

## II. HOCHBAU-PLANUNGSWERKZEUGE UND – DETAILS

### **Konzeption und Zusammenstellung:**

Univ.Prof. Arch. DI Dr. Martin Treberspurg  
DI Roman Smutny

### **Fachliche Beiträge:**

Univ.Prof. Arch. DI Dr. Martin Treberspurg,  
DI Roman Smutny,  
DI Ulla Ertl,  
DI Roman Grüner,  
DI Mariam Djalili

Universität für Bodenkultur Wien, Department für Bautechnik und Naturgefahren,  
Institut für konstruktiven Ingenieurbau, Arbeitsgruppe Ressourcenorientiertes Bauen  
Peter-Jordan-Straße 82, 1190-Wien

Tel: 01-47654-5260

Fax: 01-47654-5299

[www.baunat.boku.ac.at/iki.html](http://www.baunat.boku.ac.at/iki.html)



Ressourcenorientiertes Bauen

1. Auflage, Mai 2008

# GEBÄUDEHÜLLE – OPAKE BAUTEILE

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>II. HOCHBAU-PLANUNGSWERKZEUGE UND –DETAILS .....</b>	<b>1</b>
<b>II.1 Gebäudehülle – Opaque Bauteile .....</b>	<b>3</b>
II.1.1 Wärmebrückenfreies und luftdichtes Bauen .....	3
II.1.1.1 Grundprinzipien: Verringerung der Verluste der Gebäudehülle .....	3
II.1.1.2 Wie plant man wärmebrückenfrei? .....	5
II.1.1.3 Wärmebrücken .....	7
II.1.1.4 Luftdichtheit: Problemstellung, Ziele, Aufgaben .....	31
II.1.2 PH-Details (PH-Bauteilenkatalog) .....	50
II.1.2.1 Allgemeines zur Gebäudehülle .....	50
II.1.2.2 Wandaufbauten .....	51
II.1.2.3 Deckenaufbauten .....	64
II.1.2.4 Dachaufbauten .....	67
II.1.3 Passivhäuser in Holzbauweise .....	76
II.1.3.1 Rahmenbauweise .....	76
II.1.3.2 Skelettbau .....	77
II.1.3.3 Massivholzbau .....	77
II.1.3.4 Holzmischbau .....	78
II.1.3.5 Mischbau .....	79
II.1.3.6 Bauteilanalyse .....	80
II.1.3.7 Wandaufbau .....	80
II.1.3.8 Deckenaufbau .....	82
II.1.3.9 Dachaufbau .....	83
II.1.3.10 Fenster .....	83
II.1.3.11 Baustoffe .....	84
II.1.4 Passivhäuser in Holzbauweise – Beispiele .....	88
II.1.4.1 WOHNHAUS IN HITTISAU .....	88
II.1.4.2 Gemeindehaus in Ludesch .....	91
II.1.5 Passivhäuser in Holzbauweise: Qualitätssicherung auf der Baustelle .....	94
II.1.5.1 Einleitung .....	94
II.1.5.2 Problematik .....	94
II.1.5.3 Lösungsmöglichkeit .....	95
II.1.5.4 Aktuelle Qualitätssicherungssysteme im Passivhausbau .....	97

Dieses Skriptum ist ausschließlich als Studienunterlage für die Lehrveranstaltung „Integrierte und Nachhaltige Hochbauplanung“ geeignet.

Die Autoren übernehmen trotz sorgfältigster Recherche keinerlei Gewähr für eine bestimmte Beschaffenheit, Qualität oder Zuverlässigkeit der zusammengestellten Informationen und keinerlei Haftung für die Vollständigkeit und Richtigkeit von Informationsinhalten.

## II.1 Gebäudehülle – Opake Bauteile

### II.1.1 Wärmebrückenfreies und luftdichtes Bauen

#### II.1.1.1 Grundprinzipien: Verringerung der Verluste der Gebäudehülle

Wärme sucht sich ihren Weg vom beheizten Raum nach außen. Dabei geht sie den Weg des geringsten Widerstandes. Und dieser muss nicht unbedingt auf einem geraden Pfad durch das Bauteil führen. Oft ist ein "räumlicher Umweg" für die Wärme einfacher zu nehmen als der direkte Weg. In solchen Fällen spricht die Fachwelt von einer "**Wärmebrücke**".

Als Wärmebrücken werden allgemein örtlich begrenzte Störungen einer Baukonstruktion bezeichnet, bei welchen die innere Oberflächentemperatur beträchtlich niedriger als die der umgebenden Bauteile ist. Die Absenkung der inneren Oberflächentemperatur wird im Bereich der Wärmebrücken durch eine verstärkte Abführung der Wärmeenergie zur Außenseite (bzw. zur Seite mit geringerer Temperatur) verursacht. Jedes Bauwerk hat unterschiedliche, oft schwer oder unerkennbare Wärmebrücken unterschiedlicher Form und Auswirkung. Besonders im Niedrigenergie- und im Passivhausbau stellen Wärmebrücken ein großes Problem dar, welches schon in der Planung erkannt und gelöst werden sollte, um schwierige nachträglich erforderliche bauliche Veränderungen zu vermeiden.

Auswirkungen von Wärmebrücken sind:

- Veränderte, meist verringerte innere Oberflächentemperaturen; das kann im schlimmsten Fall zum Durchfeuchten von Bauteilen und Schimmelwachstum führen.
- Veränderte, meist erhöhte Wärmeverluste.

Beides kann im Passivhaus vermieden werden: Die Oberflächentemperaturen sind dann überall so hoch, dass es zu keiner kritischen Feuchtebelastung mehr kommen kann - und die zusätzlichen Wärmeverluste werden vernachlässigbar klein. Sind die Wärmebrückenverluste kleiner als ein Grenzwert (festgelegt auf  $0,01 \text{ W/(mK)}$ ), so erfüllt das Detail die Kriterien für "**wärmebrückenfreies Konstruieren**".

Werden die Kriterien an wärmebrückenfreies Konstruieren überall eingehalten, so müssen sich die Planer und der Bauherr keine Sorgen mehr um kalte und nasse Flecken machen - und auch der Berechnungsaufwand für die Heizwärmebilanz wird viel geringer.

Wärmebrückenfreies Konstruieren führt zu substantiell verbesserten Details. Dadurch wird die Dauerhaftigkeit der Konstruktion erhöht - und es wird Heizenergie eingespart.

**Zur Definition des Wärmebrückenfreien Konstruierens**

Eine Gebäudehülle heißt wärmebrückenfrei, wenn der Transmissionswärmeverlust unter Berücksichtigung aller Wärmebrücken nicht höher ist als es die Berechnung allein mit den Außenoberflächen und den  $U$ -Werten der Regelbauteile ergibt. Regelmäßige Wärmebrücken in den Regelbauteilen müssen dabei schon in den Regel- $U$ -Werten berücksichtigt werden [AkkP 16]. Im Folgenden wird dies in Formeln gefasst.

Der gesamte temperaturspezifische Wärmeverlust wird durch den Transmissionsleitwert  $H_T$  charakterisiert. Er setzt sich aus den regulären Verlusten aller Flächen  $A$  mit ihren regulären Wärmedurchgangskoeffizienten  $U$

$$U \cdot A$$

und den Wärmebrückenbeiträgen ( $\Psi \cdot l$ ) sowie  $X$  zusammen; da die punktförmigen Beiträge in der Regel unbedeutend sind, werden sie im Folgenden nicht näher betrachtet. ( $\Psi$  ist der lineare,  $X$  der punktförmige Wärmebrückenverlustkoeffizient).

„Wärmebrückenfreies Konstruieren“ ist dann folgt definiert: Die durch die „Wärmebrückenterme“ gegebenen Beiträge sind kleiner oder gleich Null:

$$\sum \Psi \cdot l + \sum X \leq 0$$

[Definition wärmebrückenfrei]

Dann ist es zulässig, die Wärmebrückeneffekte gar nicht erst einzubeziehen und damit die Rechnung erheblich zu vereinfachen. Damit gleichbedeutend ist die Aussage

$$\Delta U_{WB} \leq 0.$$

Dabei ist  $\Delta U_{WB}$  der Wärmebrückenzuschlag nach Energieeinsparverordnung.

**Vereinfachtes Kriterium**

Eine Überprüfung mit der Definition wärmebrückenfrei liefe aber darauf hinaus, dass alle Details immer noch mehrdimensional berechnet werden müssten. Es gilt daher, vereinfachte Kriterien für das „Wärmebrückenfreie Konstruieren“ zu schaffen. Es stellte sich heraus, dass bei üblichen Gebäudegeometrien die Bedingung "wärmebrückenfrei" nahezu immer hinreichend genau erfüllt ist, wenn nur für alle linearen Störungen

$$\Psi \leq 0,01 \text{ W/(mK)} \quad [\text{WbKrit}]$$

ist. Diese können immer noch zu gewissen positiven Beiträgen führen, die allerdings als „vernachlässigbar gering“ gelten können.

Außerdem werden verbliebene Beiträge in gewissem Umfang durch andere Anschlüsse, an denen negative Wärmebrückenverlustkoeffizienten vorliegen, kompensiert. Die Bedingung [WbKrit] reicht für alle Strukturen, die Anschlüsse, Kanten und einzelne Störungen in den Regelflächen betreffen. Regelmäßige Störungen, die in den Regelflächen auftreten, müssen bereits bei der Angabe des Regel-Wärmedurchgangskoeffizienten  $U_{reg}$  berücksichtigt werden (z.B. regelmäßige Stiele

in einer Holzständer- oder Tafelkonstruktion; auch die Anschlusswärmebrücke beim Einbau eines Fensters rechnet man zweckmäßigerweise in den regulären Fenster-U-Wert ein, dies ist im PHPP bereits so angelegt und macht wenig Arbeit).

Mit dem vereinfachten Kriterium werden die Planung und der Bau ganz entscheidend vereinfacht: Für eine Klasse von Anschlussdetails muss nur einmal im Vorfeld nachgewiesen worden sein, dass sie das Kriterium [WbKrit] erfüllen. Dass kann z.B. durch eine Berechnung aller relevanten Details für Gebäudehüllen erfolgen. Viele Systemhersteller sind diesem Ansatz bereits gefolgt und haben für alle von ihnen bereitgestellten Details die Einhaltung des Kriteriums überprüfen lassen. Verwendet der Planer solche Details, so kann er bei der Passivhaus-Projektierung die Wärmebrückentherme einfach weglassen - und spart viel Arbeit bei der Berechnung.

Auf der Internet-Seite des Passivhaus-Institutes finden sich zahlreiche Beispiele für Bausysteme, bei denen sämtliche normalerweise benötigten Anschlussdetails als "wärmebrückenfrei" zertifiziert sind.

### II.1.1.2 Wie plant man wärmebrückenfrei?

Eine anschauliche Hilfe ist durch folgenden Grundsatz gegeben: Dämmschichten so planen, dass die gesamte Außenhülle ohne Absetzen vollständig mit einem Stift der Mindest-Dämmdicke (beim Passivhaus etwa 20 cm) innerhals der Dämmschichten umfahren werden kann. Die folgende Abbildung illustriert das Prinzip an einer Schnittzeichnung. Die entscheidenden Punkte werden so schnell erkennbar: Z.B. die Mauerwerksfußpunkte auf der Kellerdecke.

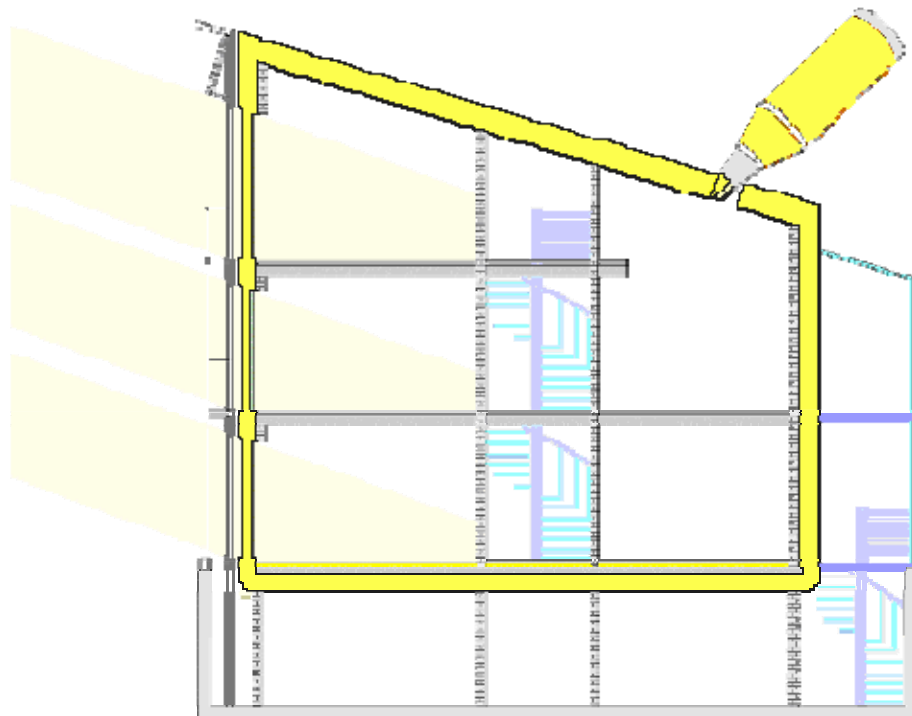


Abb. 1: Prinzip Luftdichtes Bauen [Quelle: <http://www.passivhaustagung.de>]

Die Intention beim Ansatz "Wärmebrückenfreies Konstruieren" ist, dass sich dabei eine substantielle Verbesserung der Details ergibt. Wir ziehen eine vielleicht geringfügig teurere substantielle Verbesserung der Details einer ebenfalls kostenrelevanten detaillierten Nachrechnung weniger guter Anschlüsse vor.

Die Erfahrungen mit zahlreichen Bausystemen, für die das Prinzip des "Wärmebrückenfreien Konstruieren" bereits durchentwickelt wurde, sind positiv. Es gibt bereits vollständige Detailkataloge für Wärmebrückenfreie Konstruktionen für den:

- Massivbau mit Vollmauersteinen,
- Massivbau mit Steinen geringer Wärmeleitfähigkeit (z.B. Porenbeton),
- Holzbau (sowohl mit Vollholzträgern als auch mit Leichtbauträgern),
- Bau mit Schalungselementetechnik,
- Bau mit vorgefertigten Leichtbetonelementen.

### II.1.1.3 Wärmebrücken

**PHS 1.0** Passivhaus  
Schulungsunterlagen

#### Wärmebrückenarchitektur

2.1.2



Quelle: Mehrfamilienhaus in Homburg, Foto: Martin Ploss

**bm vit** Eine Initiative des Bundesministeriums  
Für Verkehr, Innovation und Technologie

**HAUS**  
der Zukunft

**PHS 1.0** Passivhaus  
Schulungsunterlagen

#### Gestaltungsvielfalt trotz kompakter Gebäudeform

2.1.3



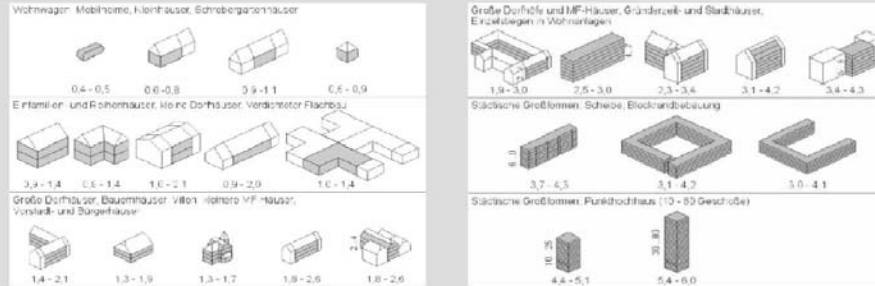
Quelle: Zusammenstellung H. Krapmeier, Energieinstitut Vorarlberg

**bm vit** Eine Initiative des Bundesministeriums  
Für Verkehr, Innovation und Technologie

**HAUS**  
der Zukunft

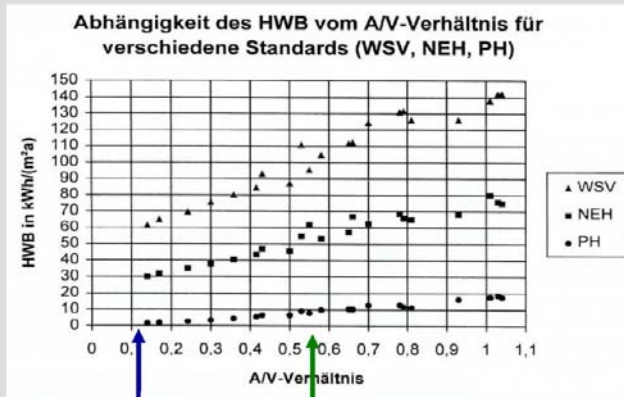
Kompaktheiten  $I_c$

2.1.4



Abhängigkeit des HWB vom A/V- Verhältnis

2.1.5

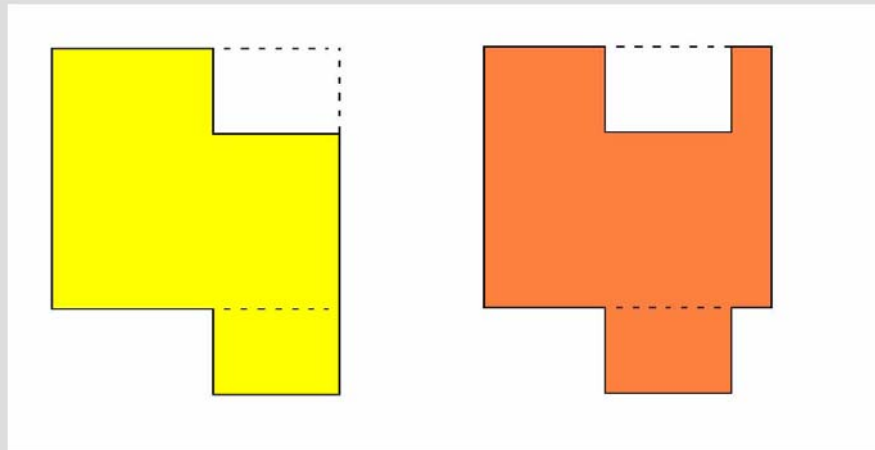


Quelle: Diagramm: R. Vallentin; Zusammenstellung Beispiele: Energieinstitut Vorarlberg



Einfluss der Umfangvergrößerung bei gleicher Fläche

2.1.6



Vergrößerung um 10 %  
Dämmung <sub>zus.</sub> = 2 cm

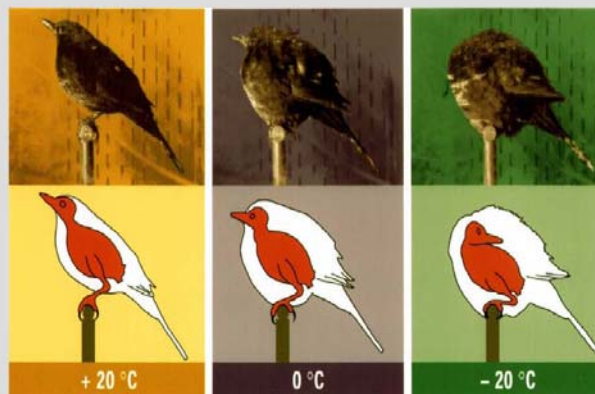
Vergrößerung um 20 %  
Dämmung <sub>zus.</sub> = 4 cm

Quelle: R. Borsch-Laaks

Die Natur lehrt: Hohe Porosität verringert Wärmeverluste

2.1.9

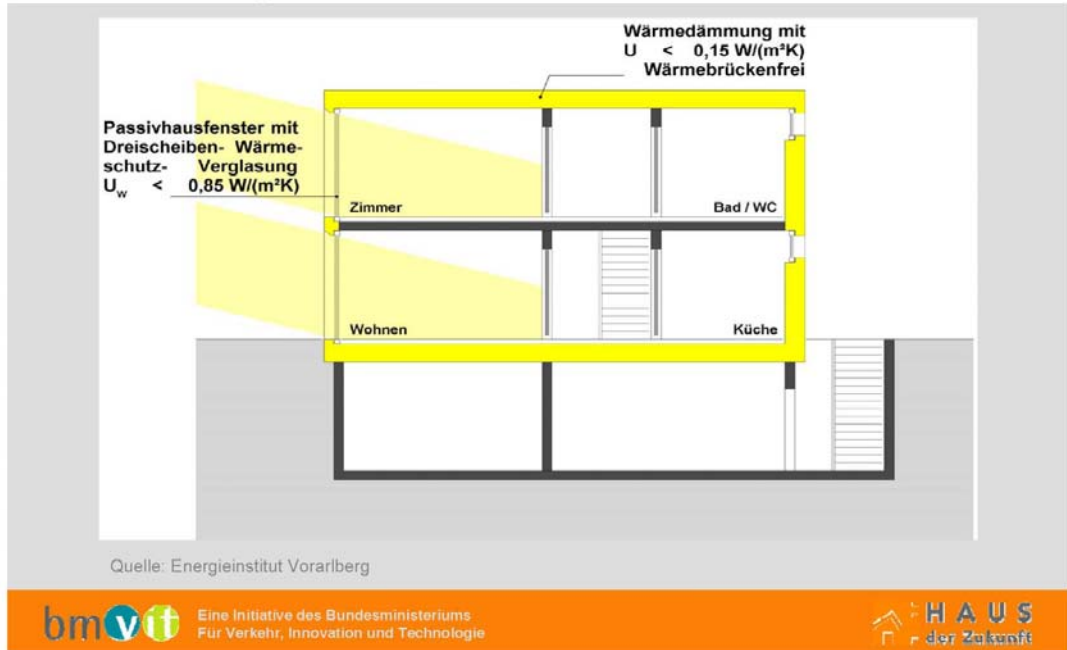
Die Amsel vergrößert bei niedrigen Temperaturen ihre „Gefiederhülle“ und zieht sich immer tiefer in diese „Dämmung“ zurück.



Quelle: IMPULS Programm Hessen

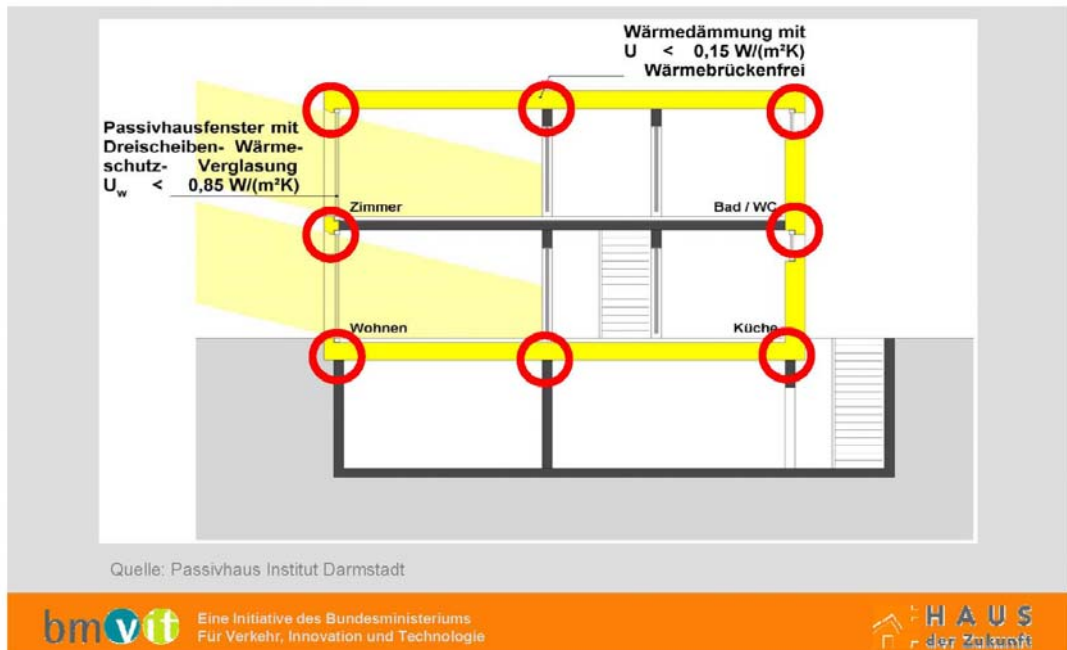
Anforderungen an die Gebäudehülle von Passivhäusern

2.1.11



Wärmebrückenfreiheit

2.1.14



Wärmebrückenoptimierte Komponenten und Details

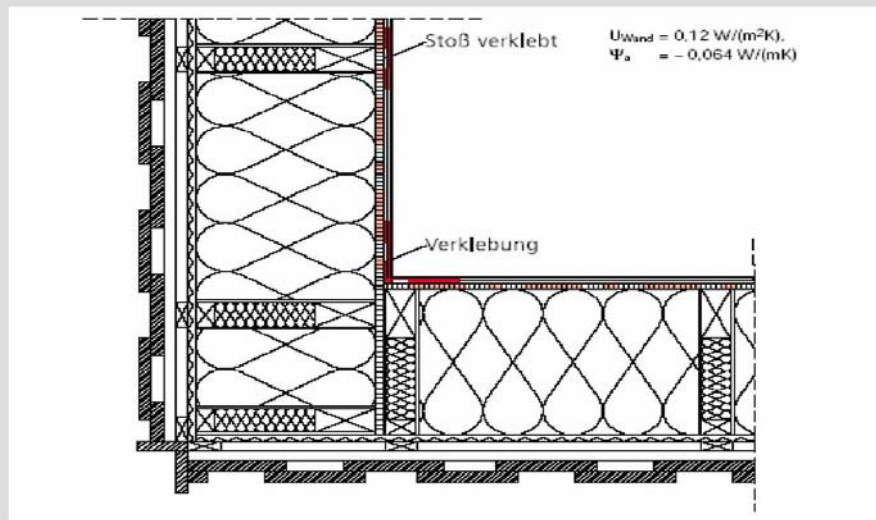
2.1.15



Quelle: Fotos links und rechts: M. Ploss, Foto Mitte: Fa. lignotrend

Nachweis der Wärmebrückenfreiheit

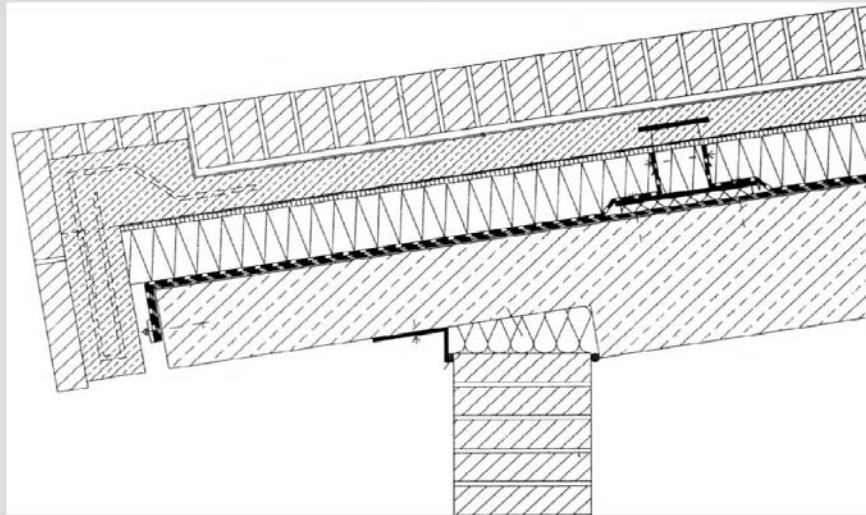
2.1.16



Quelle: Informationsdienst Holz (Herausgeber): Das Passivhaus – Energie-Effizientes Bauen

Wärmebrückenlösung heute?

