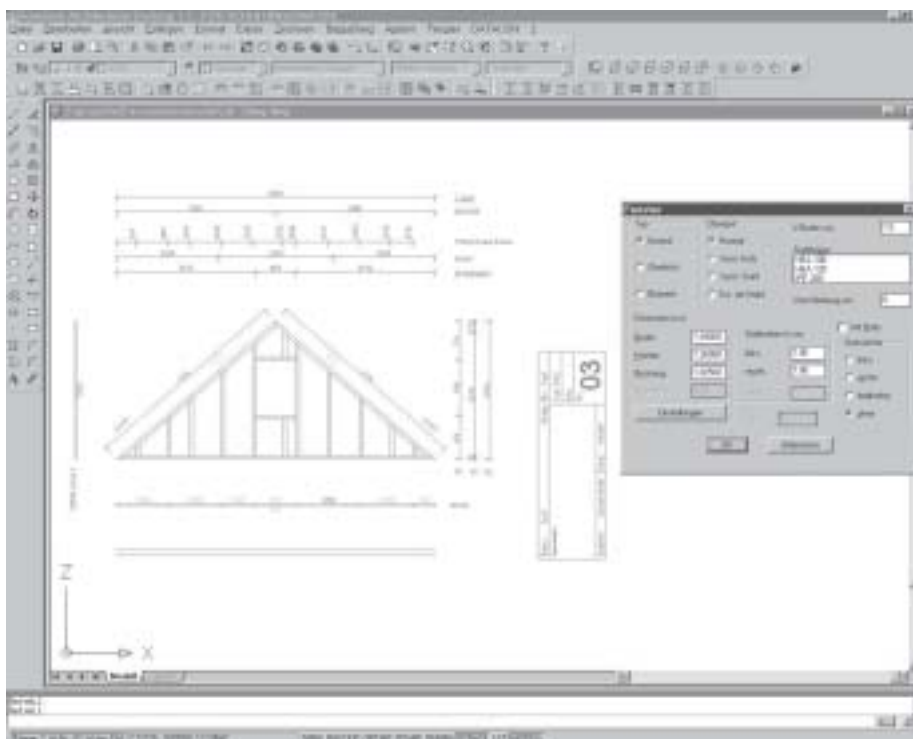


Abb. 7.5: Programmstudie CAD-Planungswerkzeug für Fassadenelementierung



Abb. 7.6: Mechanisierte Fertigung Holzriegelkonstruktion für Tafелеlemente

7.3 CNC-Fertigung

Moderne, numerisch gesteuerte Fertigungseinrichtungen zur Vormontage von Holztafelelementen, wie sie für Neubauten eingesetzt werden, ermöglichen auch die Herstellung von Fassadenmodulen. Gebäudeerfassung, Ausführungsplanung und Vorfertigung können dabei örtlich getrennt erfolgen. Die Herstellung der Module in mechanisierten Fertigungszentren wird auf diese Weise unterstützt.

7.4 Montage

Die weitgehend vorgefertigten Fassadenmodule werden an die Baustelle transportiert und mit mobilen Kränen an den Bestimmungsort gehoben. Für die Befestigung am Gebäudebestand sind Einzel- oder Mehrfachverankerungen möglich. Die Befestigungsmittel sind dabei wahlweise sichtbar oder verdeckt. Auch Einhängesysteme mit nachträglicher Justiermöglichkeit können Anwendung finden.



Abb. 7.7: Darstellung von Fassadenmodulen CAD in 3D



Abb. 7.8: 3-D-Darstellung von Fassadenmodulen mit Unterkonstruktion, Dämmung und Bekleidung

8 Holztafelemente zur Erneuerung der Gebäudehülle

Anstelle einer thermischen oder sonstigen baulichen Ertüchtigung alter Bausubstanz ist bei geeigneten Objekten ein vollständiger Austausch der alten Außenwandkonstruktion gegen Holztafelemente möglich („In-Fill“). Durch weitgehende Vorfertigung der Module in überdachten Fertigungshallen lassen sich Kosten intensive Arbeitsaufwendungen an der Baustelle auf ein Minimum reduzieren. Insbesondere modular konzipierte, mehrgeschossige Gebäude eignen sich für solche Maßnahmen. Die Konstruktion der einzelnen Module im Hinblick auf

- äußerliches und inneres Erscheinungsbild
- Gesamt-Bauteildicke
- Bauwerksanschlüsse
- Wärme-, Schall- und Brandschutz
- tragende/aussteifende Wirkung
- evtl. Installationsführung und
- Auswahl der Baustoffe

kann objektbezogen sehr individuell in den verschiedensten Holzbaukonstruktionen erfolgen.