2.1.17



Quelle: „Architektur“, Dez 2000

Normen, Richtlinien, Quellen, weiterführende Literatur

2.1.23

Feist, Wolfgang:  
Gestaltungsgrundlagen Passivhäuser  
Verlag Das Beispiel  
Darmstadt, 2000

Krapmeier, Helmut, Drössler, Eckart:  
CEPHEUS – Wohnkomfort ohne Heizung  
Springer Verlag Wien New York

Feist, Wolfgang (Herausgeber):  
Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser – Phase II  
Protokollband Nr. 16 – Wärmebrückenfreies Konstruieren  
Passivhaus Institut  
Darmstadt, 1999

Informationsdienst Holz (Herausgeber): Das Passivhaus – Energie-Effizientes Bauen  
Düsseldorf, Oktober 2002



### Notizen:

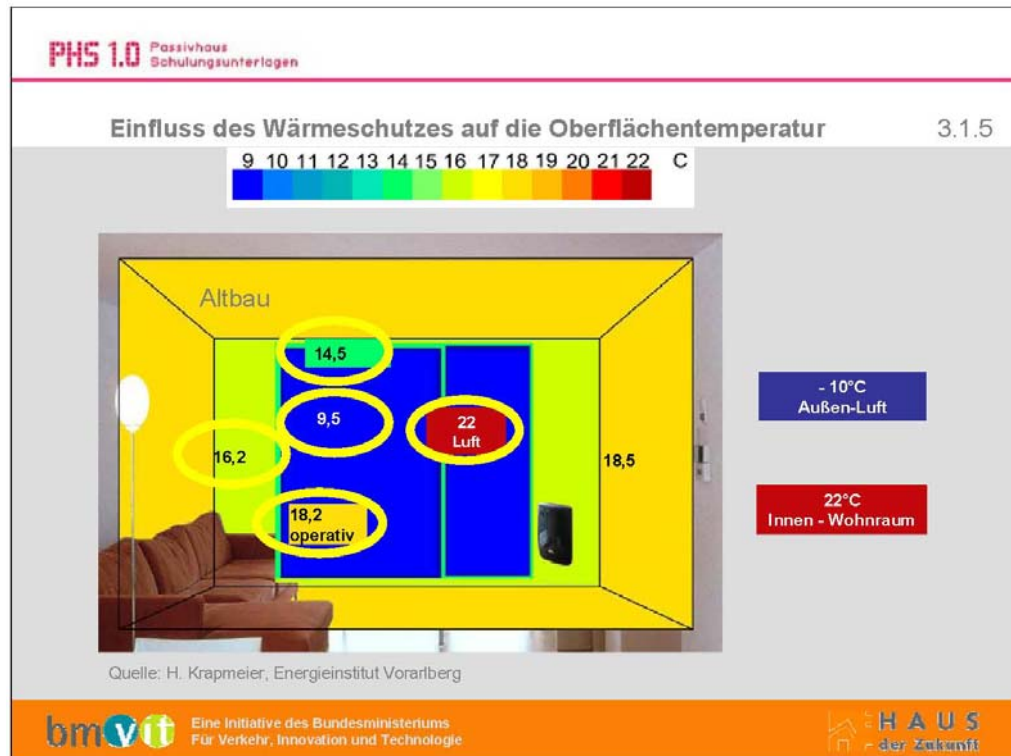
Die Folie zeigt eine Infrarotaufnahme des Hauses von Folie 3.1.3 („Wärmeschutz, Bsp. Schlechter Neubau Foto“)

Verwiesen sei hier auf die „Empfehlungen der Österreichischen Gesellschaft für Thermografie zum Bereich Bauthermographie unter Gegenüberstellung von Außen- und Innenthermografie“ (s. [www.thermografie.co.at](http://www.thermografie.co.at)):

„Bei gedämmten Fassaden sind bei der Außenthermografie die Schwachstellen bei normgemäßen Mindestbedingungen (Temperaturdifferenz außen – innen 15K) nicht erkennbar. Bei der ungedämmten Wand zeichnen sich außen auch extreme Wärmebrücken nicht mehr deutlich ab. An der Innenseite zeichnen sich bei gedämmten Bauteilen nur extreme Schwachstellen mit Differenzen von mehreren Zehntelgrad ab. Bei der ungedämmten Wand sind die Schwachstellen von Innen deutlich erkennbar.“

Nur wenig aussagekräftiger sind Außenthermografien bei größeren Temperaturdifferenzen zwischen außen und innen (30K): bei gedämmten Bauteilen sind Schwachstellen außen weiterhin nicht erkennbar, bei der ungedämmten Wand zeichnen sich nur extreme Wärmebrücken mit Differenzen im Gradbereich ab. An der Innenseite zeichnen sich diese Schwachstellen bei gedämmten Bauteilen mit Differenzen im Bereich von 0,5 bis 1 K ab. Bei der ungedämmten Wand sind die Schwachstellen von Innen deutlich erkennbar.“

Da mit der Messung und Dokumentation der von außen erkennbaren Wärmebrücken physikalisch bedingt nur ein geringer Teil der Fehlermöglichkeiten eines Gebäudes erfasst werden kann und die außen auftretenden Temperaturdifferenzen messtechnisch kaum oder überhaupt nicht mehr detektierbar sind, sind ausschließlich auf Basis der Außenthermografie erzielte Ergebnisse für eine energetische Beurteilung eines Gebäudes und anschließende Beratung ungeeignet.“





### Erläuterungen:

Der Vergleich zeigt, wie sehr sich die hohe thermische Qualität der Passivhaus-Gebäudehülle auf die Behaglichkeit auswirkt: Während die Oberflächentemperatur der Außenwand im Altbau nur 16,2°C beträgt, liegt sie im Passivhaus bei 21,4°C nur geringfügig unter der Raumlufttemperatur. Die Scheibenoberfläche der Dreifachverglasung im Passivhaus ist 19,1°C warm, der Vergleichswert im Altbau liegt bei 9,5°C.

Die Oberflächentemperatur des Fensters liegt damit so hoch, dass der im Altbau und üblichen Neubauten aus Behaglichkeitsgründen vor dem Fenster angeordnete Heizkörper entfallen kann.

Da die Erhöhung der Wärmestromdichte in diesen Bereichen form- und /oder materialbedingt sein kann, wird prinzipiell zwischen zwei Typen von Wärmebrücken unterschieden:

- Form- oder Geometrisch bedingte Wärmebrücken
- Stoffbedingte (Konstruktiv bedingte) Wärmebrücken

Weiters kann nach der flächigen Ausdehnung der Wärmebrücken unterschieden werden:

- Lineare (also linienförmige) Wärmebrücken
- Punktuellen (also punktförmige) Wärmebrücken

### Form- oder Geometrisch bedingte Wärmebrücken

Eine Geometrisch bedingte Wärmebrücke liegt vor, wenn die Wärme aufnehmenden Bauteiloberflächen auf der Innenseite (bzw. Seite mit höherer Temperatur) kleiner als die Wärme abgebenden Bauteiloberflächen auf der Außenseite (bzw. Seite mit geringerer Temperatur) sind.

Eine unterschiedliche Größe der Innen- und Außenoberfläche entstehen besonders von Bauteilen unter Bildung eines Winkels oder einer Ecke (Wände, Fußböden, Decken und Anschlüssen), bei auskragenden Außenbauteilen und bei Winkelanschlüssen von Außenwänden.

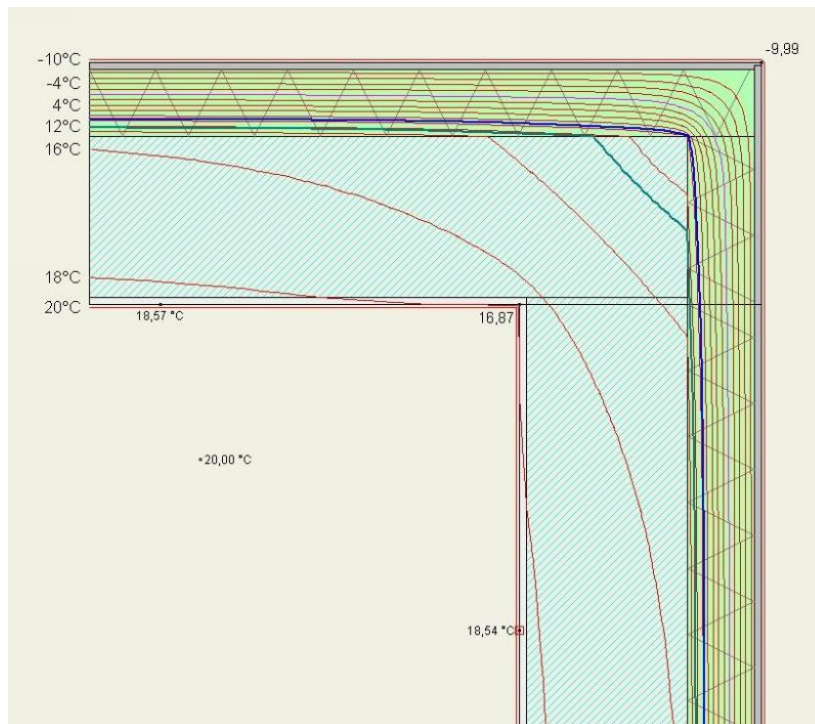


Abb. 2: Geometrische Wärmebrücke mit Isothermen an der Außenecke einer wärmegeämmten Außenwand [Quelle: [http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Waermebruecke\\_geometrisch.jpg](http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Waermebruecke_geometrisch.jpg)]

### Stoffbedingte (Konstruktiv bedingte) Wärmebrücken

Bei den stoffbedingten Wärmebrücken wird die erhöhte Ableitung der Wärmeenergie durch unterschiedliche Wärmeleitfähigkeiten der in einem Bauteil eingebauten Baustoffe verursacht, also eine volle oder teilweise Durchdringung der Gebäudehülle durch Baustoffe mit unterschiedlicher Wärmeleitfähigkeit.

Zu den typischen Beispielen gehören:

- Metall- oder Kunststoffverbindungsmittel
- Stahlbetonstützen in gemauerten Mauerwerken
- ein ungedämmter Fenstersturz.
- auch Kamine, Lüftungsschächte, Rohre und andere Installationen



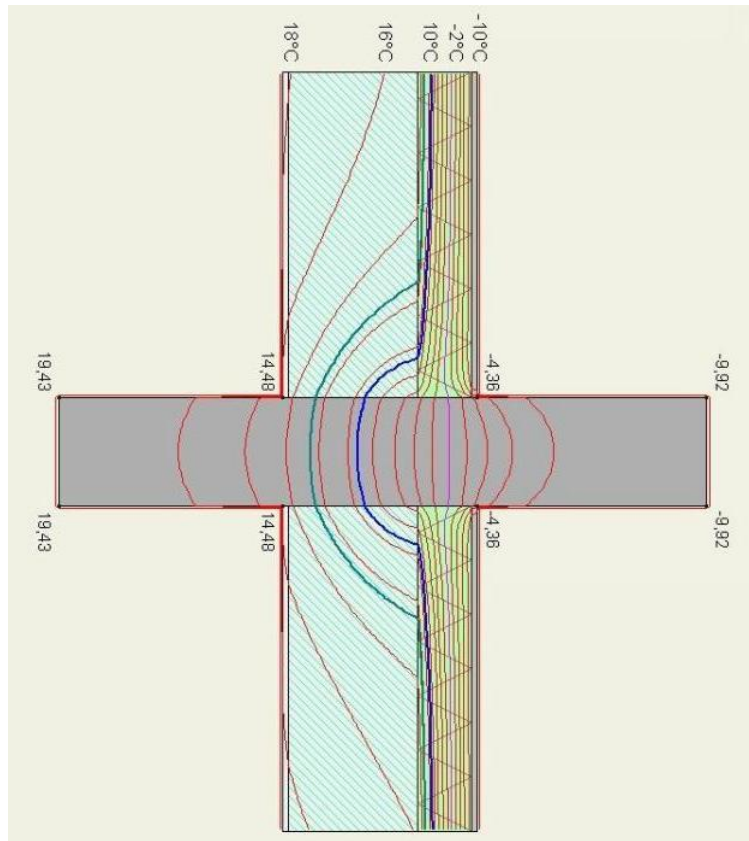


Abb. 3: Konstruktive Wärmebrücke mit Isothermen, durchstoßende Stahlbetonplatte in wärmege-  
dämmter Außenwand [Quelle: [http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Waermebruecke\\_konstruktiv.jpg](http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Waermebruecke_konstruktiv.jpg) ]

### Problemstellung

Die Wirkung von Wärmebrücken in Außenbauteilen führt einerseits zur Änderung des Wärmestroms und daraus folgend zur Erhöhung der Gesamtwärmeverluste und des Energieverbrauchs eines Gebäudes, und andererseits zur Absenkung der inneren Oberflächentemperatur der Bauteile. Durch die steigenden Anforderungen an die Wärmedämmung von Gebäuden nimmt der Einfluss der Wärmebrücken erheblich zu; wenn im konventionellen- und teilweise auch im Niedrigenergie-Hochbau Wärmebrücken (im besonderen punktuelle und geometrische Wärmebrücken) fast vernachlässigbar waren, können im Passivhausbau schon geringe Wärmebrücken größere Auswirkungen auf den Energieverbrauch des Gebäudes (und somit auf die erforderliche Heizlast und Energiekennzahl) haben.

Die grundlegende Regel zur erfolgreichen Projektierung von Passivhäusern lautet daher, eine „geschlossene durchgängige wärmegeämmte Hülle“ zu planen. Dies ist in allen gängigen Bauweisen, vom Massivbau über den Beton-Schalungsstein bis hin zum Leichtbau, durchaus möglich, verlangt aber eine weitreichende Kenntnis in Bereichen der Bauphysik und der Baustoffkunde. Um die Wirkung von Wärmebrücken in einer Baukonstruktion quantifizierbar zu machen ist demzufolge sowohl im Planungsstadium eines Neubaus als auch bei der Begutachtung von Schadensfällen bei bestehenden Objekten notwendig, eine sorgfältige Berechnung und Evaluierung der betroffenen Bauteile und Details durchzuführen.

Eine rechnerische Erfassung von Temperaturzuständen in solchen gestörten Bauteilbereichen kann unter anderem durch Isothermenberechnung durchgeführt werden. Wärmebrücken bewirken eine Abweichung der Isothermen vom oberflächenparallelen Verlauf im ungestörten Bereich und können EDV-technisch visualisiert werden. Der Isothermenverlauf vermittelt ein anschauliches Bild von Temperaturen und Temperaturgefälle wie auch von der Richtung der Wärmeströme (senkrecht zu den Isothermen) in einem Bauteil. Die quantitative Erfassung von Wärmebrücken bildet damit eine wesentliche Grundlage für eine wärmetechnische Verbesserung baulicher Detaillösungen während der Gebäudeplanung und eine fachgerechte Analyse im Schadensfall.

### Schwachstellen der Gebäudehülle

Die folgende Abbildung weist auf Bauteile hin, die besonders gefährdet sind eine Wärmebrücke zu enthalten. Bei der Planung und Ausführung solcher Details sollte also Augenmerk auf die speziellen Wärmeströme gelegt werden, um schon im Vorfeld Wärmebrücken zu vermeiden.

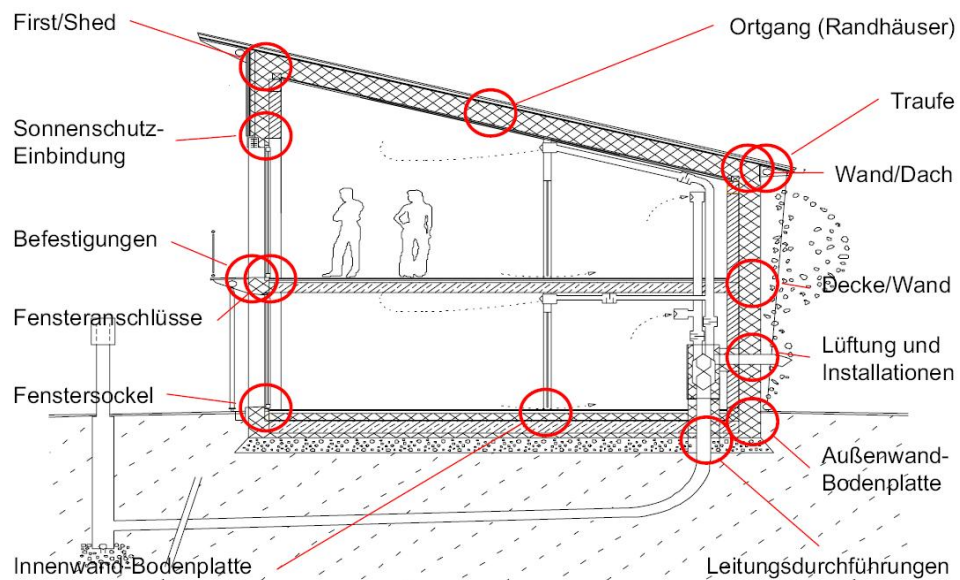


Abb. 4: Beschreibung: Besonders Wärmebrücken-gefährdete Bauteile  
 [Quelle: Vortragsunterlagen Wärmebrücken, Luftdichtheit von DI Helmut SCHÖBERL]

Ausführungsvarianten – Massivbau

3.1.9



Quelle: M. Ploss

Massivbau – Wärmedämmung des beheizten Kellers

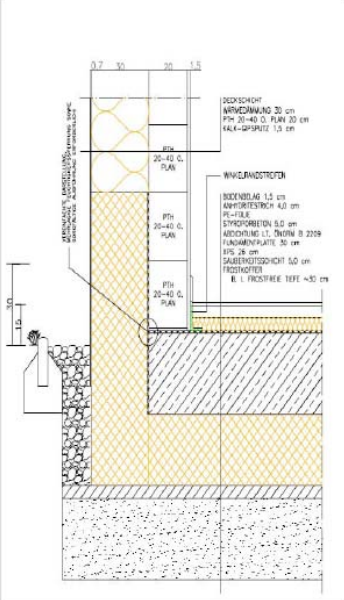
3.1.10



Quelle: B. Schulze-Darup

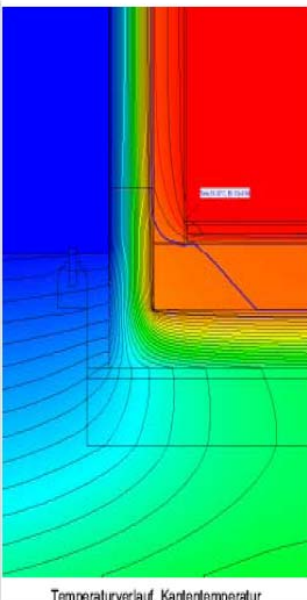
Massivbau – Wärmebrückenminimierung an der Bodenplatte

3.1.11



**DECKSCHICHT**  
 WÄRMEDÄMMUNG 20 cm  
 PIR 20-40 G, PURN 30 cm  
 KALK-SPRITZ 1,5 cm

**WÄRMELÄNDESTRICH**  
 BOCKENLAG 1,5 cm  
 ANSCHÜSSSTREIFEN 4,0 cm  
 PE-FOLIE  
 STÄNDSTREIFEN 5,0 cm  
 ABDICHTUNG LL ÖNORM B 2209  
 FUNDAMENTPLATTE 30 cm  
 PIR 25 cm  
 SAUBERSTREUSCHICHT 5,0 cm  
 FROSTSTREIFEN  
 B. I. FROSTSTREIFEN 4-30 cm



Temperaturverlauf, Kanten-temperatur

Wärmebrücken		
$\psi$ - Wert		Einheit
$\theta_{s,i}$	-15,0	K
$\theta_{s,e}$	20,0	K
$\Delta\theta$	35,0	K
$\psi_{EG}$	0,006	W/mK


  

Kondensatrisko		
$\theta_{s,i,EG}$	18,28	°C
$f_{rel}$	0,950	


  

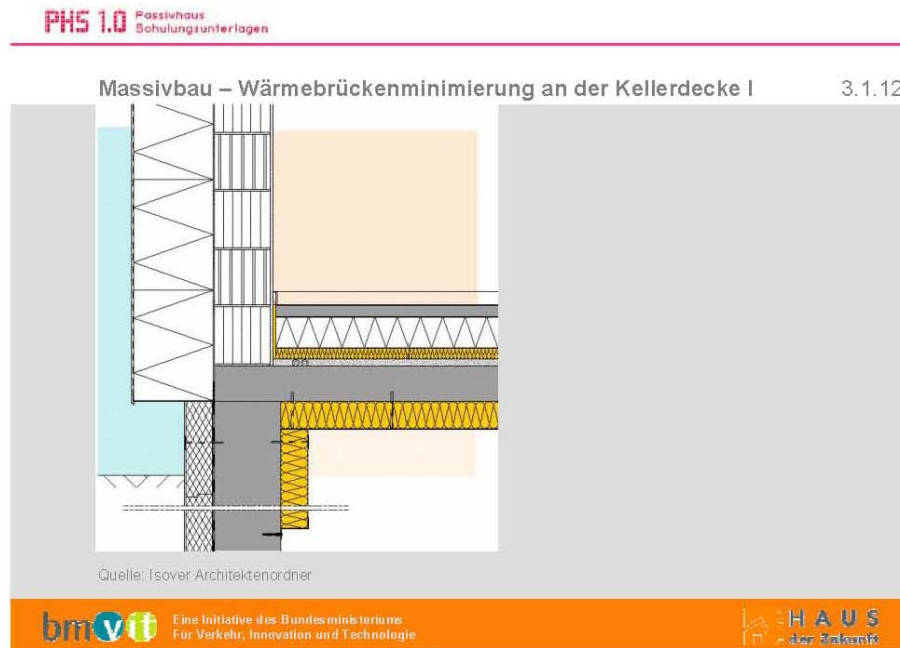
Verarbeitung		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vor dem Aufbringen der Feuchtheitsisolierung (L. ÖNORM B 2209) ist der Untergrund entsprechend vorzubereiten (Verputz).</li> <li>• Die Feuchtheitsabdichtungen sind gemäß ÖNORM B 2209 und ÖNORM B 7209 auszuführen.</li> <li>• Vollflächige Verklebung der Wärmedämmung.</li> <li>• Der Innenputz ist bis auf die Oberkante Rohdecke zu führen und mit einer Hohlkehle abzuschließen.</li> <li>• Bezüglich Estrich sind die ÖNORM B 7232 und ÖNORM B 2232 zu beachten.</li> </ul>		

Wienerberger: Wärmebrücken-katalog Passivhaus - Anschlussdetails



Eine Initiative des Bundesministeriums  
Für Verkehr, Innovation und Technologie





### Notizen:

- Die durchgehende Dämmschicht des Wärmedämmverbundsystems wird auf der Außenseite in jedem Fall bis unter die Unterkante des Bodens des letzten beheizten Geschosses gezogen, gegebenenfalls sogar noch um die Tiefe  $s$  einer Überdämmung weiter nach unten. Durch eine weitgehende Überdämmung lässt sich zunächst ein steiler Abfall der Wärmebrückenwirkung erreichen. Die Reduktion der Wärmebrückenwirkung geht jedoch rasch in eine Sättigung über, die bei einem Dämmstreifen von 50cm Perimeterdämmung mit  $\Psi=0,018$  schon nahezu erreicht ist. Allein durch weitgehende Überdämmung ist daher in dieser Situation ein wärmebrückenfreies Detail nicht zu erreichen; eine Reduzierung der Wärmeleitfähigkeit des Fußpunktes ist unverzichtbar.

- Die Dämmung auf dem Boden des untersten beheizten Geschosses ist in zwei Teilen ausgeführt: einer 15 bis 25 cm starken Wärmedämmung und einer Trittschalldämmung mit üblicher Dicke. Darauf kommt der Fußbodenaufbau. Die oberhalb der Trittschalldämmung erforderliche Folie unter dem Estrich dient zugleich als Dampfbremse; das ist ein gewünschter Effekt. Entscheidend ist aber, dass die Randdämmstreifen ebenfalls luftdicht zwischen dem Estrich und dem Innenputz der Wände anschließen. Empfohlen werden Randdämmstreifen, die in PE-Folie verpackt sind.

- Der Fußpunkt der tragenden Massivwand stellt eine vollständige Durchdringung der Dämmung dar; diese wird dadurch entschärft, dass am Ort der Durchdringung eine Konstruktion mit möglichst hoher Materialdämmung verwendet wird. Dabei kann es sich handeln um:

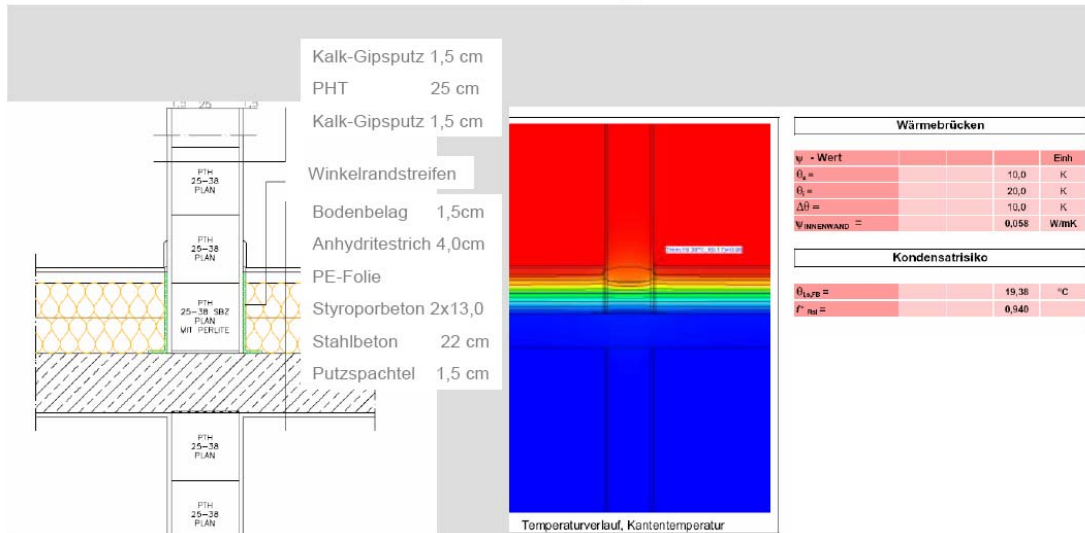
Stein mit verringerter Wärmeleitfähigkeit (Porenstein, Lochstein, ...)

Speziell tragfähiges Wärmedämmmaterial (z. B. Schaumglas, Purenit, ...)

Spezielle Konsolenkonstruktionen

Massivbau – Wärmebrückenminimierung an der Kellerdecke II

3.1.13



Quelle: Wienerberger: Wärmebrückenatlas Passivhaus - Anschlussdetails



Eine Initiative des Bundesministeriums  
Für Verkehr, Innovation und Technologie



Massivbau – Wärmebrückenminimierung am Mauerfuß II

3.1.15



Quelle: B. Schulze-Darup

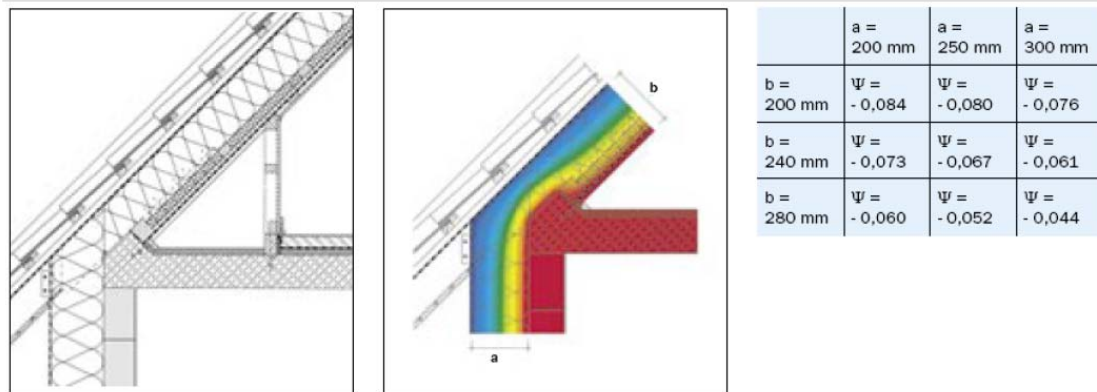


Eine Initiative des Bundesministeriums  
Für Verkehr, Innovation und Technologie



Massivbau – Wärmebrückenminimierung an der Traufe

3.1.18



Quelle: Bundesverband Kalksandsteinindustrie e.V. Kalksandstein – Das Passivhaus

### Auswirkungen, Folgen

Direkte Auswirkungen von Wärmebrücken sind:

- Änderung des Wärmestromes mit im Allgemeinen erhöhten Wärmeverlusten
- Verringerte Oberflächentemperatur im Bereich der Wärmebrücke verglichen mit den anderen, ebenen Außenflächen

Folgen dieser Auswirkungen sind:

- Höhere Heizlast, höherer Heizwärmebedarf, höhere Heizenergiekennzahl
- Komfortminderung durch niedrige Innenoberflächentemperaturen
- höheres Risiko von Kaltluftabfall und Behaglichkeitsproblemen durch Zugluft
- Risiko der Kondensat- und Schimmelbildung an Innenoberflächen
- Erhöhte Staubablagerungen durch höhere Luft- und Bauteilfeuchte im Wärmebrückenbereich

### Energieverlust

Da eine bestehende Wärmebrücke ständig Wärme an die kältere Seite der Gebäudehülle abgibt, muss dieser Energieverlust natürlich kompensiert werden. Wenn also in einer Planung eine unvermeidbare Wärmebrücke gefunden wird, muss der Energieverlust z.B. durch stärkere Dämmung an anderen Bauteilen ausgeglichen werden. Wenn eine solche Kompensation nicht erreicht werden kann, ist mit einer höheren Heizlast bzw. einem höheren Energieverlust zu rechnen. Bei einem Passivhaus ist dieser Umstand ganz besonders relevant, da hier Wärmebrücken die angestrebte nied-

rige Energiekennzahl erhöhen und somit das Erreichen des Passivhausstandards ( $< 15 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{a}$ ) verhindern könnten.

#### *Kondensation*

Die Absenkung der inneren Oberflächentemperatur der Bauteile kann im Zusammenhang mit dem Feuchtigkeitsgehalt der angrenzenden Raumluft zur Erhöhung der relativen Luftfeuchtigkeit bis zur Kondenswasserbildung an den Bauteiloberflächen führen. Kondenswasser führt klarer Weise zur Erhöhung der relativen Raumluftfeuchtigkeit und kann schlimmstenfalls zu Schimmelbildung und/oder Beschädigungen an der Bausubstanz führen.

#### *Schimmelpilz*

Durch die erhöhte Luftfeuchtigkeit (und durch das möglicherweise dadurch auftretende Kondenswasser) ist besonders beim Vorliegen eines Untergrunds mit organischen Komponenten (Anstriche, Raufasertapete) mit Schimmelpilzbildung und -wachstum zu rechnen.

Im Wohnbereich können über hundert Schimmelpilzarten vorkommen. Dabei handelt es sich um gefährliche bis sehr gefährliche Arten, die eine Vielzahl von Gesundheitsschäden verursachen können. Die am häufigsten auftretenden Gattungen in Gebäuden sind *Aspergillus*, *Penicillium* und *Cladosporium*. Auf Grund ihrer geringen Größe schweben die Pilzsporen in der Raumluft und werden eingeatmet, schon wenige hundert Sporen pro Kubikmeter Luft sind bedenklich. Sie können nicht nur bei Allergikern Niesanfälle, Schnupfen, Durchfall und Erbrechen auslösen und verursachen außerdem Allergien, Atemwegsreizungen bis hin zu Asthma und Lungenschädigungen. Einige Schimmelpilze wachsen auch am und im menschlichen Körper, ihre abgesonderten Gifte, die Mykotoxine, stehen im Verdacht, Krebs auslösen zu können.

### **Ziele- wärmebrückenfreies Konstruieren**

Der Einfluss von Wärmebrücken auf die gesamten Wärmeverluste eines Gebäudes kann erheblich sein. Beim Bau von Passivhäusern ist es erforderlich, den zusätzlichen Wärmeverlust durch Wärmebrücken weitestgehend zu reduzieren, um die angestrebten niedrigen Wärmebedarfs- und Heizlastwerte auch tatsächlich zu erreichen.

Durch sorgfältige Planung und gewissenhafte Ausführung lassen sich die zusätzlichen Wärmebrückenverluste aber sehr stark reduzieren - möglicherweise sogar so weit, dass sie Null werden.

Wird der Wärmebrückeneffekt des ganzen Gebäudes 0 oder kleiner, sprechen wir von „wärmebrückenfreiem Konstruieren“. Unter „wärmebrückenfreiem Konstruieren“ verstehen wir ein Entwurfsprinzip, das zu Anschlussdetails und Bauteilaufbauten führt, bei welchen der tatsächliche Wärmeverlust unter Berücksichtigung aller Wärmebrückeneffekte nicht höher ist, als die Berechnung mit den regulären Wärmedurchgangskoeffizienten bei Verwendung von Außenmaßen ergibt. [Feist et al, 1999]

#### Planungskriterien

Vier Regeln helfen bei der Verringerung von Wärmebrückenverlusten:

1. Vermeidungsregel: Wo möglich, die dämmende Hülle nicht durchbrechen.
2. Durchstoßungsregel: Wenn eine unterbrochene Dämmschicht unvermeidbar



ist, so sollte der Wärmedurchgangswiderstand in der Dämmebene möglichst hoch sein; also z.B. Porenbeton oder noch besser Holz statt Normalbeton oder Kalksandstein verwenden.

3. Anschlussregel: Dämmlagen an Bauteilanschlüssen lückenlos ineinander überführen. Die Dämmlagen in der vollen Fläche anschließen.
4. Geometrieregeln: Kanten mit möglichst stumpfen Winkeln wählen.

[Feist & Schnieders, 1999]

### Quantifizierung von Wärmebrücken

Der gesamte spezifische Wärmeverlust unter Berücksichtigung aller Wärmebrückeneffekte wird durch den Transmissionsleitwert  $H_T$  charakterisiert

$$L_T = \sum U_i A_i \Delta \Theta_i + \sum \Psi_j \Delta \Theta_j$$

Das „wärmebrückenfreie Konstruieren“ ist nun wie folgt definiert: Die durch den Wärmebrückenterm gegebenen Beiträge sind in der Summe kleiner oder gleich Null; das bedeutet, dass

$$H_{\text{regulär}} = \sum U_i A_i \Delta \Theta_i \geq L_T \quad [\text{Wb frei}]$$

den tatsächlichen Gebäudeleitwert überschätzt. In diesem Fall ist es zulässig, die Wärmebrückeneffekte gar nicht erst in die Berechnung einzubeziehen und damit die Rechnung erheblich zu vereinfachen.

Eine Überprüfung des Kriteriums für wärmebrückenfreies Konstruieren anhand der Definition [alb frei] liefe aber darauf hinaus, dass doch alle Details mehrdimensional gerechnet werden müssten. Es gilt daher, vereinfachte Kriterien für das wärmebrückenfreie Konstruieren zu schaffen. Ein erster Schritt hierzu besteht darin, solche Details von vorneherein als „wärmebrückenfrei“ zu klassifizieren, bei welchen

$$\Psi_a \geq 0,01 \text{ W/(mK)} \quad [\text{Wb Krit}]$$

ist. Diese führen immer noch zu gewissen positiven Beiträgen, die allerdings als „vernachlässigbar gering“ gelten können. Diese Beiträge werden in üblichen Gebäuden durch andere Anschlüsse, Außenkanten u. a., an denen negative Wärmebrückenverlustkoeffizienten vorliegen, kompensiert. Die Bedingung [WbKrit] reicht für alle Strukturen, die Anschlüsse, Kanten und einzelne Störungen in den Regelflächen betreffen. Regelmäßige Störungen, die in den Regelflächen mit mehr als 2 m Länge je Quadratmeter Regelfläche auftreten, müssen bereits bei der Angabe des Regel Wärmedurchgangskoeffizienten berücksichtigt werden (z.B. regelmäßige Stiele in einer Holzständer- oder Tafelkonstruktion).

Die Aufgabe der näheren Zukunft wird es sein, möglichst einfach handhabbare Entscheidungshilfen zu geben, nach denen für einen Großteil von Bauteilen und Anschlüssen auch ohne explizite Berechnung mit Sicherheit Wärmebrückenfreiheit nach [WBKrit] angenommen werden kann. Das Passivhaus Institut hat für eine Reihe von Hüllflächen die dort gewählten Regelanschlüsse bereits als wärmebrückenfrei zertifiziert. [Feist & Schnieders, 1999]

Wärmestromberechnung

Für die Berechnung von Wärmeströmen im Baubereich existieren zahlreiche spezialisierte Computerprogramme. Die meisten dieser Programme laufen auf marktüblichen PCs. In [Blomberg 1996] wurde eine umfassende Marktübersicht erstellt. Die folgende Tabelle basiert auf den dort enthaltenen Daten, sie wurde durch eine Recherche erweitert. Neben dem Namen des Programms ist angegeben, ob Programme in zwei oder drei Dimensionen bzw. in Zylinderkoordinaten rechnen. Nächste Spalte gibt an, ob dynamische Berechnungen möglich sind. In der vierten Spalte ist angegeben, ob es sich um ein Finite-Differenzen- oder Finite-Elemente-Programm handelt. Schließlich ist in der letzten Spalte der Name des Herstellers/Vertreibers enthalten.

Diese erweiterten Angaben sind als Fußnoten unterhalb der Tabelle zu finden. Auswahl erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, weder durch die Nennung Programme noch durch die Angaben zusätzlicher Informationen wird eine Empfehlung im in irgendeiner Richtung ausgesprochen. [Feistet al., 1999]

Tabelle 1: Übersicht von Computerprogrammen

Name	Dimensionen	Dyn.	FEM/ FDM	Hersteller
ABAQUS	2D/3D/Zyl.	x	FEM	FEM-Tech, S
ALGOR	~ 2D/3D	x	FEM	Algor, USA
ANSYS	2D/3D/Zyl.	x	FEM	Swanson Analysis, USA
ARGOS`	2D		FDM	Grünzweig + Hartmann, D
BISCO	2D		FEM	Physibel, B
CALFEM	2D/3D	x	FEM	Uni Lund, S
CYLI86'	Zyl.		FDM	Physibel, B
FIDAP	2D/3D/Zyl.	x	FEM	Fluid Dynamics Int., USA
FLIX04	2D/Zyl.		FDM	infomind, CH
FLOTRAN	2D/3D/Zyl.	x	FEM	Swanson Analysis, USA
FLUENT	2D/3D/Zyl.	x	FEM	Fluent, GB
FRAME	2D		FDM	Enermodal, CA
GF2DIM	2D		FDM	Gullfiber, S
HCONP	2D		FDM	Hagentort, S
HEAT2/HEAT3	2D/3D/Zyl.	x	FDM	Uni Lund, S
HEAT2R5				
I-DEAS	2D/3D/Zyl.	x	FEM	SDRC, GB
ISOTHERM	2D		FEM	Institut f. Fenstertechnik, D
ISO-2°	2D/Zyl.		FDM	infomind, CH
KOBRU86'	2D		FDM	Physibel, B
i MARC	2D/3D/Zyl.	x	FEM	MARC, NL

### Bauweisen

#### **Massivbau**

Schnitt eines massiv errichteten Gebäudes, so lassen sich die wesentlichen Anschlussdetails, deren Wärmebrückenfreiheit überprüft werden müssen, leicht identifizieren: [Feist et al, 1999]

- Anschlüsse Dach an Dach
- Anschlüsse Dach an Außenwand
- Eingrenzende Zwischendecken
- Sockelbereich
- Innenwände direkt auf Kellerdecke
- Einbau der Fenster

#### Sockelbereich

Der Sockelbereich kann zu einer extrem hohen Wärmebrücke werden, deswegen ist es wichtig die Regel des wärmebrückenfreien Konstruierens zu achten. Die durchgehende Dämmschicht des Wärmedämmverbundsystems wird auf der Außenseite in jedem Fall bis unter die Unterkante des Bodens des letzten beheizten Geschosses gezogen, gegebenenfalls sogar noch um die Tiefe  $s$  einer Überdämmung weiter nach unten.

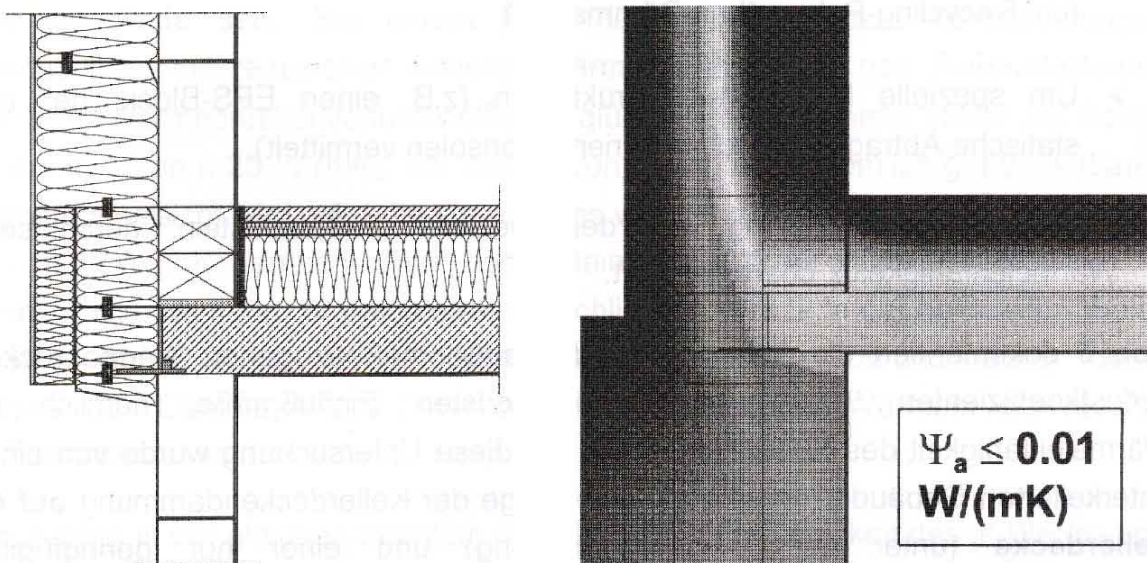


Abb. 5: Beispiel von Dämmung beim Sockel [Quelle: Feist et al., 1999]

Die Dämmung auf dem Boden des untersten beheizten Geschosses ist in zwei Teilen ausgeführt: einer 150 bis 250 mm starken gewöhnlichen Wärmedämmlage und einer darauf liegenden Trittschalldämmung mit üblichen Dicken (hier: 50 mm). Auf die Trittschalldämmung kommt der übliche Fußbodenaufbau. (Anmerkung: die oberhalb der Trittschalldämmung erforderliche Folienlage unter dem Zementestrich dient zugleich als Dampfbremse; das ist ein gewünschter Effekt. Entscheidend ist aber, dass die Randdämmstreifen ebenfalls luftdicht zwischen dem Estrich und dem Innenputz

der Wände anschließen. Wir empfehlen hier Randdämmstreifen, die in PE-Folie verpackt sind.)

Der Fußpunkt der tragenden Massivwand stellt eine vollständige Durchdringung der Dämmlage und damit eine bedeutende Wärmebrücke dar. Diese wird dadurch entschärft, dass am Ort der Durchdringung eine Konstruktion mit möglichst hoher Materialdämmung verwendet wird („Dämmstein“). [Feist et al, 1999]

### Fensteranschlüsse

Fenster müssen vor allem bei Passivhäusern in der Dämmebene angebracht werden. Weiters ist eine Überdämmung vorzusehen.

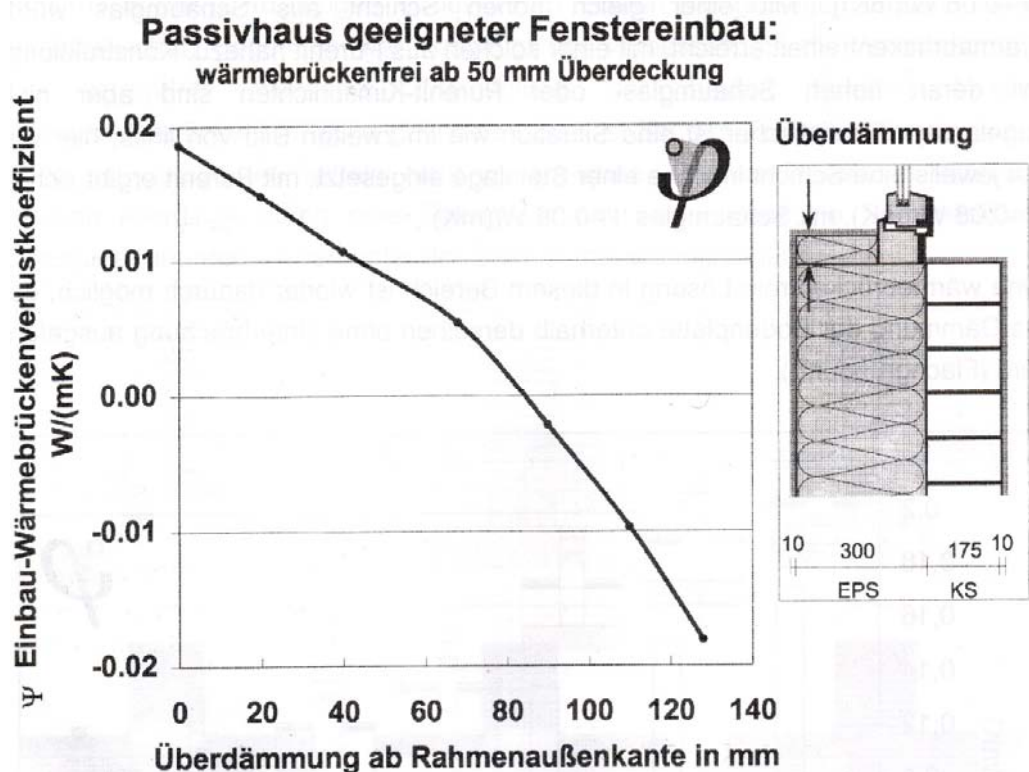


Abb. 6: Fenstereinbau beim Passivhaus [Quelle: Feist et al., 1999]

### Holzbau

Der Holzbau unterscheidet sich in der Regel vom Massivbau im wesentlichen dadurch, dass keine monolithischen Konstruktionen vorliegen, sondern durch statisch notwendige Holzbauteile innerhalb der Dämmebene der Wärmedurchgang durch die Außenbauteile erhöht wird. Aufgrund der drei- bis vierfachen Wärmeleitfähigkeit von Holz und Holzwerkstoffen gegenüber angrenzenden Dämmstoffen müssen die Wärmebrücken im Bereich von Wandstielen, Sparren und Bauteilanschlüssen genauer betrachtet werden.