Die Abbildungen 6.16 bis 6.19 zeigen eine Umbaumaßnahme der Landesentwicklungsgesellschaft LEG Thüringen in Erfurt. Die Stahlbeton-Außenwände eines Plattenbaues wurden durch vollständig vormontierte Großtafelemente in Holzrahmenbauweise ersetzt. Die außenseitige Bekleidung der Wände erfolgte mit Solarfassaden.



Abb. 8.1: Mehrgeschossiger Plattenbau vor Beginn der Sanierungsmaßnahmen



Abb. 8.2: Mit Holztafelementen erneuerte Stirnseite des Plattenbaues. Noch offene Fassade an der Längsseite



Abb. 8.3: Positionierung eines geschosshohen Holztafelementes an der offenen Fassade



Abb. 8.4: Gebäudekomplex nach Abschluss der Fassadenarbeiten

Bürosanierung LEG, Erfurt
 Bauherr:
 Landesentwicklungsgesellschaft Thüringen
 Architektur:
 Dipl.-Ing. T.Zill, Dipl.-Ing. N. Lippe, LEG
 Holzbau:
 Obermayr, A-Schwanenstadt
 Solarfassade:
 gap-solar GmbH, A-Perg
 Tragwerksplanung:
 Ingenieurbüro Dr. Krämer, D-Weimar

Ein weiteres richtungsweisendes, im Rahmen des Deutschen Holzbaupreises 2005 ausgezeichnetes Fassadenprojekt im Gebäudebestand ist das Studentenwohnheim Burse in Wuppertal. An dem Gebäude mit Baujahr 1977 wurden verschiedene Szenarien, beginnend von minimalen Renovierungsarbeiten bis hin zu Abriss und Neubau, auf deren wirtschaftliche Auswirkungen hin untersucht. Als optimierte Lösung wurde Abnahme der Fassaden, Entkernung des Altbaues, Vorsatz von Betonrahmen und hochdämmende Fassadenelemente in Holztafelbauweise gewählt. Der Heizwärmebedarf wurde auf ca. 10% reduziert, die umfangreichen Umbaumaßnahmen lagen 25% unterhalb den Kosten eines Neubaus.



Abb. 8.5: Bestandsanlage Baujahr 1977



Abb. 8.6: Anlage nach Abschluss der Umbaumaßnahmen

9 Vorgehängte Holztafelemente

Die anfallenden Arbeitsleistungen an der Baustelle zur nachträglichen Montage von Fassaden können durch den Einsatz vorgefertigter Elemente spürbar reduziert werden. Großformatige Holzwerkstoffplatten als äußere Bekleidungsschicht von Fassaden finden zunehmend Anwendung.

In einem weiteren Schritt werden, neben der Bekleidung selbst weitere Fassadenbestandteile wie Dämmung oder Unterkonstruktion in die Vorfertigung einbezogen. Gesondertes Augenmerk ist der Wärmedämmung zu widmen, sofern diese im Zuge der Vorfertigung eingebracht wird. Nach DIN 18516 sind größere zusammenhängende Hohlräume zwischen Wandkern und Zusatzdämmung mit damit möglicher Hinterströmung unterbunden werden. Eine ausreichende Anpressung der Dämmung in vorgefertigten Modulen kann insbesondere durch „federnde“ Dämmstoffe sowie integrierter linienförmiger oder flächigen Anpresskonstruktionen erreicht werden.

Vorgehängte Fassadenelemente in Holzbauweise können zusätzlich zu Bauwerkserhalt und thermischer Verbesserung eine große Zahl weiterer Funktionseinheiten in sich vereinigen, z.B.

- Glaselemente
- Beschattungs-Systeme
- Kanäle, Stränge oder Leitungen für Elektro-, Heizungs- und Sanitärinstallation
- Lüftungsanlagen
- allgemein Außenwanddurchführungen
- Beleuchtungskörper
- u.a.m.