Nr	Konstruktion	Holzanteil	$U_{\text{ungestört}}$ W/(m <sup>2</sup> K)	$\Psi$ WI(m <sup>2</sup> K)	$U_{\text{gestört}}$ WI(m <sup>2</sup> K)	U DIN 4108 W/(m <sup>2</sup> K)
0	Referenzvariante	0	0,1041	-	0,1041	0,1034
1	Vollholzstiel 60/360 NH II e= 62,5 cm	9,6 %	0,1041	0,019	0,1235	0,1213
2	Vollholzstiel 60/360 NH II e= 83,3 cm	7,2 %	0,1041	0,016	0,1196	0,1168
3	Holz-Stegträger TJ I Pro 250/356	2,7%	0,1052	0,005	0,1103	0,1083
4	Holz-Stegträger TJI Pro 350/356	3,1 %	0,1052	0,0056	0,1108	0,1086
5	Schalungsträger I-Profil Gurte: 100/60 Steg: 60/240	5,9 %	0,1041	0,0114	0,1155	0,1128
6	Doppelstiel 2 x 60/100 NH II	5,3 %	0,1041	0,0075	0,1116	0,1089
7	Boxträger 60/100 + 40/60 mit 2x 3,2mm	4,3 %	0,1041	0,0081	0,1122	0,1083
	Hartfaserplatte, Box gedämmt					
8	Z-Träger 60/100 + 40/60 Steg 8 mm	5,0 %	0,1041	0,0076	0,1117	0,1082
9	120 mm Rahmenwerk 60/120 + 240 mm Thermohaut	2,7 %	0,1059	0,0049	0,1108	0,1086
10	Installationsebene bei Vollholzstiel 60/240	6,4%	0,1041	0,0149	0,1190	0,1032

[Quelle: Feist et al., 1999]

### Praktischer Nachweis/Überprüfung

Wärmebrücken werden heutzutage meist mit Oberflächentemperaturmessungen nachgewiesen. Die Thermographie (also das Erstellen von Bildern mittels einer Wärmebildkamera) ist eine effiziente Methode der Oberflächentemperaturmessung, die über Infrarot die unterschiedlichen Oberflächentemperaturen über verschiedene Farbstufen anzeigt. Die Vorteile dieser Temperaturmessung liegen in der berührungslosen Messung großer Flächen, der Beweglichkeit des Messgerätes und der Echtzeitmessung.

## Literatur

---

### Normenverzeichnis

DIN EN ISO 10211-1 „Wärmebrücken im Hochbau; Wärmeströme und Oberflächen-  
temperaturen – Allgemeine Berechnungsverfahren“

DIN EN ISO 10211-2 „Wärmebrücken im Hochbau; Wärmeströme und Oberflächen-  
temperaturen – Linienförmige Wärmebrücken“

DIN EN ISO 14683 „Wärmebrücken im Hochbau – Längenbezogener Wärmedurch-  
gangskoeffizient

DIN EN ISO 13788 „Wärme- und Feuchtetechnisches Verhalten von Bauteilen und  
Bauelementen – Raumseitige Oberflächentemperatur zur Vermeidung kritischer  
Oberflächenfeuchte und Tauwasserbildung im Bauteilinneren“

DIN 4108 - Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden  
Teil 2 „Mindestanforderungen an den Wärmeschutz

Feist W., Schnieders J., 1999. Wärmebrückenfreies Konstruieren, Passivhaus Institut,  
Cepheus-Projektinformation Nr. 6

Feist W., Baffia E., Horn G., Schnieders J., 1999 Wärmebrückenfreies Konstruieren,  
Passivhaus Institut, Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser Phase II Protokollband  
Nr. 16

### Internet-Quellenverzeichnis

[http://www.oekonews.at/index.php?mdoc\\_id=1025128](http://www.oekonews.at/index.php?mdoc_id=1025128) ,  
Ökonews, Abgerufen 27.Nov. 2007

<http://www.bzr-institut.de/waermebruecke.html> ,  
Baustoffberatungszentrum Rheinland, Abgerufen 27.Nov. 2007

[http://www.passivhaustagung.de/Passivhaus\\_D/Passivhaus\\_waermebrueckenfrei.html](http://www.passivhaustagung.de/Passivhaus_D/Passivhaus_waermebrueckenfrei.html)  
Deutsche Passivhaustagung, Abgerufen 27.Nov. 2007

[http://www.gansel-rechtsanwaelte.de/meldungen/M192-Schimmelbefall-in-der-  
Mietwohnung.php](http://www.gansel-rechtsanwaelte.de/meldungen/M192-Schimmelbefall-in-der-Mietwohnung.php) , Gansel Rechtsanwälte, Abgerufen 27.Nov. 2007

#### II.1.1.4 Luftdichtheit: Problemstellung, Ziele, Aufgaben

**Die Außenhülle eines Gebäudes soll möglichst luftdicht sein** - das gilt nicht nur für Passivhäuser. Nur durch die Dichtheit der Hülle lassen sich Bauschäden durch mit dem Luftzug mitgeführten Wasserdampf vermeiden (siehe Abbildung auf der linken Seite). Auch werden zugige Wohnräume heute von den Bewohnern nicht mehr akzeptiert: Eine wirklich luftdichte Bauweise führt zu besserer Behaglichkeit. Daher wird eine gute Luftdichtheit heute allgemein nach den Regeln der Bautechnik gefordert; das ist richtig und gut so. Und für ein behagliches Passivhaus gilt dies umso mehr.

**Luftdichtheit** darf nicht mit Wärmedämmung verwechselt werden. Beide Eigenschaften sind für die Gebäudehülle wichtig, aber sie müssen meist unabhängig voneinander erreicht werden:

- Ein gut dämmendes Bauteil muss nicht luftdicht sein: Z.B. kann man durch eine Kokosfasermatte, eine Zelluloseschüttung oder eine Mineralwolledämmung problemlos "hindurchblasen". Diese Materialien dämmen gut, sind aber nicht luftdicht. Der einzige Dämmstoff, der auch gleichzeitig als Luftdichtheitsebene verwendet werden kann, ist Schaumglas.
- Umgekehrt muss ein luftdichtes Bauteil nicht unbedingt wärmedämmen: Z.B. ist ein Aluminiumblech absolut luftdicht, hat aber praktisch keine Wärmedämmwirkung.

Luftdichtheit ist eine wichtige **Anforderung für das energiesparende Bauen**, aber nicht die wichtigste (wie es in populären Veröffentlichungen manchmal den Anschein hat - die wichtigste Anforderung ist eine gute Wärmedämmung).

Luftdichtheit darf auch nicht mit *Diffusionsdichtheit* verwechselt werden: Ein Ölpapier ist z.B. luftdicht aber diffusionsoffen. Auch ein normaler Innenputz (Gipsputz, Kalkputz, Zementputz oder faserverstärkter Lehmputz) ist ausreichend luftdicht, jedoch diffusionsoffen.

Fugenlüftung kann einen dauerhaft ausreichenden Luftwechsel **nicht** sicherstellen. Bereits die in Deutschland nach 1984 gebauten Häuser sind so dicht, dass die Fugenlüftung zur Lüfterneuerung nicht ausreicht. Nach den Anforderungen des Bauteilschutzes sind diese Häuser aber noch nicht ausreichend luftdicht - danach beurteilt waren selbst Neubauten in Deutschland eher "undicht":  $n_{50}$ -Leckageraten lagen zwischen 4 und 10  $\text{h}^{-1}$ . Probleme mit Zugerscheinungen und Bauschäden bleiben da nicht aus. Die Situation in Deutschland kann treffend mit dem folgenden Satz bezeichnet werden:

***Heute wird zu undicht für schadensfreie Bauteile - und gleichzeitig zu dicht für ausreichende Fugenlüftung gebaut.***

Mit der Energieeinsparverordnung (EnEV) vom 01.02.2001 wurde in Deutschland erstmals ein Zielwert für künftige Gebäude vorgegeben: Ohne Lüftungsanlagen sollen Drucktestkennwerte<sup>1)</sup> ( $n_{50}$ -Werte) von 3  $\text{h}^{-1}$ , mit Wohnungslüftung 1,5  $\text{h}^{-1}$  nicht überschritten werden. Aus den Erfahrungen mit Niedrigenergiehäusern folgt, dass es ein guter Rat ist, bessere Werte (also einen geringeren  $n_{50}$ ) anzustreben.

Bei Passivhäusern werden regelmäßig weit bessere Werte erreicht:  $n_{50}$ -Leckageraten dürfen in Passivhäusern nicht über  $0,6 \text{ h}^{-1}$  liegen. Praktisch erreicht werden regelmäßig Werte zwischen  $0,2$  und  $0,6 \text{ h}^{-1}$ .

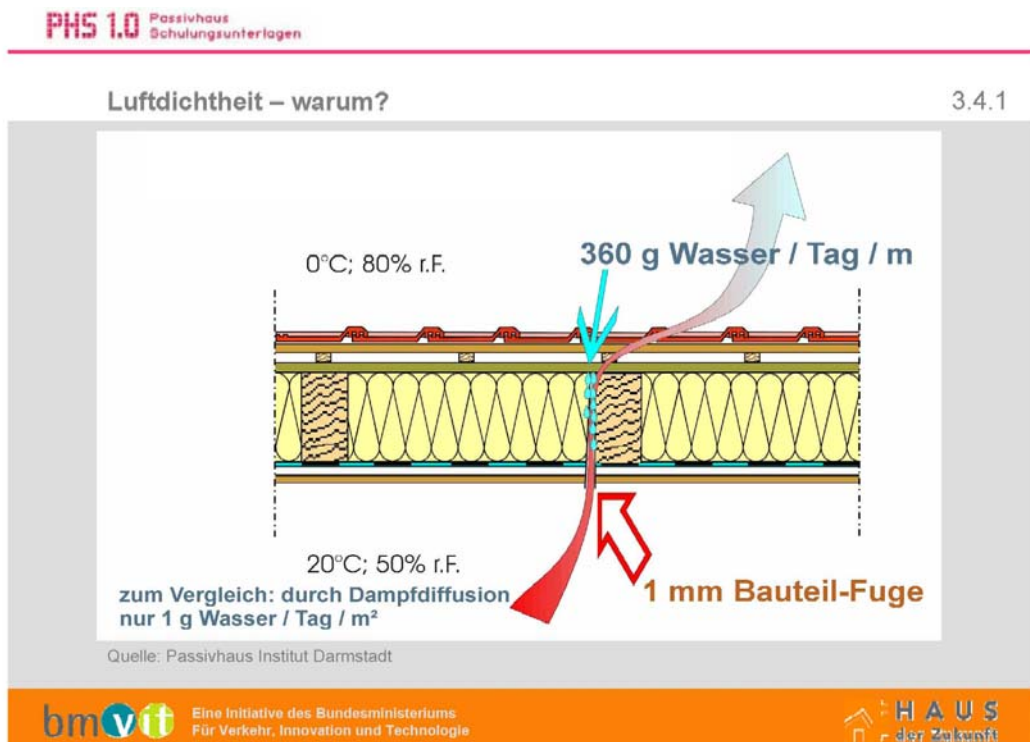
### Luftdichtes Bauen ist keine Frage der Bauweise

Realisierte Beispiele von Passivhäusern im Massivbau, Holzbau, Fertigbauteilbau, in Schalungselementetechnik und im Stahlbau zeigen dies. Sören Peper vom Passivhaus Institut hat nach systematischen Untersuchungen belegt, dass  $n_{50}$ -Werte zwischen  $0,2$  und  $0,6 \text{ h}^{-1}$  heute bei sorgfältiger Planung und gewissenhafter Ausführung reproduzierbar erreicht werden können. Dazu gibt es Ausführungsdetails für alle wichtigen Anschlüsse und Durchdringungen.

### Prinzipien

Wichtig ist das Prinzip der "**einen** durchgehenden dichten Gebäudehülle", leicht nachvollziehbar mit der Methode des "roten Stiftes" (vgl. links nebenstehend die dritte Abbildung von oben).

Entscheidend ist, dass das Konzept für die Luftdichtheit **dauerhaft** angelegt ist. Welche Konzepte dabei eine für lange Zeit garantierte Luftdichtheit ermöglichen, wurde vom Passivhaus Institut im Rahmen eines IEA-Forschungsprojektes untersucht.



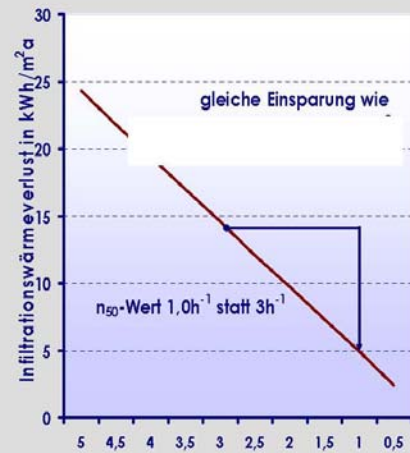


Luftdichtheit – warum?

3.4.2

Energieeinsparung

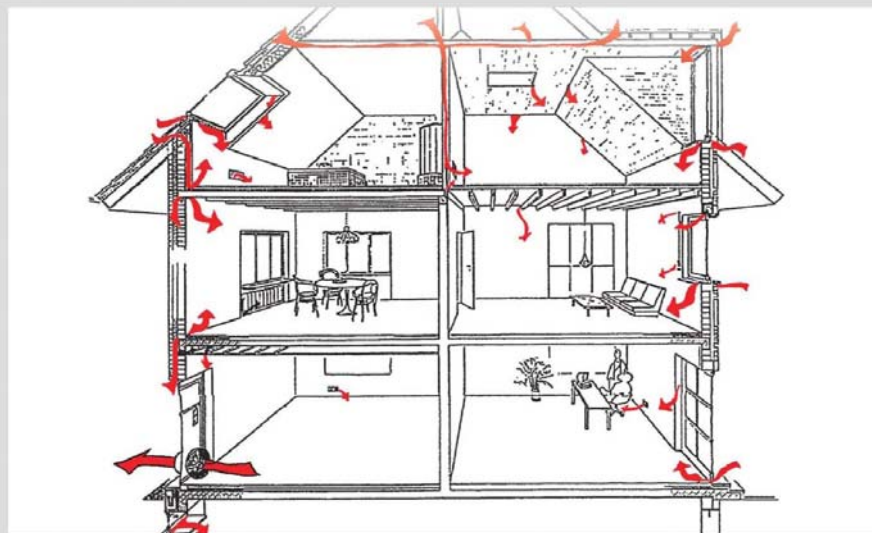
Reduktion der Undichtheit von 3,0 h<sup>-1</sup> auf 1,0 h<sup>-1</sup> bringt gleiche Einsparung, wie die Verbesserung des U-Werts der Wand um 0,1 W/(m<sup>2</sup>K)



Quelle: Energieinstitut Vorarlberg, Berechnung M. Ploss

Potenzielle Undichtheiten

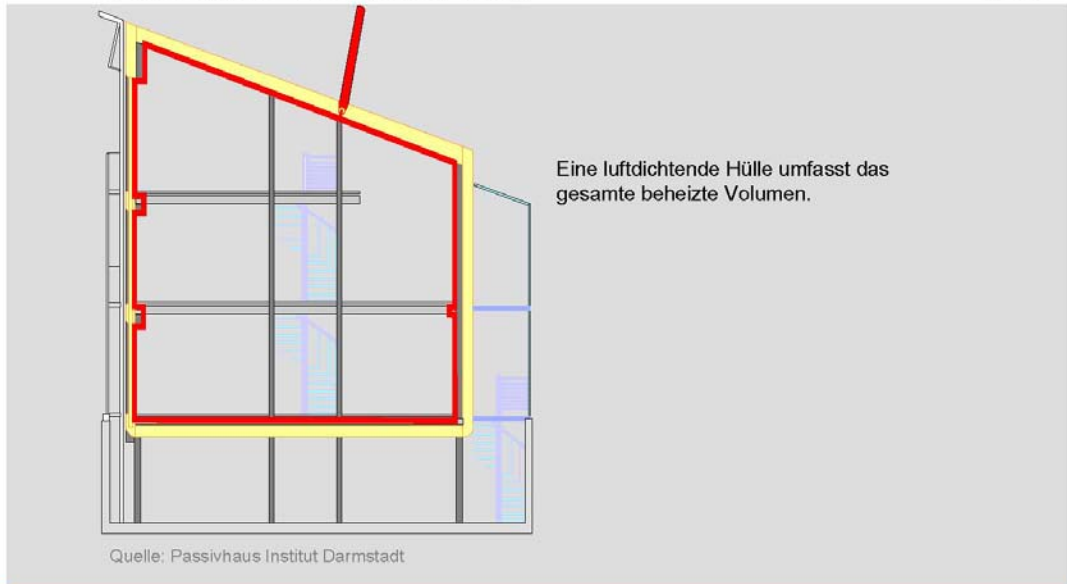
3.4.3



Quelle: Energie und Umweltzentrum (EUZ)

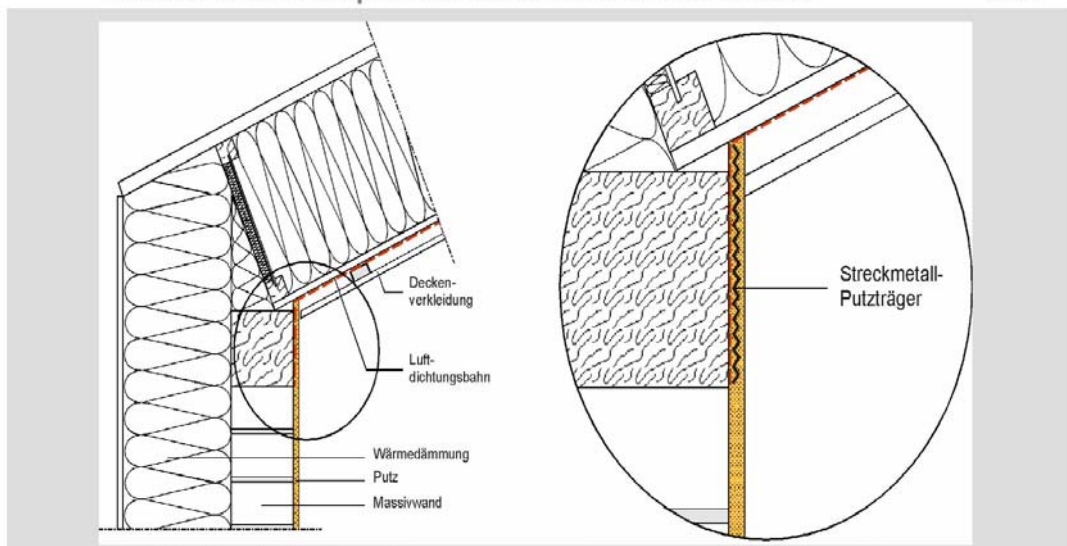
Luftdichtheit - Prinzipdarstellung

3.4.4



Luftdichtheit – Beispiel Anschluss Dach an Außenwand

3.4.5



Luftdichtheit – Beispiel Anschluss Dach an Außenwand

3.4.6



Quelle: Fa. pro clima

Luftdichtheit – Grundkonzept im Massiv- und im Holzbau

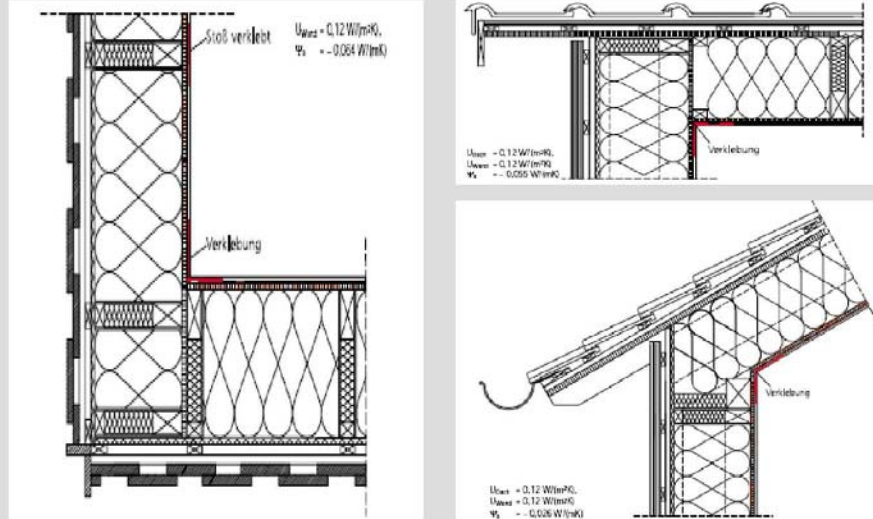
3.4.7



Quelle: Myresjöhus (unten links), M. Ploss, Energieinstitut Vorarlberg

Ablebung der vorgefertigten Holzelemente

3.4.8



Quelle: Informationsdienst Holz (Herausgeber): Das Passivhaus – Energie-Effizientes Bauen

Luftdichtheit – Anschluss Fenster an Baukörper

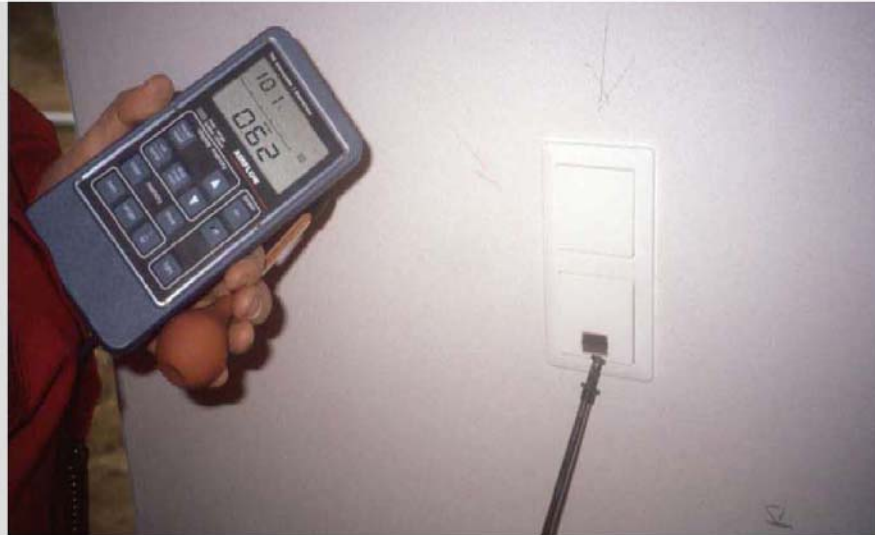
3.4.9



Quelle: B. Schulze-Darup

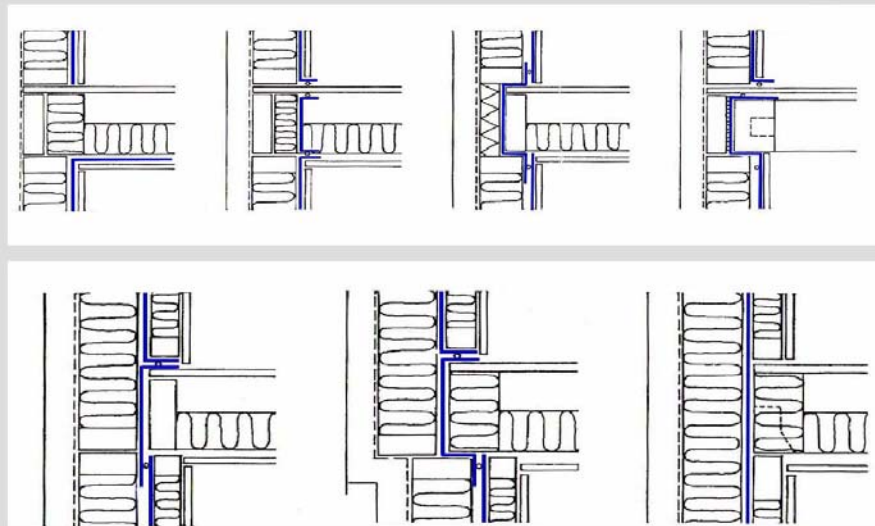
Schwachstelle Elektroinstallation

3.4.10



Abhängigkeit des Luftdichtheitskonzepts von der Konstruktion

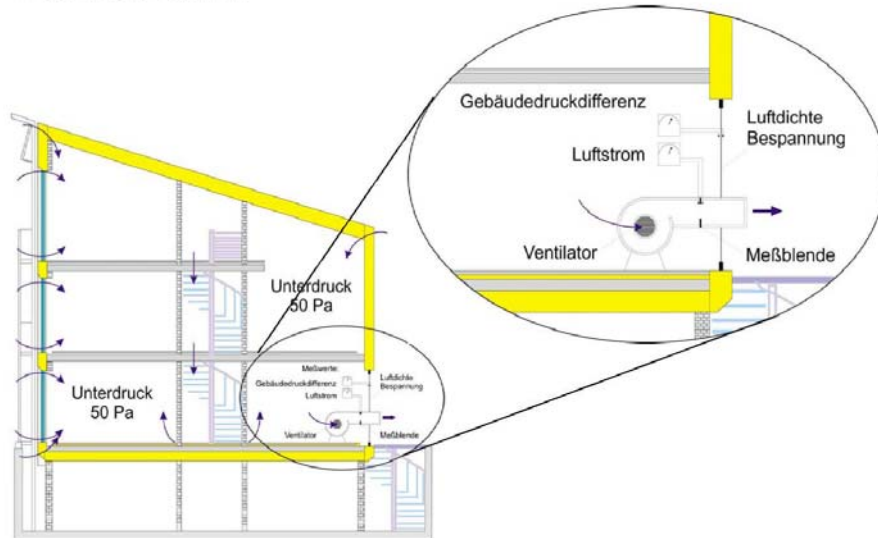
3.4.11



Quelle:

Luftdichtheitstest

3.4.12



Quelle: Passivhaus Institut Darmstadt

Luftdichtheitstest

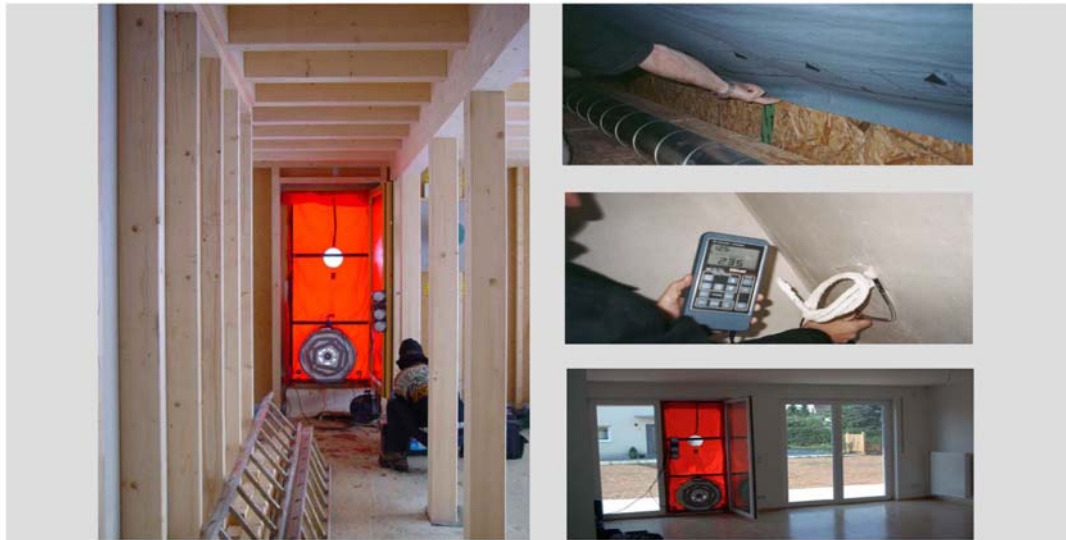
3.4.13



Quelle: Passivhaus Institut Darmstadt

Luftdichtheitstest

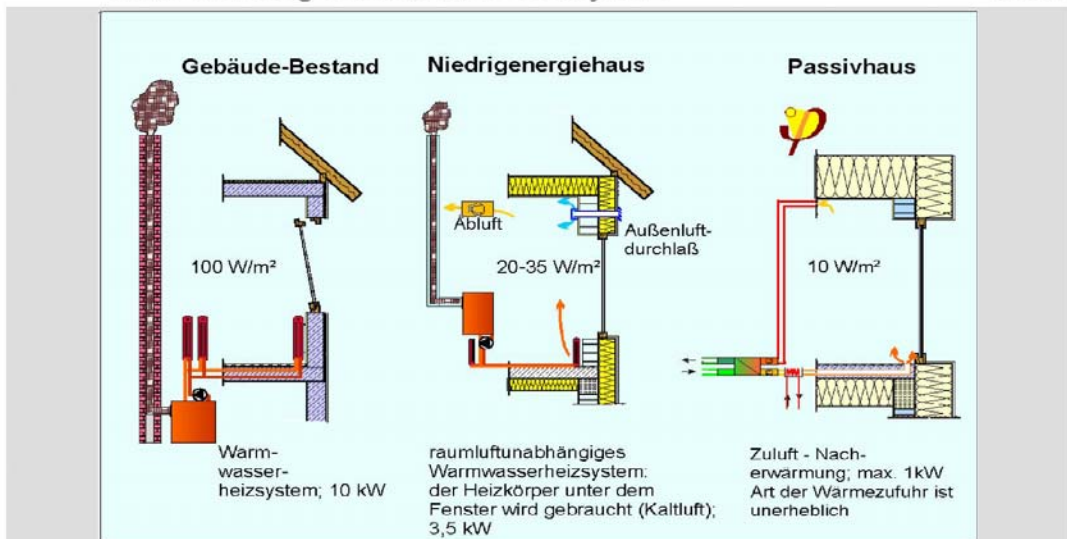
3.4.14



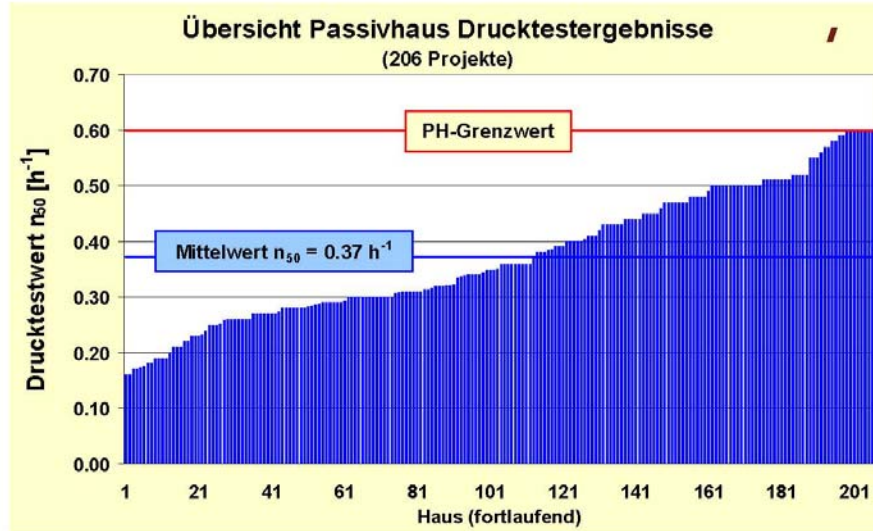
Quelle: M. Ploss

Zusammenhang Gebäudehülle - Heizsystem

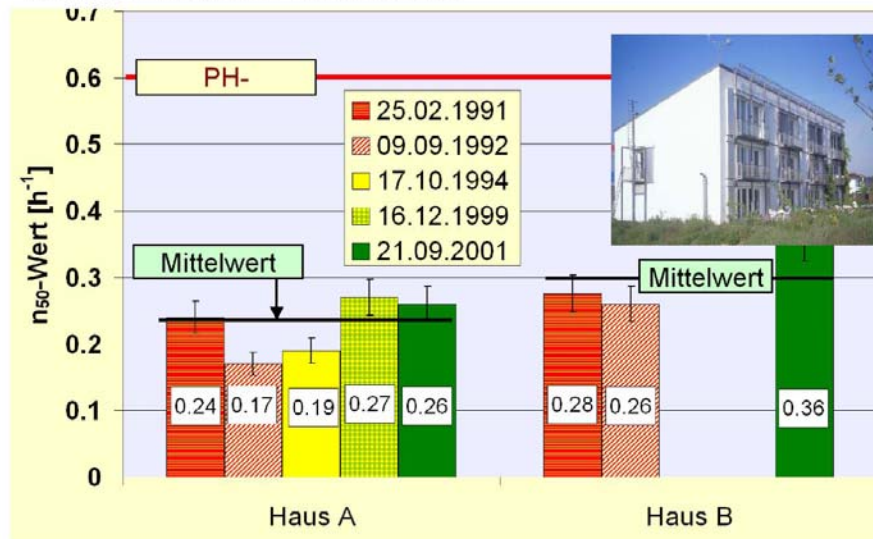
2.1.22



Quelle: Text



Wie dauerhaft ist die Luftdichtheit?

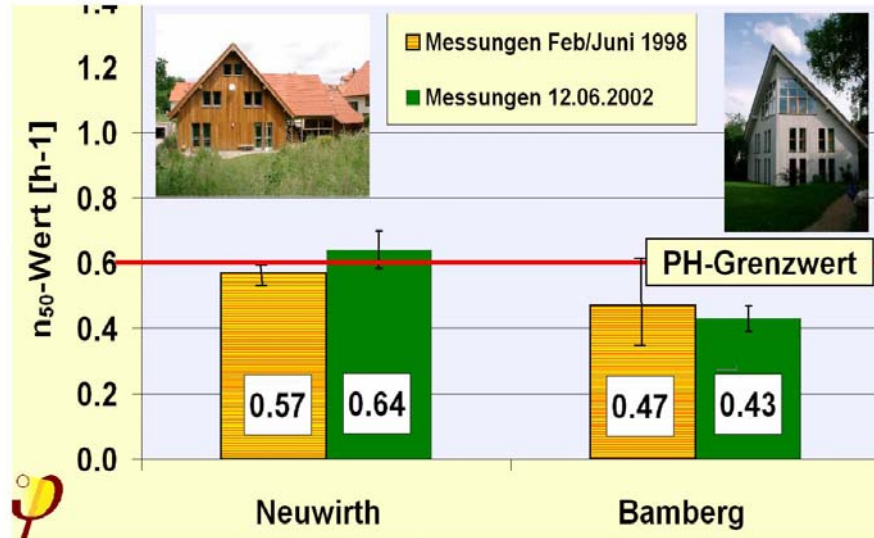


Quelle: Passivhaus Institut Darmstadt



Wie dauerhaft ist die Luftdichtheit - Holzbau?

3.4.17



Quelle: Passivhaus Institut Darmstadt

Normen, Richtlinien, Quellen, weiterführende Literatur

3.4.18

ÖNORM EN 13829  
Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden  
Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden

Feist, Wolfgang (Herausgeber):  
Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser  
Protokollband Nr. 2 – Wärmedämmung, Wärmebrücken, Luftdichtheit  
Passivhaus Institut  
Darmstadt 1996

Informationsdienst Holz (Herausgeber)  
Das Passivhaus – Energie- Effizientes Bauen  
Düsseldorf, 2002

Die Luftdichtheit der Gebäudehülle ist ein wesentliches Qualitätskriterium eines modernen beheizten Bauwerkes. Das Ziel der luftdichten Gebäudehülle muss unabhängig von der verwendeten Bauart (Massivbauweise, Holzriegelbauweise, Blockbauweise, ...) erreicht werden. Die Wege das Ziel zu erreichen sind dementsprechend unterschiedlich.

Auch bei einer Sanierung eines bereits bestehenden Gebäudes ist eine luftdichte Schicht herzustellen bzw. sind vorhandene Leckagen zu finden und auszubessern.

Betrachtet müssen in diesem Zusammenhang unter anderem die Außenwand, die Dachfläche, die Einbauten wie Fenster und Türen sowie die Anschlüsse zwischen verschiedenen Bauteilen werden (z.B. Fenstereinbau, Ausbildung von Elementstößen).

Einen speziellen Fall stellen Durchdringungen dar.

Ein Gebäude muss Luftdicht ausgeführt werden damit:

- Es zu keine unkontrollierten Belüftung der Innenräume kommen kann. Bei nicht Luftdichten Gebäuden hängt die Größe der Luftzufuhr stark von der den klimatischen Verhältnissen (Wind) ab.
- Damit die Gefahr von Bauschäden durch feuchte Luft, die aus den Innenräumen in die Konstruktion eindringt, verringert wird. Diese kann zu Kondensat in der kalten Jahreszeit führen.
- Damit die Außenliegende Wärmedämmung (Filz) nicht mit kalter Außenluft umspült wird, und so an Dämmwirkung verliert und so wiederum zu Bauschäden führen kann.
- Damit der Heizenergiebedarf gering gehalten werden kann (Heizkosten, CO<sub>2</sub>-Ausstoß,...).
- Damit es zu keinen Zugerscheinungen kommen kann (Behaglichkeit)

Es sollen die Wege zur Erreichung der Luftdichten Gebäudehülle anhand von verschiedenen Bauarten aufgezeigt werden. Es soll der Unterschied zwischen Luftdichtheitsschicht und Dampfdichter schichte aufgezeigt werden.

- Die Luftdichtheitsschicht liegt immer Außerhalb der Wärmedämmung.
- Die Dampfdichtheitsschicht liegt immer innerhalb der Wärmedämmung. Die Forderung nach einer dampfdichten Schicht wird darin begründet, dass feuchte Luft nicht nach außen gelangen darf. Diese warme und feuchte Innenraumluft würde sich beim Durchgang durch die Außenwand abkühlen und so einen Teil der mitgeführten Feuchtigkeit im Wandaufbau zurücklassen. Es gilt die allgemeine Forderung nach einem Dampfdichtegefälle von innen nach außen (Sonderfall z.B. Großflächige Fassadenkollektoren).

#### Lage der Luftdichten Ebene

- Die Lage der Luftdichten Ebene wird von der Art der Bauweise (Betonbauweise, Holzbauweise, Massivbauweise (Ziegel), ...) bestimmt.
- Die Lage kann sowohl auf der Außenseite, als auch auf der Innenseite der Wand liegen.
- Bei manchen Konstruktionen sind sowohl die Außenschicht und die Innenschicht der Wand luftdicht auszuführen.

### **Verschiedene Bauweisen:**

#### Massiv-Bauweise:

- Hier wird die Tragende Wand aus Stahlbeton hergestellt. Im Regelfall stellt die Ortbetonwand eine Luftdichte Ebene dar.
- Hier müssen lediglich die Hüllrohre, durch welche die Anker für die Schalungselemente gesteckt wurden, verschlossen werden.

#### Skelet (Stahl oder Stahlbeton) mit STB-Sandwichelementen:

- Die Fläche der Sandwichelemente stellt beidseits eine Luftdichte Ebene dar. Die dazwischenliegende Wärmedämmschicht ist im feuchtigkeitsunempfindlich.
- Im Bereich der Elementstöße muss die Luftdichtigkeit erst hergestellt werden indem eine offenzellige Rundschnur zwischen die Betonbauteile gepresst wird. Die Rundschnur liegt ca. 2-3 cm hinter der Plattenfase und bildet die hintere Abgrenzung der Dichtungsmasse welche nun zwischen die Betonplatten eingebracht wird.
- Die Dichtungsmasse verhindert ein Eindringen von Feuchtigkeit und stellt in diesem Bereich die Luftdichtheit her.

#### Skelet (Stahl-, Holz- oder Stahlbetonskelet) mit Sandwichelementen (PU oder Steinwolldämmung):

- Die Bekleidung der Elemente erfolgt mit glatten oder dünnen profilierten Blechbahnen. Metall ist ein luft- und dampfundurchlässiges Material, daher stellt die Fläche der Sandwichelemente eine Luftdichte Ebene dar. Die dazwischen liegende Wärmedämmschicht kann aus PU-Schäumen oder aus Mineralfaser (Brandschutz, Schallschutz) bestehen.
- Die Stöße der Sandwichelemente können sehr unterschiedlich ausgeführt werden. Im Allgemeinen werden Dichtungsbänder angeordnet, um die Luftdichtheit zu erreichen. Bei größeren Wanddicken werden zwei Dichtungsbänder angeordnet.
- Der Bereich der Elementstöße stellt die Schwachstelle dar, da hier die Dichtheit sehr auf die Art des Profils sowie die Genauigkeit der Verarbeitung abhängt. Auch der Abstand der Unterkonstruktion ist ein wichtiger Faktor, da sich bei Windbelastung die Elemente durchbiegen können.
- Problematisch sind neben den seitlichen Stößen auch die Stöße am jeweiligen Ende der Sandwichelemente, da hier die Dichtungsebene wechselt und so Undichtigkeiten vorprogrammiert sind.

#### Skelet (Stahl-, Holz- oder Stahlbetonskelet) Holztafelbauweise:

- Die Fläche der Holztafelelemente stellt beidseits eine Luftdichte Ebene dar, wenn die Elemente mit Holzwerkstoffplatten beplankt wurde, deren Stöße abgeklebt bzw. in Nut- u. Feder ausgebildet sind.
- Die dazwischenliegende Wärmedämmschicht ist Feuchtigkeitsempfindlich, daher empfiehlt sich eine innenliegende Dampfbremse. Es ist auch möglich an der Innenseite eine dampfdichtere Platte als auf der Außenseite einzusetzen. Die

winddichte Ebene verhindert Konvektion → Feuchte Luft aus dem Innenraum kann nicht durch den Wandaufbau strömen. Das verwendete Material bzw. dessen Schichtdicke lässt Aussagen über die zu erwartende Dampfdiffusionsdichtigkeit zu (sd-Wert →  $\mu$  [Dampfdiffusionswiderstandszahl] x d [Bauteildicke]). Wichtiger als ein sehr hoher sd-Wert ist jedoch eine luftdichte Verlegung der Materialien.

### Problemfall: Die von innen nach außen durchströmte Fuge

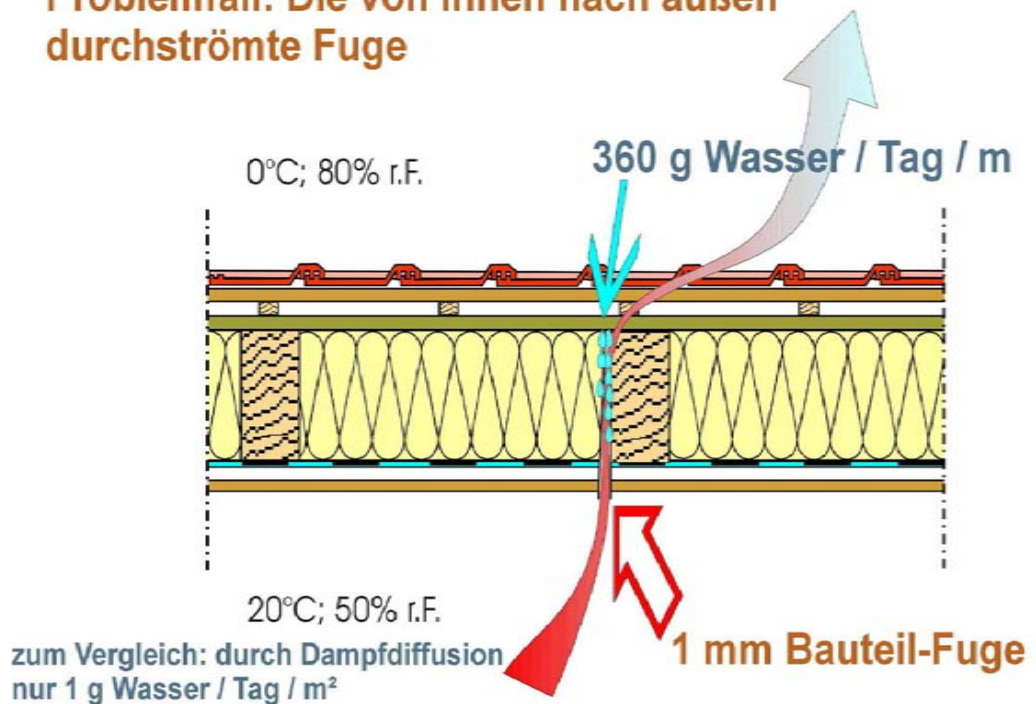


Abb. 7: Vergleich Transmission vs. Diffusion [Quelle: Passivhaus Institut Darmstadt]

- Lt. ÖNORM B 8110/2 ist bei einem  $\mu$  x d-Wert von  $\leq 90m$  für die Dampfbremse kein weiterer Nachweis erforderlich.
- Hohe sd-Werte sind notwendig, wenn die Bedingungen feuchter bzw. wärmer sind, als es für das Norm Raumklima beschrieben wird (Hallenbad, Sauna, ....) bzw. wenn die Äußere Bekleidung der Wand noch dichter ist (z.B. Foliendach, großflächige Fassadenkollektoren,...)
- Auch hier ist die Luftdichtheit der Elementfuge abhängig von der Stoßausbildung bzw. von der Verarbeitungsqualität auf der Baustelle!

Holztafelbauweise ohne Skelet (z.B. Fertighäuser):

- In den meisten Fällen wird an der Außenseite noch eine zusätzliche Schicht (z.B. Außenputz, Hinterlüftungsebene, ...) angebracht.
- Ein Außenputzsystem (z.B. auf Holzwolle - Leichtbauplatte) ergibt eine luftdichte Ebene.
- Bei Ausführung einer Hinterlüftungsebene wird wandseitig eine diffusionsoffene Unterspannbahn zur Winddichtigkeitsebene. Die einzelnen Bahnen müssen ver-

klebt oder eingerollt und mittels Holzlatte auf einem durchgehenden Untergrund vernagelt werden.

Blockbauweise:

- Bei dieser Bauweise werden Massive waagrecht verlegte Holzquerschnitte (rund oder eckig) mittels ineinandergreifender Profilierung verbunden.
- Aufgrund der Quell- und Schwinderscheinungen bei Holz muss hier die Fuge mittels Kompriband abgedichtet werden. Idealerweise werden zwei durchgehende Bänder (Innen und Außen) angeordnet.
- Diese Bauweise kann zwar mäßig Luftdicht ausgeführt werden, stellt jedoch hinsichtlich Wärmedämmung keinen anzustrebenden Standard dar.
- Eine zusätzliche außenliegende Dampfbremse mit zusätzlicher Dämmebene verbessert den Aufbau wesentlich. Konvektion wird verhindert, der U-Wert kann je nach Material und dicke auf heutigen Dämmstandart gebracht werden. Diese Bauweise hat auch an der Wandinnenseite genug Maße, um der sommerlichen Überwärmung entgegenzuwirken.

Kreuzlagenholz:

- Verschiedene Hersteller bieten diese Holzwerkstoffe bzw. Wandelemente an. Die tragenden Wandelemente werden aus kreuzweise übereinander gelegte und verleimte Nadelholzlamellen hergestellt. Dieser Aufbau garantiert dimensionsstabile und verwindungssteife Bauteile. Die Winddichtigkeit wird jedoch nicht durch die Platte selber hergestellt. Winddichtungspapiere oder Dampfsperren werden hierzu eingesetzt.
- Ein innen aufgebracht Verputz kann ebenfalls die Winddichtigkeit herstellen.
- Die statische Tragfähigkeit wird in der Regel leicht mit geringen Wandstärken erreicht. Eine außenliegende Dämmung ist unumgänglich, um Gebäude mit dem heutigen Standard herzustellen.
- Die ordnungsgemäße Verklebung der winddichtigkeitsbildenden Werkstoffe ist auch hier unumgänglich → Verarbeitungsqualität auf der Baustelle!

Brettstapelwand / Dübelholzelement:

- durch örtliche Leckagen können warme Luftströme in kalte Schichten gelangen und Kondensat erzeugen Luftströme erzeugen Energieverluste, spürbare Zugscheinungen sind nicht zu akzeptieren.
- Durch die Fugen zwischen den einzelnen Brettern sind Brettstapel- und Dübelholzelemente nicht luftdicht. Diese Fugen können je nach Jahreszeit zwischen 0.1 bis 0.3 mm stark sein.
- Eine außenliegende Dämmung ist unumgänglich, um Gebäude mit dem heutigen Standard herzustellen.
- Die Luftdichtigkeit kann durch verschiedene Maßnahmen erreicht werden:
  - Anordnung einer diffusionsoffenen Luftdichtigkeitsschicht zwischen Element und Dämmung
  - Wird das Brettstapel- und Dübelholzelement mit z.B. einer OSB-Platte beplankt, kann man die Luftdichtigkeitsschicht durch Abkleben der Plattenstöße erreichen

- (geeignetes Klebeband verwenden)
- Achtung!!! Anschlüsse

Massivbauweise (Ziegel):

- Eine Unverputzte Wand ist nicht Wind bzw. dampfdicht!
- Die Winddichtheit wird durch den Außenputz hergestellt.
- Der Innenputz kann auch winddicht ausgeführt werden, jedoch stellen diverse Einbauten (Steckdosen oder E-Verteilerdosen in der Außenwand, Fenstereinbau in Leibung ohne Glattstrich,...) eine Durchdringung dar.
- Eindringende Innenraumluft findet einen Weg über die Ziegelholräume bis zum Außenputz. Aufgrund der tieferen Außentemperatur kommt es hier zur Feuchteansammlung → Bauschaden!

Strohbauweise (Lasttragend oder mit Skelett):

- Eine Unverputzte Wand ist nicht Wind bzw. dampfdicht!
- Die Winddichtheit wird z.B. durch einen beidseits aufgetragenen Lehmputz erreicht. Der Dachüberstand sollte bei einem außenliegenden Lehmputz groß genug ausgeführt werden da Lehmputz nicht Witterungsbeständig ist.
- Lehmputz hat die Eigenschaft Feuchtigkeit aus dem Untergrund aufnehmen zu können. Dies belegen Untersuchungen an alten Fachwerkhäusern, deren Holzriegel und Ausfachungen aus Weidengeflechten durch die Lehmschichten konserviert wurden.
- Bei der Lasttragenden Bauweise ist auf eine Vorkomprimierung der Strohballen vor dem Verputzen zu achten. Im Winter kommt es sonst zu Setzungen, welche an der Putzschicht Risse entstehen lassen → die Luftdichtheit wird gestört.
- Bei der Skelettbauweise ist auf eine Einbindung der Tragenden Säulen in die Strohwand zu achten. Im Bereich der Holzsäulen muss der Lehmputz mit Fasern bewehrt werden, um hier Rissen entgegen zu wirken.
- Stroh kann auch bei der Riegel- oder Tafelbauweise eingebaut werden. Hier bilden Holzwerkstoffe oder Dampfbremsen die luftdichte Ebene.

Messung der Luftdichtheit (Blowdoor Messung):

Mit dem sogenannten Luftdichtheits- (Blowdoor-)Test werden Leckagen in der Gebäudehülle festgestellt. Hierzu wird im Gebäude ein Unterdruck von ca. 50 Pa erzeugt. Die bei der Messung verwendeten Prüfdrucke von 10 bis 60 Pascal Entsprechen dem Staudruck auf der Luv-Seite des Hauses bei Windgeschwindigkeiten zwischen 4 und 10 m/s (bzw. 15 bis 35 km/h), also durchaus "normal" starkem Wind. Diese Druckdifferenz ist ausreichend, um relevante Leckage-Stellen in der luftdichten Ebene mit Messgeräten aufzuspüren. Dieselbe Luftmenge, die durch den Ventilator strömt, muss auch durch die Leckagen der Luftdichtheitsebene des Gebäudes strömen. Diese Luftmenge (als V50 bezeichnet) dient als Basis für die weiteren standardisierten Kennzahlen.