Abb. 8.7: Gerüstlose Montage Fassadenelemente in Holztafelbauweise



Abb. 8.8–8.10: Projekt nach Fertigstellung



Studentenwohnheim Bourse, Wuppertal
Bauherr:
Hochschul-Sozialwerk Wuppertal
Architektur:
Architektur Contor Müller Schlüter, Wuppertal
Holzbau:
O. Lux Holzbau, Roth
Tragwerksplanung:
Prof. Karsten Tichelmann in Petzinka Pink und
Tichelmann, Darmstadt
Dipl.-Ing. Rüdiger Klumpp,
Beratender Ingenieur, (Detailverbindungen),
Weikersheim

10 Schlussfolgerungen und Ausblick

Eine national wie international erkennbare Überalterung des Wohnungsbestandes lässt kurz- und mittelfristig für den Fassadenmarkt Wachstumsraten im zweistelligen Prozentbereich erwarten. Vorgefertigte Fassadenelemente in Holz erschließen vollkommen neue Verfahren zur effektiven und wirtschaftlichen Verbesserung der vorhandenen Gebäudehülle. Die Herstellung dieser Elemente erfolgt mit CAD-CAM-Technologien, die aus dem Neubausektor abgeleitet werden können. In Verbindung mit berührungsloser elektronischer Gebäudeerfassung und Aufbereitung der Daten für nachfolgende Planungsprozesse ist ein Verzicht auf kostenintensive Fassadengerüste möglich. Insbesondere bei glatten, einfach strukturierten Fassaden vornehmlich im Geschosswohnungsbau lassen die aufgezeigten Technologien bautechnische und wirtschaftliche Vorteile erwarten. Die Bewohnbarkeit der einzelnen Wohnungen bleibt während der Sanierungsmaßnahmen erhalten.

Sowohl beim Austausch von Außenwänden (In-Fill-Elemente) als auch bei zusätzlichen vorgehängten Fassaden können ergänzend zu Dämmung und äußerer Bekleidung auch Glaselemente und Installationsmerkmale in die vorgefertigten Module integriert werden. Örtliche Gegebenheiten wie Beschaffenheit des Untergrundes oder Ebenheitstoleranzen sind für die Planung und Herstellung der Elemente zu berücksichtigen. Neue Entwicklungen in Konstruktion, Bemessung und Verfahrenstechnik zu den aufgezeigten Technologien sind daher zur Erschließung eines bedeutenden Wachstumsmarktes auf nationaler und internationaler Ebene zu erwarten.

Die nachstehenden Abbildungen 10.1 bis 10.3 zeigen Wohngebäude unterschiedlicher Größe und Geschosshöhe mit baulichem und thermischem Sanierungsbedarf an Fassade und Glaselementen. Durch die Montage zusätzlicher vorgefertigter Fassadenelemente in Holz (hinterlüftet, im Gefach Dämmung 100 mm WLG 040) und Erneuerung der Glaselemente (U-Wert neu 1.20 W/(m²K)) wird an allen drei Gebäuden der Jahresheizwärmebedarf auf weniger als die Hälfte reduziert.

Abb. 10.1:
Wohngebäude 2-geschossig,
BJ ca. 1938.

$U_{\text{Kellerdecke}}$	0.97 W/(m ² K)
$U_{\text{Decke OG}}$	1.2 W/(m ² K)
$U_{\text{Außenwand, alt}}$	1.80 W/(m ² K)
$U_{\text{Außenwand, neu}}$	0.33 W/(m ² K)
$U_{\text{Fenster, alt}}$	6.0 W/(m ² K)
$U_{\text{Fenster, neu}}$	1.20 W/(m ² K)

Jahresheizwärmebedarf alt
ca. 289 kWh/(m²a),
neu ca. 110 kWh/(m²a)



Abb. 10.2:
Wohngebäude 4-geschossig,
BJ 1954.

$U_{\text{Kellerdecke}}$	0.80 W/(m ² K)
$U_{\text{Decke OG}}$	1.2 W/(m ² K)
$U_{\text{Außenwand, alt}}$	1.71 W/(m ² K)
$U_{\text{Außenwand, neu}}$	0.32 W/(m ² K)
$U_{\text{Fenster, alt}}$	2.9 W/(m ² K)
$U_{\text{Fenster, neu}}$	1.20 W/(m ² K)

Jahresheizwärmebedarf alt
ca. 179 kWh/(m²a),
neu ca. 83 kWh/(m²a)



Abb. 10.3:
Wohngebäude 10-geschossig,
BJ ca. 1950.