Prüfanordnung:

- Bei der Blowdoor Messung wird in einem Fensterrahmen bzw. Türrahmen das Messgerät eingebaut. Es wird eine hermetische Abtrennung zwischen innen und außen mittels verstellbarem Rahmen und einem dazwischen eingespannten luftdichten Stoff hergestellt.
- In dieser Trennwand ist ein Ventilator eingebaut, welcher im Gebäude einen Über- bzw. Unterdruck herstellen kann.
- Mittels eines Luftmengen Zählers wird die Luftmenge gezählt, welche durch den Ventilator gefördert wird, wenn er den Über- bzw. Unterdruck über einen Zeitraum von einer Stunde aufrecht erhält. Die gemessene Luftmenge entspricht der Luftmenge, welche über Undichtigkeiten im Gebäude von außen nach innen, bzw. von innen nach außen strömt.

Zeitpunkt der Prüfung:

- Der Zeitpunkt der Prüfung soll so gewählt werden, dass etwaige Undichtigkeiten noch ohne großen Aufwand ausgebessert werden können.
- Dies ist im Besonderen bei der Holzbauweise leicht möglich, wenn die innere Luftdichtheitsebene (Dampfbremse od. innere Holzwerkstoffplatte) verlegt ist, aber die fertige Oberfläche noch nicht angebracht wurde.
- Nach der Feststellung von lokalen undichten Stellen kann hier ohne großen Aufwand ausgebessert werden.

Erforderliche Dichtheit der Außenhülle:

- Die Dichtheit der Außenhülle eines Gebäudes wird mit der Luftwechselrate  $v_{50}$  angegeben (50 Pascal Unter- bzw. Überdruck).
- Der Wert soll lt. Bauordnung mind.  $3,0h^{-1}$  betragen.
- Ein Passivhaus darf einen Luftwechsel von höchstens 0,6/h (=0,6 pro Stunde) aufweisen.
- Ein Gebäude mit einer kontrollierten Wohnraumlüftung sollte generell nicht über 1,0/h liegen.

Ausführungsdetails:

Verteilerschrank: Die Wandnische muss vor dem Einbau des Verteilerschranks verputzt werden und einen Glattstrich erhalten → Luftdichtheit der Gebäudehülle!

Fensteranschluss: Die Fensterleibung muss vor dem Einbau verputzt werden und einen Glattstrich erhalten → nur so kann ein Klebeband luftdicht an das anschließende Mauerwerk angeschlossen werden → Luftdichtheit der Gebäudehülle! Beim Einschäumen der Fenster soll Weichzellschaum verwendet werden → trägt zur Luftdichtheit bei

Elektroleitungen sollten nicht in der Außenwand verlegt werden, es sei denn eine Installationsebene wird vorgesehen. Über Steckdosen können Luftströme in tiefere Wandschichten (Hochlochziegel) reichen.

Elektroleerrohrungen dürfen die luftdichte Schicht nicht durchdringen, da über sie ebenfalls feuchte Luft in die Dämmebene kommen kann.

Durchdringungen durch Dachsparren, Pfetten und Deckenbalken sollten wo möglich vermieden werden. Gleiches gilt für Antennenanschlüsse für Sattellitenantenne und Strangentlüftungen. Wo möglich sollten diese Durchdringungen zusammengefasst werden und gemeinsam ins Freie geführt werden.

Strom, Gas, Kanal, usw. sollten in einem eigenen Versorgungsschacht ins Haus geführt werden. Eine Durchdringung kann leichter abgedichtet werden als viele kleine.

Zusammenfassung:

- Alle Gebäude, Neubauten wie Sanierungsobjekte, sollten luftdicht hergestellt werden. Das vermeidet nicht nur Zugluft und ungewollte Luftströmungen, sondern verringert auch die Gefahr von Bauschäden durch feuchte Luft, die aus den Innenräumen in die Konstruktion eintreten kann. [E. Haselsteiner et al., 2004]
- Speziell beim Passivhaus ist die Luftdichtheit der Gebäudehülle ein absolutes Muss. In einem Passivhaus wird die Belüftung mittels mechanischer Belüftungsanlage erreicht. Hier wird mittels Ventilator Frischluft dem Haus zugeführt und die Verbrauchte Luft in geruchsbelasteten Räumen abgesaugt. Ohne eine funktionierende luftdichte Ebene kann die mechanische Lüftungsanlage nicht funktionieren, ohne eine funktionierende luftdichte Ebene wäre der Energiebedarf nicht auf die geforderten 15 kWh/m<sup>2</sup> a zu erreichen.



### **Literatur**

---

DI Dr. Edeltraud Haselsteiner, Mag. Katharina Guschlbauer-Hornek, Mag. Margarete Havel, 2004, Neue Standards für alte Häuser, Ein Leitfaden zur ökologisch nachhaltigen Sanierung

ÖNORM B 8110/2 ÖNORM B 8110-Teil 2: Wärmeschutz im Hochbau Wasserdampfdiffusion und Kondensationsschutz

## II.1.2 PH-Details (PH-Bauteilenkatalog)

### II.1.2.1 Allgemeines zur Gebäudehülle

Um die Ansprüche des Passivhaus-Standards zu erfüllen, werden besondere Anforderungen an die Gebäudehülle, sie beinhaltet Dach-, Wand- und Bodenplattenbauteile, gestellt.

Folgende Detailpunkte haben hohe Priorität:

- günstiges A/V Verhältnis
- sehr gute Wärmedämmung
- Wärmebrückenfreiheit
- Luft- und Winddichtheit

Zur „thermischen Gebäudehülle“ gehören all jene Räume, in denen auch im Winter Temperaturen über 15°C herrschen sollen. Ein Ziel dafür sollte sein, eine größtmögliche Wohnfläche mit minimaler Außenhaut zu erreichen. Bei Bauteilen, Wand-, Dach- und Bodenplatten, die beheizte Räume von unbeheizten Zonen trennen, sind U-Werte von  $\leq 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$  einzuhalten. Um diese Werte zu erreichen, sind Dämmstärken von 25-40 cm notwendig.

Um Zweckmäßig die Wärmebrücken zu minimieren läuft die gesamte Dämmungsebene geschlossen um das Gebäude herum. Diese Überlegung spielt besonders in der Planungsphase eine wichtige Rolle und lässt sich mit einem breiten Stift ganz leicht prüfen. Ist es möglich die Wärmedämmung ohne absetzen des Stiftes nachzufahren, ist die Wärmebrückenfreiheit gesichert, gleiches gilt auch für die Luftdichtheit des Hauses [Grobe, 2002, 24].

Der Aufbau von Dach- und Wandbauteilen unterscheidet sich bei einem Passivhaus nicht von einem Niedrig-Energie Haus. Um die Wärmebrücken zu reduzieren, ist der Holzanteil möglichst gering zu halten. Vor allem sind tragende Bauteile der Holzbaukonstruktion zu vermeiden, die quer zur Wand bzw. In Wärmestromrichtung liegen, da sie stark als Wärmebrücken wirken. Generell ist zu sagen, dass die Wärmeleitfähigkeit von z.B. Stegen und Platten, deren Fasserrichtung parallel zur Wärmestromrichtung liegt, bei der Berechnung höher angesetzt werden muss. [Kaufmann et al., 2002, 7].

#### Regelquerschnitte

Der prinzipielle Aufbau von Wand und Dach ist beim Passivhaus nicht anders als bei einem Niedrig-Energie-Haus [4]. Beim Passivhaus ist es von besonderer Bedeutung, die Wärmebrückenwirkung des statisch notwendigen Holzanteils in der Wand- und Dachkonstruktion zu reduzieren. Das Optimieren von Varianten mit spitzem Bleistift lohnt sich in jeder Hinsicht, thermisch, statisch und nicht zuletzt kostenmäßig. Der Holzbau hat hier einige konstruktive Vorteile: Die Hohlräume zwischen den statisch tragenden Ständern stehen ganz für die Aufnahme der wärme dämmenden Materialien zur Verfügung. Die größere Dämmstärke beim Passivhaus kann entweder durch eine zweite dämmende Schicht vor der tragenden Ebene realisiert werden (zweischalige

Bauweise, siehe Abbildung 4), oder sie kann durch geeignet gewählte Wandsysteme mit speziellen Trägern besonders leicht und kostengünstig hergestellt werden. Die hohen Dämmstärken sind in Abbildung 5 durch einen Box-Träger realisiert, dessen innerer Gurt (je nach Statik z.B. 6 cm x 12 cm) die statisch tragende Funktion übernimmt. Der äußere Gurt (6 cm x 4 cm) wird mit dem inneren mittels einer Beplankung aus 4...6 mm starken Holzwerkstoff-Platten (Hartfaser, MDF, BFU, etc.) verbunden. Die äußere Beplankung und der äußere Gurt haben eine untergeordnete statische Funktion, sie tragen nur die Fassadenlasten.

Auf diese Weise werden die Vorteile der zweischaligen Bauweise – die durchgehende Dämmebene liegt außen – mit der rationellen Fertigung der einschaligen Bauweise – das ganze Gefach kann in einem Arbeitsgang mit Dämmstoff gefüllt werden – kombiniert. An der Stelle des Boxträgers in Abbildung 9, der hier stellvertretend für eine Vielzahl anderer firmenspezifischer Lösungen stehen soll, können prinzipiell auch andere zugelassene Träger eingesetzt werden: Doppel-T-Träger, mit Holzdübeln verbundene Träger und gegebenenfalls auch der volle Brettschichtholz-Träger (6 cm x 36 cm). Der statisch tragende Teil der Holzbau-Konstruktion wirkt im Wandaufbau immer dann als Wärmebrücke, welche die Dämmwirkung verschlechtert, wenn er quer zur Wand bzw. in Wärmestromrichtung liegt.

### II.1.2.2 Wandaufbauten

Im Passivhausbau kommen folgende Holzbauweisen zum Einsatz:

- Rahmenbau
- Skelettbau
- Massivholzbau
- Mischbau

Der Hauptunterschied zeigt sich in der Art der vertikalen Lastableitung sowie der dafür verwendeten Holzquerschnitte. Die Passiv-Holzaußenwand bringt wegen geringerer Bauteilstärken gegenüber der Massivbauvariante oft einen Wohnnutzflächengewinn und ist trotz höherer Gestehungskosten rentabler [Ambrozy, Lange, 2007, 16] [Schöberl, Bednar, 2004, 79].

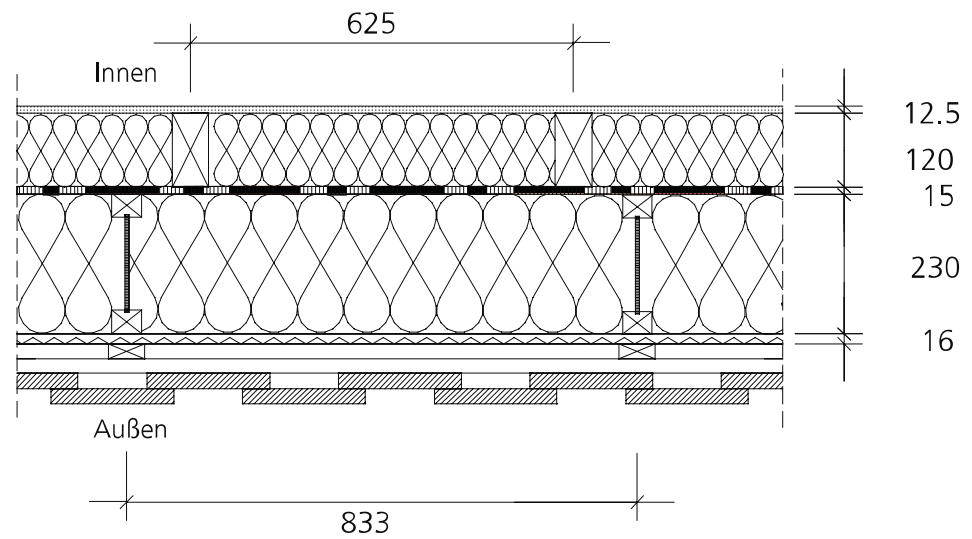


Abb. 8: Aufbau einer zweischaligen Wand, tragende Ebene mit Ständern 6 cm x 12 cm, davor hängende Dämmebene, die von Doppel-T-Trägern getragen wird. Die luftdichte Ebene wird von der mittleren Beplankung gebildet. Das Rastermaß der vorgehängten Dämmebene (83,3 cm) unterscheidet sich von dem der Haupttragwand damit die Wärmebrückenwirkung der Stege vermindert wird,  $U = 0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . System Kölner Holzhaus (Architekt: Robert Laur, [5])

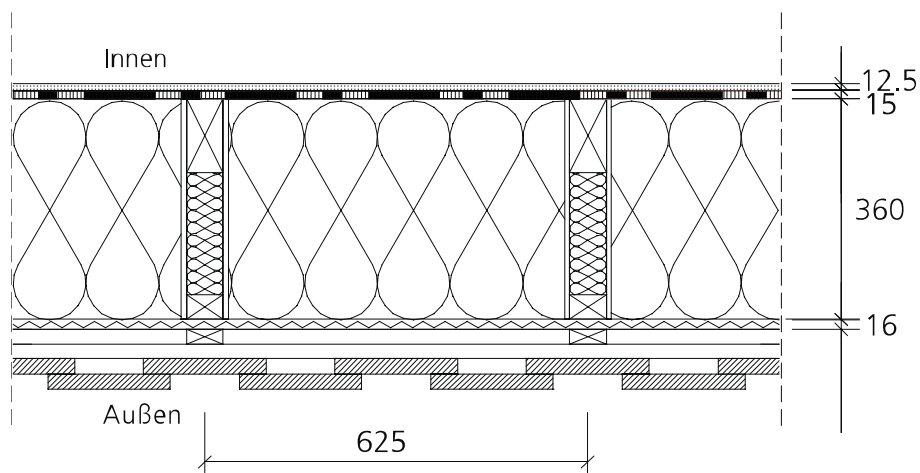


Abb. 9: Boxträger, Beplankung außen mit diffusionsoffener Holzwerkstoff-Platte, hinterlüftete Fassade aus Vollholzprofilen. Innenbeplankung mit Holzwerkstoff-Platte als luftdichte Ebene und Gipswerkstoff-Platte,  $U = 0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  [Quelle: Informationsdienst Holz Holzbau Handbuch Reihe 1, Teil 3]

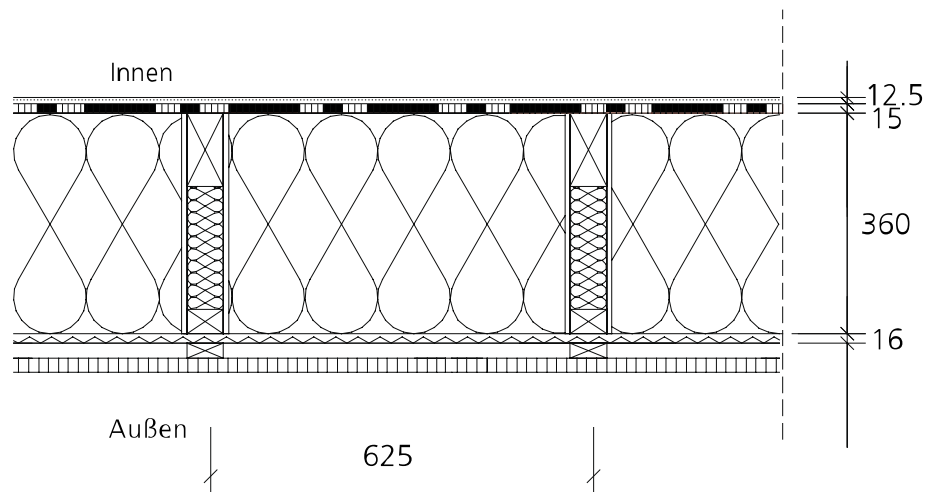


Abb. 10: Boxträger, Beplankung außen mit diffusionsoffener Holzwerkstoff-Platte, hinterlüftete Plattenfassade. Beplankung innen mit Holzwerkstoff-Platte als luftdichte Ebene und Gipswerkstoff-Platte,  $U = 0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

[Quelle: Informationsdienst Holz Holzbau Handbuch Reihe 1, Teil 3]

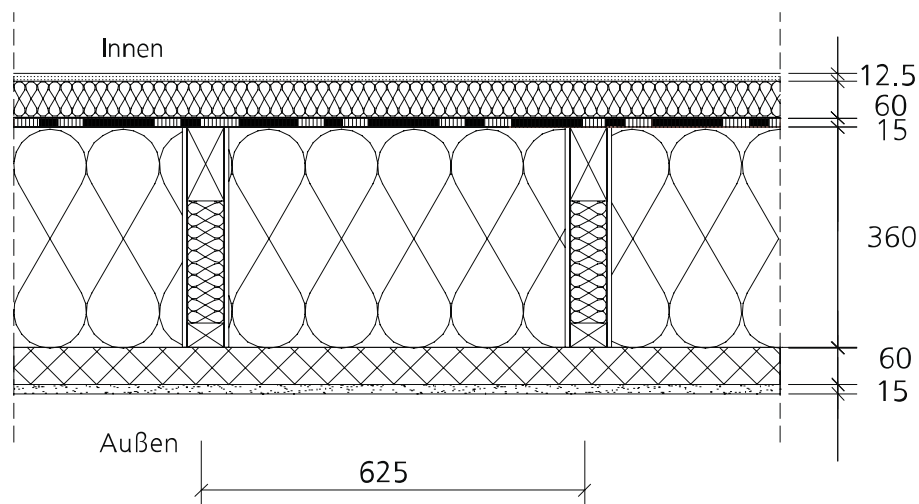


Abb. 11: Boxträger, Putzträgerplatte/Putz außen, Beplankung innen mit Holzwerkstoff-Platte als luftdichte Ebene, optional zusätzliche gedämmte Installationsebene innen mit Gipswerkstoff-Platte beplankt.  $U = 0,09 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , gerechnet mit Installationsebene innen und Putzträger-Platte außen.

Für gleiche Dämmwirkung ( $U=0,12 \text{ W}/[\text{m}^2\text{K}]$ ) könnte der Boxträger auf 220 mm verkleinert werden [Quelle: Informationsdienst Holz Holzbau Handbuch Reihe 1, Teil 3]

Abbildungen 9-11 Regelaufbauten von Holzrahmenbau-Konstruktionen mit 360 mm Dämmschichtstärke. Boxträger mit Innengurt (6 cm x 12 cm), Außengurt (6 cm x 4 cm) und Beplankung aus zweimal 4...6 mm starker Holzwerkstoff-Platte, Verschiedene Fassaden [10] und Innenplankungen sind möglich. Äußere Beplankung aus diffusionsoffener Holzwerkstoff-Platte. Die innere Beplankung aus Holzwerkstoff-Platten bildet die luftdichte Ebene (rot markiert) und gleichzeitig die Dampfbremse. In der Fläche ist keine zusätzliche Folie notwendig. Die Platten werden an den Stößen mit geeignetem Klebeband, Folienstreifen oder Baupappenstreifen verklebt.

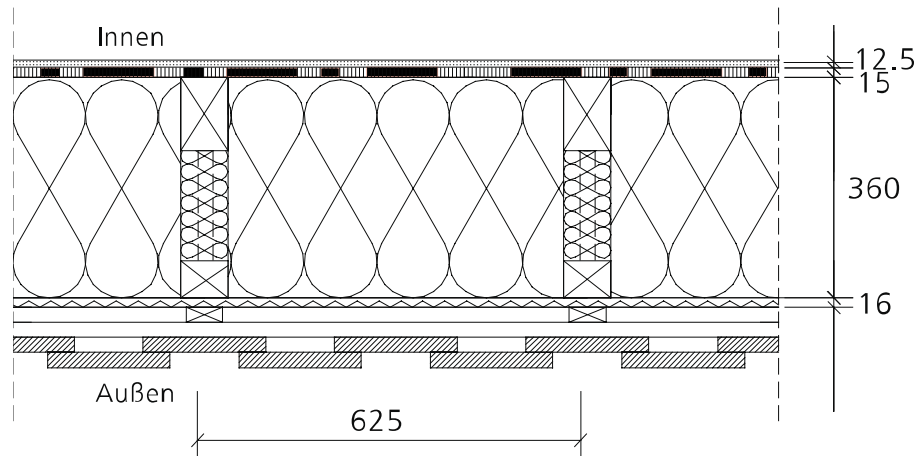


Abb. 12: Träger mit Holzdübeln und Holzfaserdämmstoff zwischen den beiden Holmen. Bepflanzung außen mit diffusionsoffener Holzwerkstoff-Platte, hinterlüftete Fassade aus Vollholzprofilen. Innenbepflanzung mit Holzwerkstoff-Platte als luftdichte Ebene und Gipswerkstoff-Platte,  $U = 0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  [Quelle: Informationsdienst Holz Holzbau Handbuch Reihe 1, Teil 3]

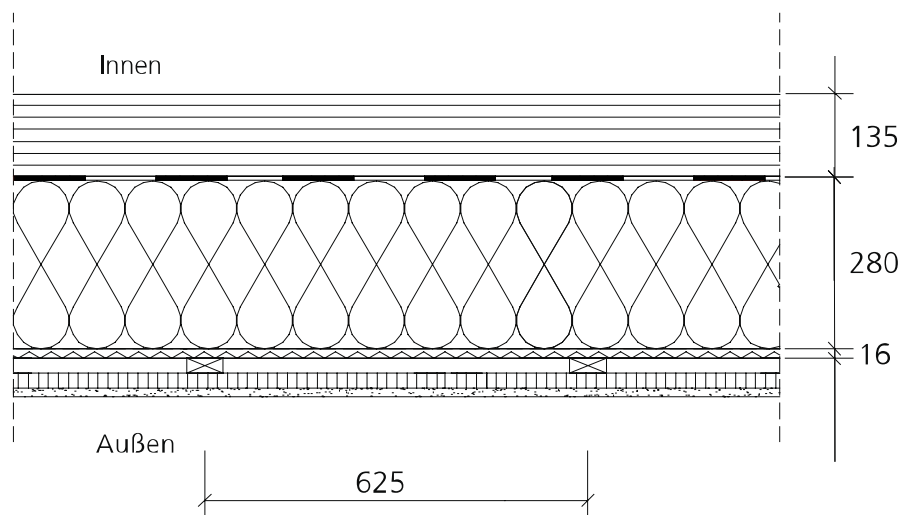


Abb. 13: Flächige Massivholz Wandsysteme mit vorgehängter Dämmebene, die mechanische Befestigung der Fassade wurde hier nicht dargestellt. Die luftdichte Schicht wird mit einer Folie oder Baupappe realisiert,  $U = 0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Die Dämmschicht wurde im Beispiel 280 mm stark gewählt, um denselben U-Wert wie bei den anderen Aufbauten zu erhalten [Quelle: Informationsdienst Holz Holzbau Handbuch Reihe 1, Teil 3]

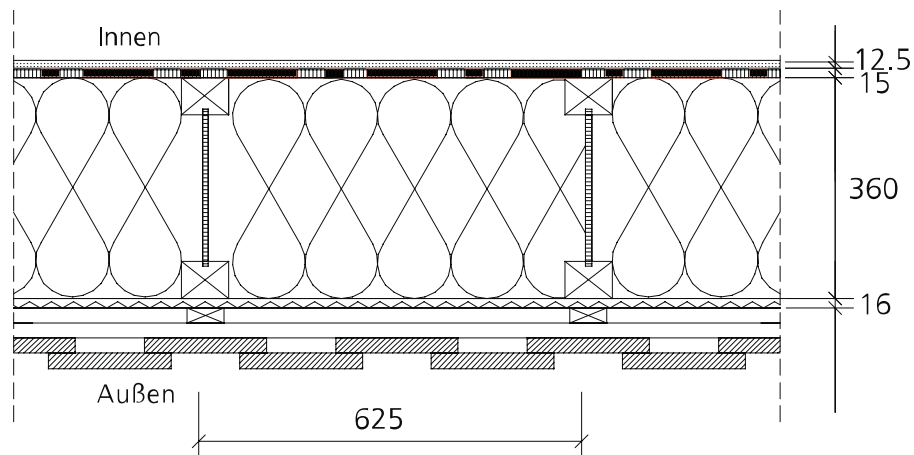
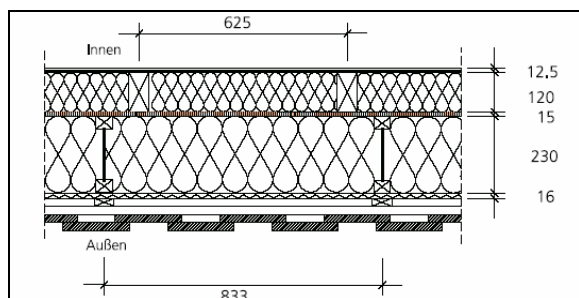


Abb. 14: Doppel-T-Träger mit Stegen aus Holzwerkstoff-Platte, Beplankung außen mit diffusions-offener Holzwerkstoff-Platte, hinterlüftete Fassade aus Vollholzprofilen. Innenbeplankung mit Holzwerkstoff-Platte als luftdichte Ebene und Gipswerkstoff-Platte,  $U = 0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  [Quelle: Informationsdienst Holz Holzbau Handbuch Reihe 1, Teil 3]

Abbildungen 12-14 Regel-Wandaufbauten mit verschiedenen Trägersystemen. Beplankung innen und außen wie in Abbildungen 12. Die luftdichte Schicht bzw. Dampfbremse ist jeweils die innere Beplankung aus Holzwerkstoff-Platten, die an den Stößen verklebt werden. Bei der massiven Holzwand ist eine Folie oder armierte Baupappe als luftdichte Schicht notwendig.

### Holzaußenwände

Im Holzbau lassen sich die wärmedämmenden Materialien in die Hohlräume einbauen. Für die erforderliche Dämmstärke ist einerseits eine zweite Dämmschicht, wie in Abb. 8 zu sehen, vor der tragenden Ebene einzuplanen, oder andererseits ein geeignetes Wandsystem mit speziellen Trägern erstellen.



[Abb. 15: Boxträger,  $U$ -Wert:  $0,09 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$   
Quelle: nach Kaufmann et al. 2002, 8]

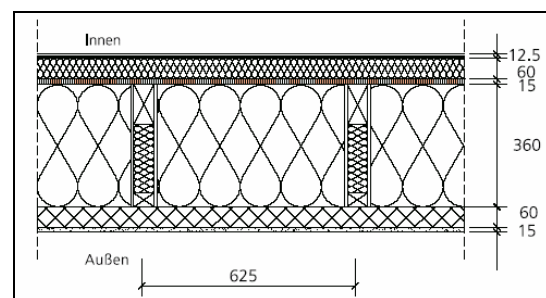
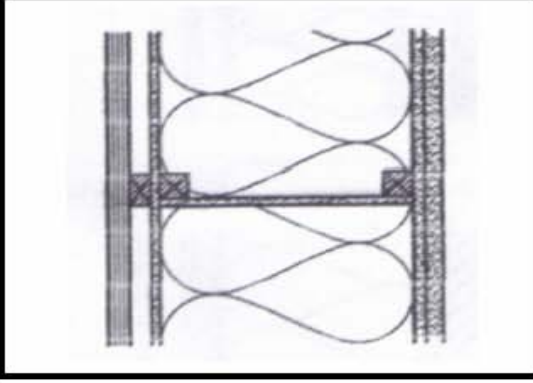
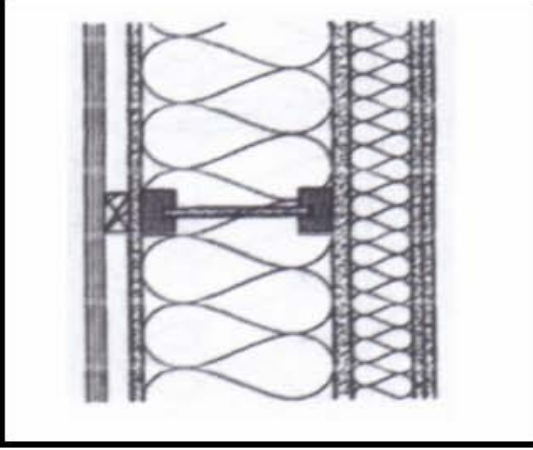
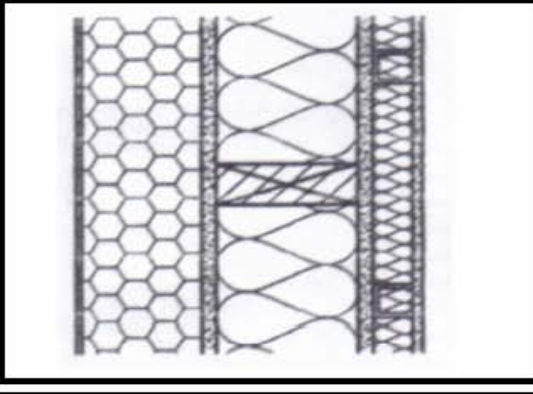
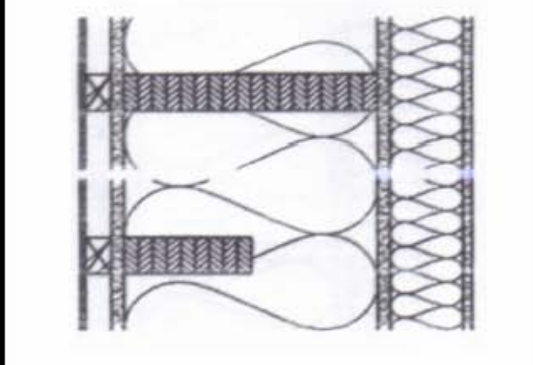


Abb. 16: Zweischalige Wand,  $U$ -Wert:  $0,12 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$   
[Quelle: nach Kaufmann et al. 2002, 7]

In der Box-Träger Konstruktion (siehe Abb. 9) übernimmt der innere Gurt die tragende Funktion. Der äußere Gurt trägt hingegen nur die Lasten der Fassade und hat somit nur eine untergeordnete Funktion. Bei diesem Aufbau werden Vorteile der zweischaligen Bauweise integriert und so können auch wichtige Details auf diesen Aufbau wärmebrückenfrei ausgeführt werden. Weiters gibt es eine Vielzahl von Ausführungsvarianten wie sie in Tabelle 2 aufgelistet sind [Kaufmann et al., 2002, 7f].

A		<p style="text-align: center;"><b>Holzständer-Außenwand</b></p> <p style="text-align: right;">U-Wert: 0,11 W/m<sup>2</sup>K</p> <p>[cm]</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr><td>- Stulpschalung</td></tr> <tr><td>3,0 Konterlattung</td></tr> <tr><td>1,2 Spanplatten</td></tr> <tr><td>35,0 Mineralwolle zwischen Verbundsteher (Spannplatte)</td></tr> <tr><td>- Dampfbremse</td></tr> <tr><td>1,6 Spanplatte</td></tr> <tr><td>2,5 Gipskartonplatte</td></tr> </table>	- Stulpschalung	3,0 Konterlattung	1,2 Spanplatten	35,0 Mineralwolle zwischen Verbundsteher (Spannplatte)	- Dampfbremse	1,6 Spanplatte	2,5 Gipskartonplatte		
- Stulpschalung											
3,0 Konterlattung											
1,2 Spanplatten											
35,0 Mineralwolle zwischen Verbundsteher (Spannplatte)											
- Dampfbremse											
1,6 Spanplatte											
2,5 Gipskartonplatte											
B		<p style="text-align: center;"><b>Doppel-T-Träger Außenwand mit Hinterlüftung</b></p> <p style="text-align: right;">U-Wert: 0,11 W/m<sup>2</sup>K</p> <p>[cm]</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr><td>2,0 Holzschalung</td></tr> <tr><td>3,0 Hinterlüftung</td></tr> <tr><td>- TYVEK-Folie</td></tr> <tr><td>0,2 Gipsfaserplatte</td></tr> <tr><td>22,0 TJI/Mineralwolle</td></tr> <tr><td>0,2 OSB-Platte</td></tr> <tr><td>- PE-Folie</td></tr> <tr><td>7,0 Mineralwolle</td></tr> <tr><td>2,5 Gipsfaserplatte, 2 lagig</td></tr> </table>	2,0 Holzschalung	3,0 Hinterlüftung	- TYVEK-Folie	0,2 Gipsfaserplatte	22,0 TJI/Mineralwolle	0,2 OSB-Platte	- PE-Folie	7,0 Mineralwolle	2,5 Gipsfaserplatte, 2 lagig
2,0 Holzschalung											
3,0 Hinterlüftung											
- TYVEK-Folie											
0,2 Gipsfaserplatte											
22,0 TJI/Mineralwolle											
0,2 OSB-Platte											
- PE-Folie											
7,0 Mineralwolle											
2,5 Gipsfaserplatte, 2 lagig											
C		<p style="text-align: center;"><b>Holzriegel-Außenwand mit Hinterlüftung</b></p> <p style="text-align: right;">U-Wert: 0,11 W/m<sup>2</sup>K</p> <p>[cm]</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr><td>0,7 Kunstharzputz</td></tr> <tr><td>15,0 Polystyrol HSEPS-F</td></tr> <tr><td>1,8 OSB-Paneel</td></tr> <tr><td>18,0 Riegel 60/180 mit Mineralwolle</td></tr> <tr><td>1,8 OSB-Paneel</td></tr> <tr><td>- LPDE-Folie</td></tr> <tr><td>5,0 Federn/Mineralwolle</td></tr> <tr><td>1,3 Gipskartonplatte</td></tr> </table>	0,7 Kunstharzputz	15,0 Polystyrol HSEPS-F	1,8 OSB-Paneel	18,0 Riegel 60/180 mit Mineralwolle	1,8 OSB-Paneel	- LPDE-Folie	5,0 Federn/Mineralwolle	1,3 Gipskartonplatte	
0,7 Kunstharzputz											
15,0 Polystyrol HSEPS-F											
1,8 OSB-Paneel											
18,0 Riegel 60/180 mit Mineralwolle											
1,8 OSB-Paneel											
- LPDE-Folie											
5,0 Federn/Mineralwolle											
1,3 Gipskartonplatte											
B		<p style="text-align: center;"><b>Brettschicht-Außenwand mit Hinterlüftung</b></p> <p style="text-align: right;">U-Wert: 0,09 W/m<sup>2</sup>K</p> <p>[cm]</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr><td>0,6 Max-Kompaktplatten, geklebt</td></tr> <tr><td>3,7 Konterlattung</td></tr> <tr><td>1,8 OSB-Platte</td></tr> <tr><td>36,0 Brettschichtholz 60/360, jeder zweite Steher BSH 60/180, mit Steinwolle</td></tr> <tr><td>1,8 OSB-Platte</td></tr> <tr><td>10,0 Steinwolle</td></tr> <tr><td>1,3 Gipskartonplatte</td></tr> </table>	0,6 Max-Kompaktplatten, geklebt	3,7 Konterlattung	1,8 OSB-Platte	36,0 Brettschichtholz 60/360, jeder zweite Steher BSH 60/180, mit Steinwolle	1,8 OSB-Platte	10,0 Steinwolle	1,3 Gipskartonplatte		
0,6 Max-Kompaktplatten, geklebt											
3,7 Konterlattung											
1,8 OSB-Platte											
36,0 Brettschichtholz 60/360, jeder zweite Steher BSH 60/180, mit Steinwolle											
1,8 OSB-Platte											
10,0 Steinwolle											
1,3 Gipskartonplatte											



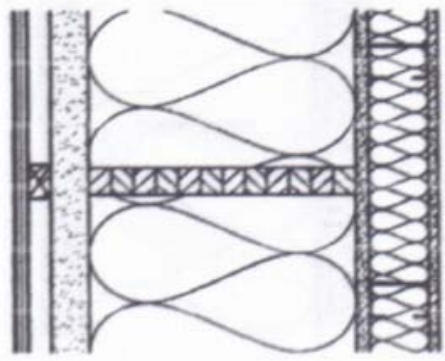
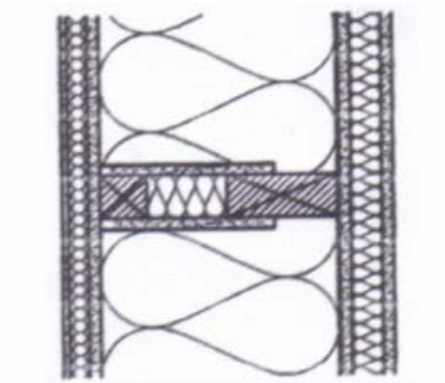
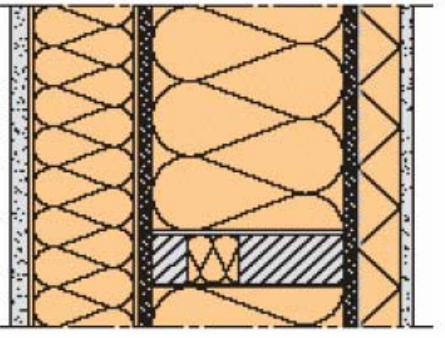
E		<p><b>Brettschicht-Außenwand mit Hinterlüftung</b>  U-Wert: 0,08 W/m<sup>2</sup>K</p> <p>[cm]</p> <table border="1"> <tr><td>2,0</td><td>Schalung, horizontal</td></tr> <tr><td>3,0</td><td>Lattung - Windbremse - UV beständig</td></tr> <tr><td>5,0</td><td>Weichfaserplatte</td></tr> <tr><td>36,0</td><td>Brettschichtholzrippe/ Mineralwolle</td></tr> <tr><td>1,8</td><td>OSB-Platte</td></tr> <tr><td>8,0</td><td>Metallständer/ Steinwolledämmung</td></tr> <tr><td>1,3</td><td>Gipskartonplatte</td></tr> </table>	2,0	Schalung, horizontal	3,0	Lattung - Windbremse - UV beständig	5,0	Weichfaserplatte	36,0	Brettschichtholzrippe/ Mineralwolle	1,8	OSB-Platte	8,0	Metallständer/ Steinwolledämmung	1,3	Gipskartonplatte
2,0	Schalung, horizontal															
3,0	Lattung - Windbremse - UV beständig															
5,0	Weichfaserplatte															
36,0	Brettschichtholzrippe/ Mineralwolle															
1,8	OSB-Platte															
8,0	Metallständer/ Steinwolledämmung															
1,3	Gipskartonplatte															
F		<p><b>Brettschicht-Außenwand mit Hinterlüftung</b>  U-Wert: 0,08 W/m<sup>2</sup>K</p> <p>[cm]</p> <table border="1"> <tr><td>2,0</td><td>Schalung, horizontal</td></tr> <tr><td>3,0</td><td>Lattung - Windbremse - UV beständig</td></tr> <tr><td>5,0</td><td>Weichfaserplatte</td></tr> <tr><td>36,0</td><td>Brettschichtholzrippe/ Mineralwolle</td></tr> <tr><td>1,8</td><td>OSB-Platte</td></tr> <tr><td>8,0</td><td>Metallständer/ Steinwolledämmung</td></tr> <tr><td>1,3</td><td>Gipskartonplatte</td></tr> </table>	2,0	Schalung, horizontal	3,0	Lattung - Windbremse - UV beständig	5,0	Weichfaserplatte	36,0	Brettschichtholzrippe/ Mineralwolle	1,8	OSB-Platte	8,0	Metallständer/ Steinwolledämmung	1,3	Gipskartonplatte
2,0	Schalung, horizontal															
3,0	Lattung - Windbremse - UV beständig															
5,0	Weichfaserplatte															
36,0	Brettschichtholzrippe/ Mineralwolle															
1,8	OSB-Platte															
8,0	Metallständer/ Steinwolledämmung															
1,3	Gipskartonplatte															
G		<p><b>Box-Träger-Außenwand</b>  U-Wert: 0,08 W/m<sup>2</sup>K</p> <p>[cm]</p> <table border="1"> <tr><td>-</td><td>Deckschicht des WDVS</td></tr> <tr><td>12,5</td><td>Holzwohle-Mehrschichtdämmung</td></tr> <tr><td>1,6</td><td>Holzwerkstoff-Platte, diffusionsoffen</td></tr> <tr><td>22,0</td><td>Box-Träger: außen 6x4 cm, innen 6x12 cm, Achsabstand 62,5 cm, Mineralwolle zwischen Trägern</td></tr> <tr><td>1,5</td><td>Holzwerkstoff-Platte als luftdichte Ebene</td></tr> <tr><td>5,0</td><td>HW-Leichtbauplatte als gedämmte Installationsebene</td></tr> <tr><td>1,5</td><td>Innenputz</td></tr> </table>	-	Deckschicht des WDVS	12,5	Holzwohle-Mehrschichtdämmung	1,6	Holzwerkstoff-Platte, diffusionsoffen	22,0	Box-Träger: außen 6x4 cm, innen 6x12 cm, Achsabstand 62,5 cm, Mineralwolle zwischen Trägern	1,5	Holzwerkstoff-Platte als luftdichte Ebene	5,0	HW-Leichtbauplatte als gedämmte Installationsebene	1,5	Innenputz
-	Deckschicht des WDVS															
12,5	Holzwohle-Mehrschichtdämmung															
1,6	Holzwerkstoff-Platte, diffusionsoffen															
22,0	Box-Träger: außen 6x4 cm, innen 6x12 cm, Achsabstand 62,5 cm, Mineralwolle zwischen Trägern															
1,5	Holzwerkstoff-Platte als luftdichte Ebene															
5,0	HW-Leichtbauplatte als gedämmte Installationsebene															
1,5	Innenputz															

Tabelle 2: Außenwände [Quelle: A-F nach Schöberl et al., 2003, 79 – 83 G nach GDI, 2004, 27]

Beim Holzleichtbau ist auf der Innenseite der Wand eine Dampfbremse oder Dampfsperre anzubringen, des Weiteren wird so die Funktion der luftdichten Schicht übernommen. Der Windschutz, bituminierte Weichfaserplatte, Windpappe oder ähnliches, ist an der Außenseite der Dämmschicht vorzusehen. Damit anfallender Wasserdampf nach außen durchdiffundieren kann, ist eine von innen nach außen abnehmende Dampfdichtheit der Schichten wichtig. Folienstöße von Dampfbremse und Windsperre

sind zu überlappen, mit doppelseitigem Klebeband zu verkleben und dicht an flankierende Bauteile auszuführen. In der Holzleichtbauweise sind zwei absolute luftdichte Ebenen aufzuweisen, dabei wird die äußere auch als winddichte Schicht bezeichnet [Huber et al., 1996, 27].

Zu- und Abstromöffnungen zur hinterlüfteten Ebene müssen dieselbe Netto-Querschnittsfläche aufweisen wie die Hinterlüftung selbst. Außerdem sind Insektenschutzgitter an den Öffnungen vorzusehen [Waltjen, 2004].

#### Außenwand mit Übergang Erdreich

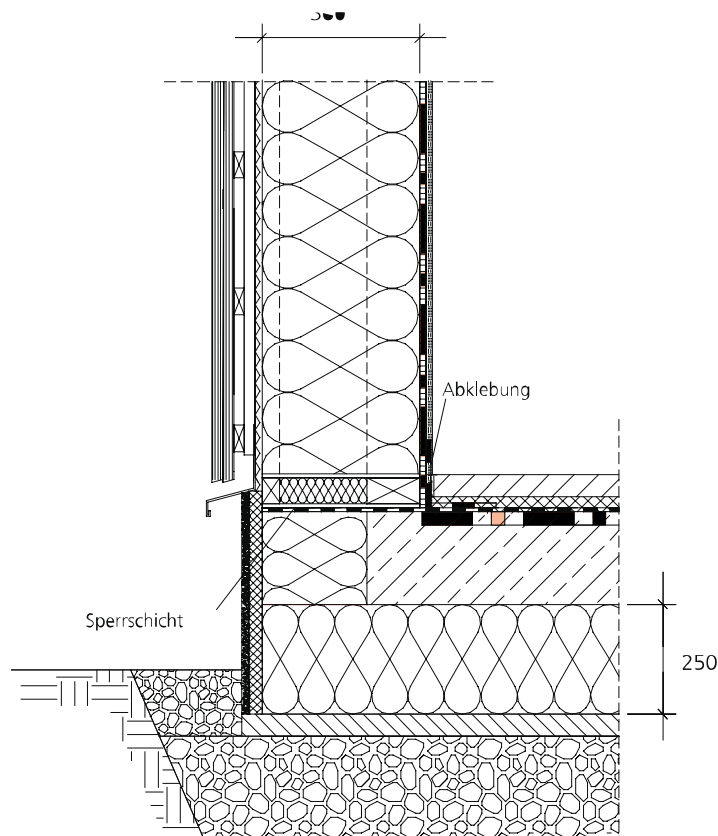


Abb. 17: Außenwandschwelle mit schwimmend auf der Dämmung betonierter Bodenplatte [Quelle: Informationsdienst Holz Holzbau Handbuch Reihe 1, Teil 3]

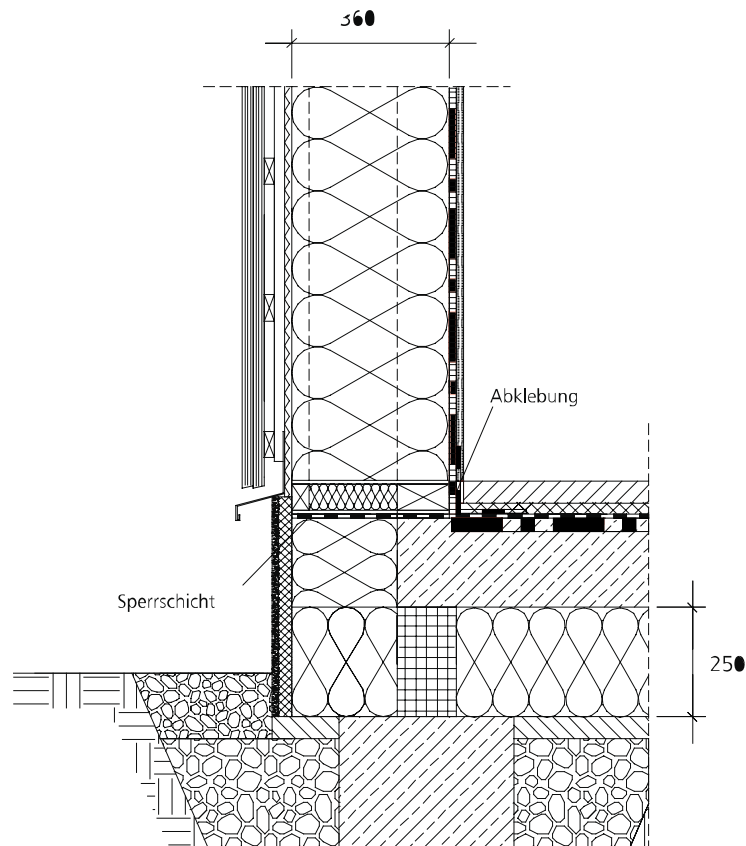


Abb. 18: Bodenplatte mit Streifenfundament und thermisch getrennter Lastabtragung [Quelle: Informationsdienst Holz Holzbau Handbuch Reihe 1, Teil 3]

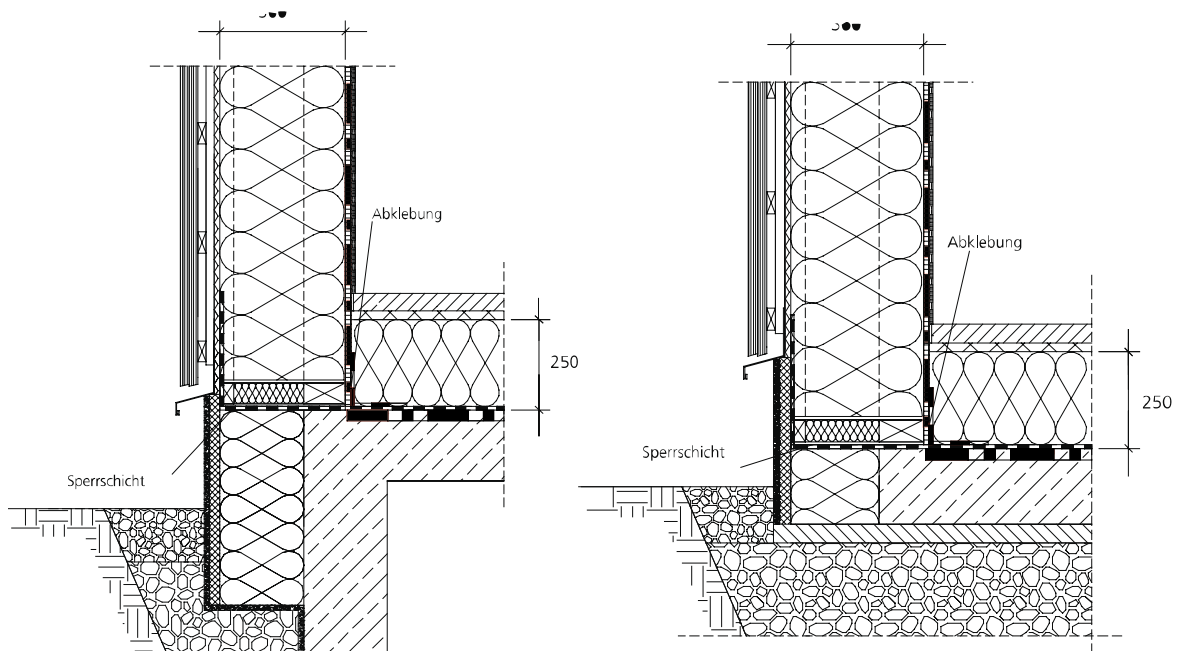


Abb. 19, 20: Außenwandschwelle auf Kellerdecke zum unbeheizten Keller, bzw. Bodenplatte mit innenliegender Dämmung. Beide Details entsprechen sich wärmetechnisch. Auf Sperrschicht gegen aufsteigende Feuchte achten [Quelle: Informationsdienst Holz Holzbau Handbuch Reihe 1, Teil 3]