$U_{\text{Kellerdecke}}$	0.80 W/(m ² K)
$U_{\text{Decke OG}}$	1.5 W/(m ² K)
$U_{\text{Außenwand, alt}}$	2.20 W/(m ² K)
$U_{\text{Außenwand, neu}}$	0.35 W/(m ² K)
$U_{\text{Fenster, alt}}$	6.0 W/(m ² K)
$U_{\text{Fenster, neu}}$	1.20 W/(m ² K)

Jahresheizwärmebedarf alt
ca. 143 kWh/(m²a),
neu ca. 48 kWh/(m²a)



11 Anhang

10.1 Literatur

- [1] Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – EnEV) vom 16. Nov. 2001. Bundesgesetzblatt Jahrgang 2001 Teil I Nr. 59, S. 3085-3102.
- [2] Lißner, K.; Rug, W.; Winter, S.; Schmidt, D.; Holtz, F.; Hessinger, J.; Hauser, G. und Otto, F.: Modernisierung von Altbauten. INFORMATIONSDIENST **HOLZ**, holzbau handbuch, Reihe 1, Teil 14, Folge 1, Dez. 2001.
- [3] DIN 4108-2:2003-07, Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz.
- [4] DIN EN ISO 6946:2003-10, Bauteile – Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient – Berechnungsverfahren.
- [5] Hauser, G. und Stiegel, H.: Wärmebrücken-Atlas für den Mauerwerksbau. Bauverlag Wiesbaden, 1990, 3. durchgesehene Auflage 1996.
- [6] Hauser, G. und Stiegel, H.: Wärmebrücken-Atlas für den Holzbau. Bauverlag Wiesbaden, 1992.
- [7] Hauser, G., Schulze, H. und Wolfseher, U.: Wärmebrücken im Holzbau. Bauphysik 5 (1983), H. 1, S. 17–21; H. 2, S. 42–51.
- [8] DIN EN ISO 10 211-2:2001-06, Wärmebrücken im Hochbau – Berechnung der Wärmeströme und Oberflächentemperaturen – Teil 2: Linien-förmige Wärmebrücken.
- [9] Hauser, G. Stiegel, H., Haupt, W.: Wärmebrückenkatalog auf CD-ROM. Ingenieurbüro Prof. Dr. Hauser GmbH, Baunatal (1998), überarbeitete Fassung (2002).
- [10] EID-Bestandsenergiepass 1.0. EnergiepassInitiative Deutschland. Vertrieb: ZUB, Kassel, www.zubkassel.de, 2003.
- [11] Hauser, G. und Otto, F.: Auswirkung eines erhöhten Wärmeschutzes auf die Behaglichkeit im Sommer. Bauphysik 19 (1997), H. 6, S. 169–176.
- [12] Ottel, R.: Zusammenhang zwischen Raumklima und Gebäudekonstruktion von Schulen. DBZ 22 (1974), Heft 4, S. 723–744.
- [13] Otto, F. und Hauser, G.: Planungsinstrument für das sommerliche Wärmeverhalten von Gebäuden. Abschlussbericht BMVBW Forschungsvorhaben BI 5-800195-2, Ingenieurbüro Prof. Dr. Hauser GmbH, Nov. 1997.
- [14] Hauser, G.: Wohngesundheit im Holzbau. INFORMATIONSDIENST **HOLZ**, Deutsche Gesellschaft für Holzforschung e.V., München, 1998.
- [15] GRE, Energieeinsparung im Gebäudebestand, bauliche und anlagentechnische Lösungen, I/2002
- [16] Oswald, Dahmen: Systematische Instandsetzung und Modernisierung im Wohnungsbestand, AiBau, Forschungsbericht, 06/2003
- [17] DIN 4108-3:2001-07, Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden - Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz, Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung
- [18] DIN 68800-2:1996-05, Holzschutz - Teil 2: Vorbeugende bauliche Maßnahmen im Hochbau
- [19] DIN 18516-1:1999-12, Außenwandbekleidungen, hinterlüftet – Teil 1: Anforderungen, Prüfgrundsätze
- [20] DIN 18334:2005-01, VOB, Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C, Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Zimmer- und Holzbauarbeiten
- [21] Holzforschung Austria, Holzfassaden, 2. Auflage, 2003
- [22] DIN 68800-3:1990-04, Holzschutz – Teil 3: Vorbeugender chemischer Holzschutz
- [23] DIN 18363:2002-12, VOB, Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C, Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Maler- und Lackiererarbeiten
- [24] Böttcher: Anstriche für Holz und Holzwerkstoffe im Außenbereich, Informationsdienst **Holz**, 12/1999
- [25] DIN 1055-4:1986-08, Lastannahmen für Bauten – Teil 4: Verkehrslasten, Windlasten bei nicht schwingungsanfälligen Bauwerken
- [26] DIN 1052:2004-08, Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken – Allgemeine Bemessungsregeln und Bemessungsregeln für den Hochbau
- [27] DIN 18516-1:1999-12, Außenwandbekleidungen, hinterlüftet – Teil 1: Anforderungen, Prüfgrundsätze
- [28] Böttcher: Oberflächenbehandlung von mehrgeschossigen Holzfassaden, 1998
- [29] DIN 18516-3:1999-12, Außenwandbekleidungen, hinterlüftet – Teil 3: Naturwerkstein – Anforderungen, Bemessung
- [30] LIGNUM: Oberflächenschutz von Holzfassaden, Lignatec 13/2001
- [31] Fachverband Baustoffe und Bauteile für vorgehängte hinterlüftete Fassaden e.V. (FVHF): Informationsblätter FVHF-Focus
- [32] DIN 18351:2002-12, VOB, Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C, Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Fassadenarbeiten
- [33] DIN 4102-4:1994-03, Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen – Teil 4: Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter Baustoffe, Bauteile und Sonderbauteile
- [34] DIN 4109:1989-11, Schallschutz im Hochbau, Anforderungen und Nachweise, auch Änderungen A1 2001-12
- [35] DIN 4109:1989-11, Schallschutz im Hochbau – Beiblatt 1: Ausführungsbeispiele und Rechenverfahren, auch Änderung A1 2003-09
- [36] DIN 4109:1989-11, Schallschutz im Hochbau – Beiblatt 2: Hinweise für Planung und Ausführung; Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz; Empfehlungen für den Schallschutz im eigenen Wohn- oder Arbeitsbereich 1989-11
- [37] DIN 50010-1:1977-10, Klimate und ihre technische Anwendung – Teil 1: Klimabegriffe, allgemeine Klimabegriffe
- [38] Fachverband transparente Wärmedämmung e.V.: Produkte und Systeme, Eine Übersicht, Informationsmappe 1, 06/2001
- [39] Fachverband transparente Wärmedämmung e.V.: Transparente Wärmedämmungen, Eigenschaften und Funktionen, Informationsmappe 2, 05/2000
- [40] Swedish Timber Council: Architecture in Wood, Architektur Förlag AB, Stockholm, 1992
- [41] Reyer, Schild, Völkner: Kompendium der Dämmstoffe, Fraunhofer IRB Verlag, 2001
- [42] Schild, Weyers: Handbuch Fassadendämmsysteme, Grundlagen - Produkte – Details, Fraunhofer IRB Verlag, 2003
- [43] Arbeitskreis „Dübel“ in der Studiengemeinschaft für Fertigbau e.V.: Bauaufsichtlich zugelassene Dübel und Setzbolzen, Wiesbaden, 2002
- [44] div. Unterlagen Produkthersteller
- [45] Schriftenreihe Informationsdienst Holz; holzbau handbuch

11.2 Bildquellen

- 2.1 Institut Wohnen und Umwelt
IWU, D-Darmstadt
- 2.2 + 2.3 Deutsche Energie-Agentur
GmbH, D-Berlin
- 2.5,
3.5–3.7,
6.4,
10.1–10.3 Egle, D-Übersee
- 3.1, 5.2 FVHF e.V., D-Berlin
- 3.8, 3.11,
6.7, 6.8 Eternit AG, D-Heidelberg
- 3.9, 3.10,
6.13,
8.1–8.4 gap Solar, A-Perg
- 3.12, 6.11 Informationsdienst **Holz**,
D-Düsseldorf
- 4.1 Holzforschung Austria, A-Wien
- 4.2 Dr. Böttcher, D-Braunschweig
- 5.1 fischerwerke Artur Fischer GmbH
& Co.KG, D-Waldachtal
- 6.2 Osmo Holz und Color GmbH &
Co.KG, D-Warendorf
- 6.5 GriffnerHaus, A-Griffen
- 6.6 Dold Holzwerke GmbH,
D-Buchenbach
- 6.9, 6.10 Merk-Finnforest, D-Aichach
- 6.12, 6.14 Fachverband transparente
Wärmedämmung e.V.,
D-Gundelfingen
- 7.1 Rollei Fototechnik GmbH,
D-Braunschweig
- 7.2–7.4 Ruhr-Universität, D-Bochum
- 7.5,
7.7 + 7.8 Döpfer/Egle, D-Übersee
- 7.6 Weinmann & Partner GmbH,
D-St.Johann-Lonsingen
- 8.5–8.10 Architektur Contor Müller
Schlüter, D-Wuppertal