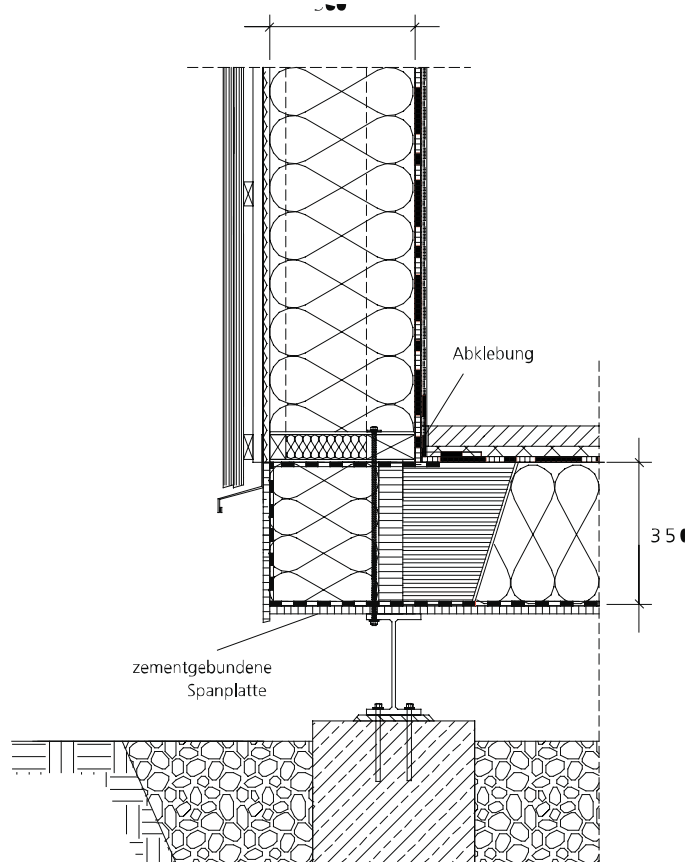


Abb. 21: Bodenplatte aus Holz. Holzschutz durch zementgebundene Spanplatte Realisiert  
 [Quelle: Informationsdienst Holz Holzbau Handbuch Reihe 1, Teil 3]

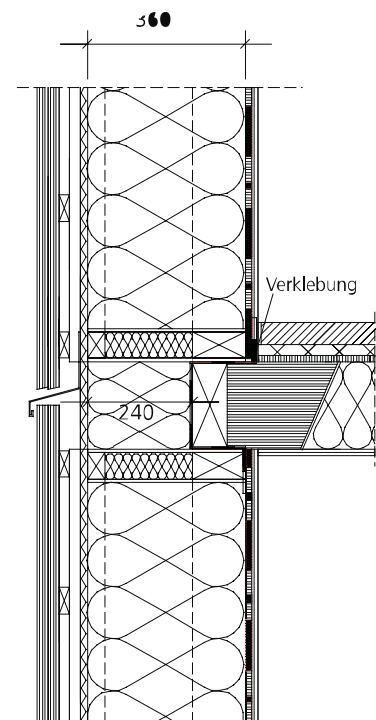


Abb. 22: Anschluss Decke an Außenwand. Wird die Stoßstelle mit einer genügend dicken Dämmschicht überdeckt (Regel vom breiten Stift), ist die Wärmebrückenwirkung vernachlässigbar. Ein breiter Folienstreifen, der im unteren Wandelement eingeklemmt ist, wird nach dem Auflegen der Balkendecke nach innen geschlagen und später mit der Beplankung des oberen Wandelements im Bereich des Estrichs verklebt.  
 [Quelle: Informationsdienst Holz Holzbau Handbuch Reihe 1, Teil 3]

### Wandekausführungen

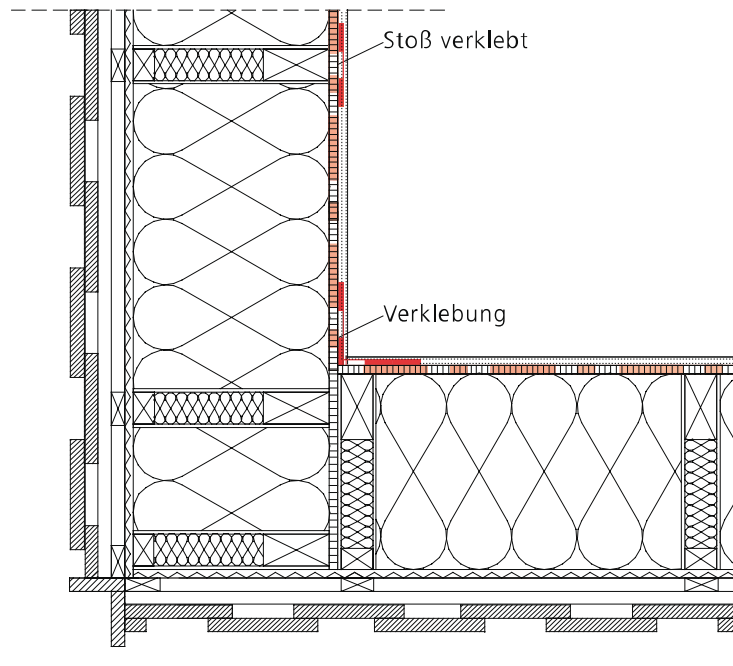


Abb. 23: Wandanschluss an der Hauskante. An der Außenwand wurde nur ein zusätzlicher Steg eingefügt. Im Wesentlichen handelt es sich um eine geometrische Wärmebrücke. Man beachte die Verklebung der luftdichten Beplankung in der inneren Kante [17, 22]

### Trennwände

Beide Trennwände sind für alle Gebäude in Leicht- und Massivbauweise geeignet. Sie lassen sich leicht versetzen oder wieder entfernen. Zu den flankierenden Bauteilen sind elastische Anschlüsse erforderlich. Installationsebenen innerhalb der Dämmebene führen, im Gegensatz zu massiven Scheidewänden, zu keinen Schwächungen der Wand. Bei Wohnungstrennwänden sind höhere Anforderungen an den Schall- und Wärmeschutz gestellt, welcher auch durch die Installationsebene nicht wesentlich beeinträchtigt werden darf. Aus diesem Grund dürfen Installationen weder die Wand, noch die mittlere Schale durchdrungen werden [Waltjen, 2004, 178 - 181].


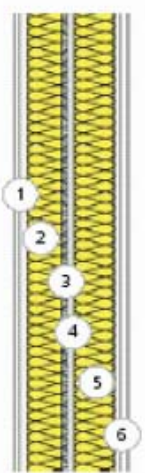
A		<p><b>Nichttragende Scheidewand zwischen Räumen einer Wohneinheit</b></p> <p style="text-align: right;">U-Wert: 0,59 W/m<sup>2</sup>K</p> <p>[cm]</p> <table border="1"> <tr> <td>1</td> <td>1,5 Gipskarton-Brandschutzplatten</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>5,0 Mineralwolle zwischen C-Blechprofil-Ständern</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>1,5 Gipskarton-Brandschutzplatten</td> </tr> </table>	1	1,5 Gipskarton-Brandschutzplatten	2	5,0 Mineralwolle zwischen C-Blechprofil-Ständern	3	1,5 Gipskarton-Brandschutzplatten						
1	1,5 Gipskarton-Brandschutzplatten													
2	5,0 Mineralwolle zwischen C-Blechprofil-Ständern													
3	1,5 Gipskarton-Brandschutzplatten													
B		<p><b>Nichttragende Wohnungstrennwand</b></p> <p style="text-align: right;">U-Wert: 0,23 W/m<sup>2</sup>K</p> <p>[cm]</p> <table border="1"> <tr> <td>1</td> <td>2,5 Gipskarton-Brandschutzplatten, 2 Lag.</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>7,5 Mineralwolle zwischen C-Blech-Ständern</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>1,3 Gipskarton-Brandschutzplatte</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>1,0 Mineralwolle-Anschlussdichtung</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>7,5 Mineralwolle zwischen C-Blech-Ständern</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>2,5 Gipskarton-Brandschutzplatten, 2 Lag.</td> </tr> </table>	1	2,5 Gipskarton-Brandschutzplatten, 2 Lag.	2	7,5 Mineralwolle zwischen C-Blech-Ständern	3	1,3 Gipskarton-Brandschutzplatte	4	1,0 Mineralwolle-Anschlussdichtung	5	7,5 Mineralwolle zwischen C-Blech-Ständern	6	2,5 Gipskarton-Brandschutzplatten, 2 Lag.
1	2,5 Gipskarton-Brandschutzplatten, 2 Lag.													
2	7,5 Mineralwolle zwischen C-Blech-Ständern													
3	1,3 Gipskarton-Brandschutzplatte													
4	1,0 Mineralwolle-Anschlussdichtung													
5	7,5 Mineralwolle zwischen C-Blech-Ständern													
6	2,5 Gipskarton-Brandschutzplatten, 2 Lag.													

Tabelle 3: Trennwände [Quelle: nach Waltjen, 2004; 178, 180]

### Tragende Innenwände

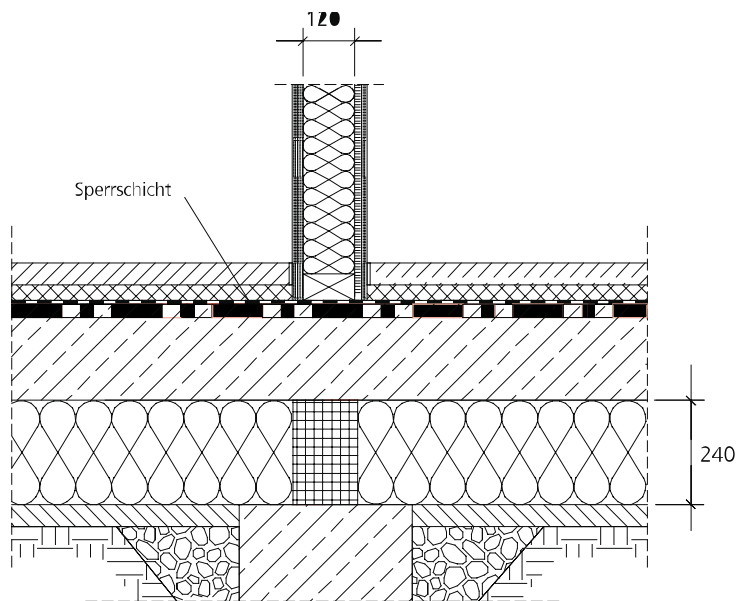


Abb. 24: Tragende Innenwand mit Streifenfundament bei außenliegender Dämmung. Über dem Fundament angeordnet ist ein druckstabiler Dämmblock zur Lastabtragung. Die luftdichte Ebene ist die Betondecke. Bemessung der Bodenplatte und der Fundamente gemäß Statik

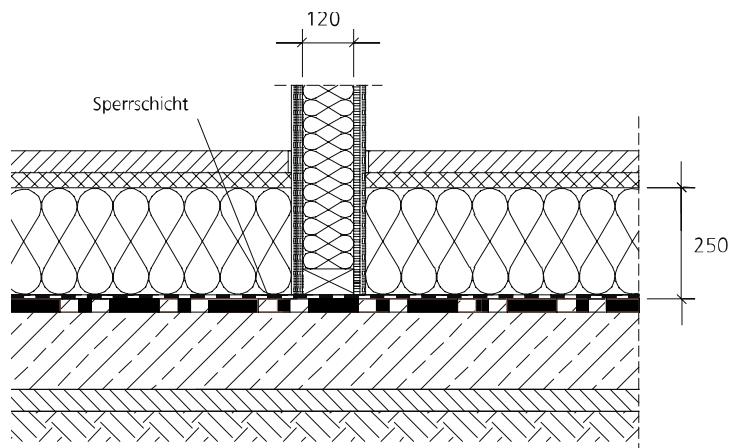


Abb. 25: Innenliegende Dämmung. Die luftdichte Schicht ist wieder die Betondecke. Über der Betondecke muss eine Sperre gegen aufgehende Feuchte vorgesehen werden. Als raumseitige Feuchte-Sperre dient die Folie unter dem Estrich

II.1.2.3 Deckenaufbauten

<b>Massivholz-Zwischendecke</b>	
<b>U-Wert: 0,29 W/m<sup>2</sup>K</b>	
[cm]	
1	- Fußbodenbelag
2	3,2 Spannplatte Nut + Feder (A: Blindboden)
3	6,0 Höhenjustierte, trittschalldämmende Distanzfüße, dazw. Mineralwolle, (A: Staffel 5/8 auf Steinwolle Trittschalldämmstreifen 1cm, dazw. Dämmung
4	16,0 Brettstapel-Decke, vernagelt
5	6,0 Federschien, dazw. Mineralwolle
6	3,0 2 Lg. Gipskarton-Brandschutzplatte

<b>Kellerdecke</b>	
<b>U-Wert: 0,147 W/m<sup>2</sup>K</b>	
[cm]	
1,0	Fußbodenbelag
6,0	schwimmender Zementestrich
-	Trennschicht ((Keine Vorschläge))
3,0	Trittschalldämmung ESP-T
16,0	Wärmedämmung EPS-W
6,0	Wärmedämmung EPS-W
18,0	Stahlbetondecke
1,5	Innenputz

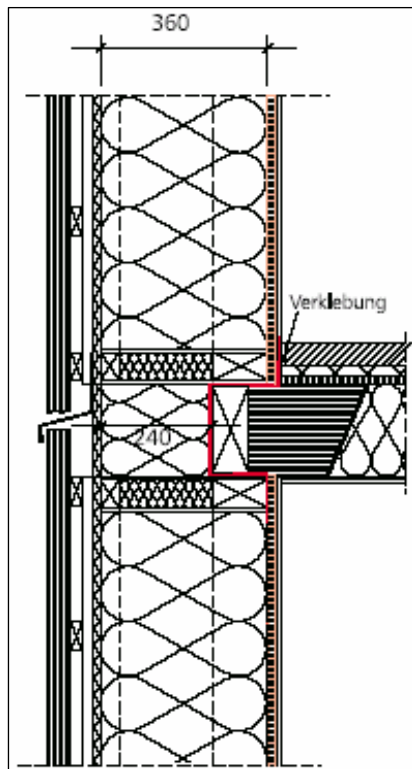
Tabelle 4: Decken [Quelle: A nach Waltjen, 2004; 129 B nach DGI, 2004, 24]

Die Massivholz-Decke in Tab. 4A erfüllt hohe Anforderungen an die Fußwärme. Sie wird zwischen beheizten Geschossen eingezogen, ist aber nicht für Nassräume geeignet.



### Deckenanschlüsse

Bei Deckenanschlüsse an die Außenwand ist darauf zu achten, dass eine ausreichende Überdeckung des Anschlusses mit der Dämmebene erfolgt.



Wird die Stoßstelle mit einer genügend dicken Dämmschicht überdeckt (Regel mit breitem Stift), ist die Wärmebrückenwirkung vernachlässigbar. Ein breiter Folienstreifen (siehe Abb. 26), der im unteren Wandelement eingeklemmt ist, wird nach dem Auflegen der Balkendecke nach innen geschlagen und später mit der Beplankung des oberen Wandelements im Bereich des Estrichs verklebt [Kaufmann et al., 2002, 13].

Holzbalkenträger (Abb. 27) werden mit einfachen Anschlüssen und Stegträger (Abb. 28) werden mittels Balkenschuhen zwischen die beplankten Außenwände gehängt. So wird eine Durchstoßung der Dämm- und Luftdichtheitsschicht vermieden [Huber, 1996, 122, 125].

Abb. 26: Anschluss: Decke an Außenwand [Quelle: nach Kaufmann et al. 2002, 13]

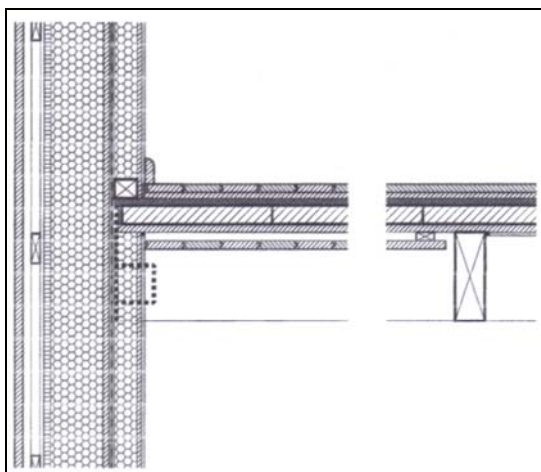


Abb. 27: Holzbalkenträger-Anschluss [Quelle: nach Huber et al. 1996, 122]

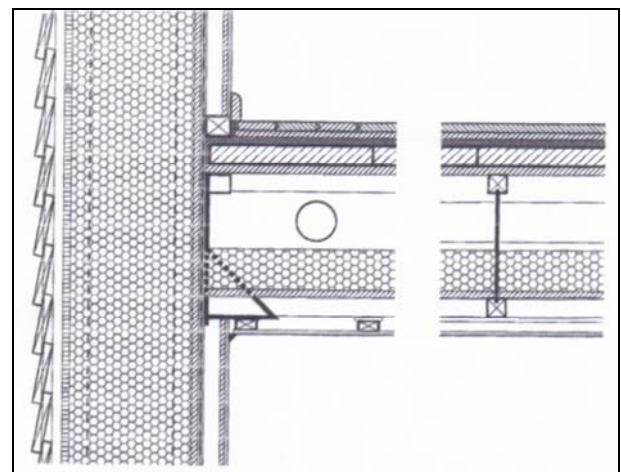


Abb. 28: Stegträger-Anschluss [Quelle: nach Huber et al. 1996, 125]

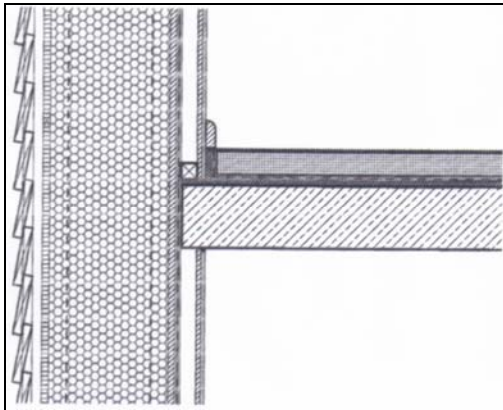


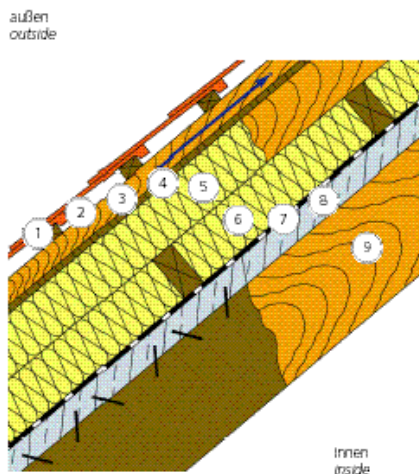
Abb. 29: Massive Geschoßdecke [Quelle: nach Huber et al. 1996, 125]

In Passivhäusern sind Speichermassen innerhalb der gedämmten Gebäudehülle wichtig. Dies kann mit einer Mischbauweise als Schotten- oder Stahlbetonskelettbau mit vorgestellter Stegträger-Außenwand erreicht werden (siehe Abb. 29) [Huber, 1996, 125].

### II.1.2.4 Dachaufbauten

Bauteilkatalog, z.T. online, Publikation Mitte 2006

## DA 3131 (RQ 59.0) Holzsparren-Steildach mit Aufsparrendämmung und erhöhter Speichermasse



#### Anmerkung

Dieser Aufbau stellt einen Vorschlag dar, eine besonders im Mittelmehrraum traditionelle Bauweise mit modernen Baumethoden (Verbundbeton) zu realisieren.

[cm]	Aufbau von außen nach Innen Construction from outside to inside
1	- Deckung (Dachziegel*, Betonsteine, Faserzementschindel, Aluminium-Dachplatten,...)
2	3 Lattung 3/5 cm
3	5 Durchlüftung zwischen Konterlattung 5/5 cm
4	1,6 MDF-Platte, NF
5	18 Mineralwolleplatten zw. vertikalen Latten, A: Flachs
6	18 Mineralwolleplatten zw. Horizontalen Latten, A: Flachs
7	- Dampfsperre und innere Strömungsabdichtung
8	6 Betonplatte
9	- Sparren, frei sichtbar, Dimensionierung nach statischer und brandschutztechnischer Erfordernis

\*Für Berechnung Dachziegel verwendet, A = Alternative Empfehlung

#### Bauphysik – Baukonstruktion / Physical construction

	Einheit / Unit	Gängig
Gesamtdicke / Total thickness	[cm]	55
Wärmedurchgangskoeffizient Thermal transmission coefficient	[W/m <sup>2</sup> K]	0,11
Bew. Schalldämmmaß R <sub>w</sub> / acoustic insulation dimension	[dB]	56
Feuerwiderstandsklasse / fire resistance category		
feuchtetechnische Sicherheit / moisture safety	[kg/m <sup>2</sup> a]	0/-
Speicherwirksame Masse / effectively storage mass	[kg/m <sup>2</sup> ]	154,1

#### Technische Beschreibung

##### Eignung

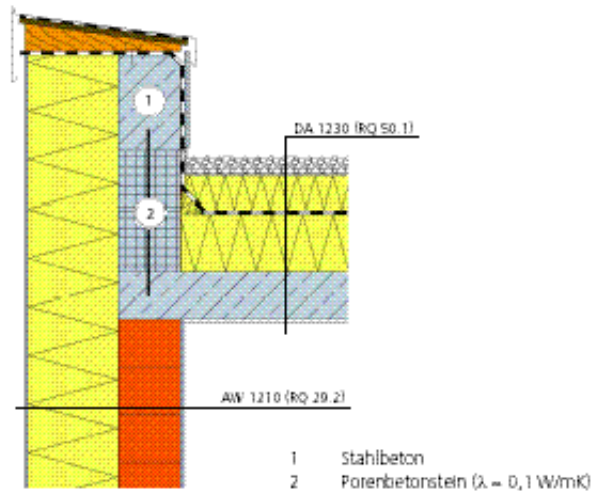
- Für beheizte Dachgeschoßräume, vorwiegend in Holzbauten,
- für sichtbare Sparren zur optischen Gestaltung, sofern hinsichtlich Brandschutz zulässig,
- für geringe Anforderungen an den Schallschutz,
- für erhöhte Anforderungen an die speicherwirksame Masse (Schutz vor sommerlicher Überwärmung),
- wenn keine Installationen in der Decke verlegt werden müssen.

##### Ausführungshinweise

- Die Unterdachplatte ist zweite Entwässerungsebene und zugleich Windsperre. Stöße und Anschlüsse daher sorgfältig dicht abkleben,
- die Dampfbremse ist zugleich innere Strömungssperre, Stöße und Anschlüsse sorgfältig dicht abkleben, Verletzungen sorgfältig dicht überkleben,
- für ausreichend große Zuströmöffnungen im Traufenbereich und bei den Abströmöffnungen der Hinterlüftung im Firstbereich sorgen,

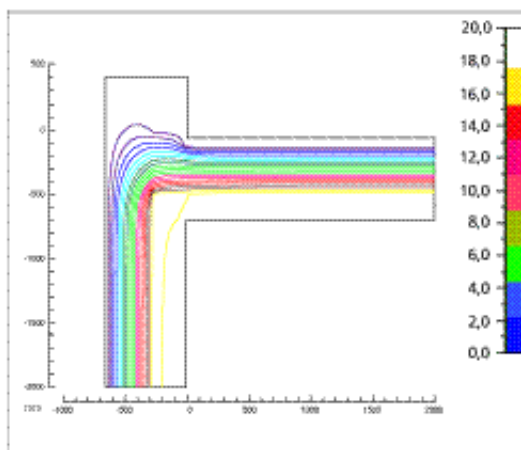
## AN 21.1 Massive Aussenwand – Duodach

Anschluss zwischen massiven Duodächern wie DA 1230 (RQ 50.1) und massiven Außenwänden wie AW 1210 (RQ 29.2). Aufbau der einzelnen Bauteile siehe Regelquerschnitte.

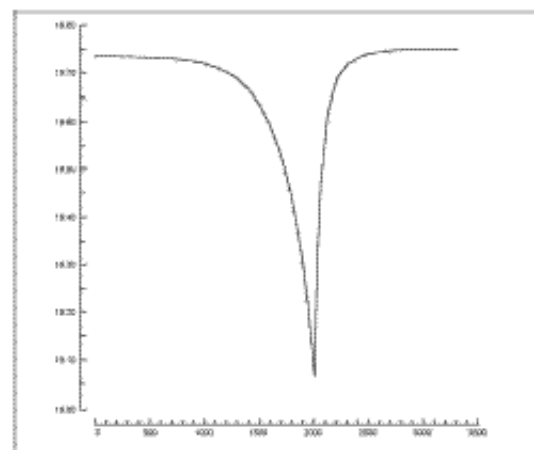


### Bauphysik / Building Physics

Lineare Wärmebrückenkoeffizient $\Psi$	Einheit	Wert
	W/mK	- 0,0421



Isothermen (Isothermenabstand entspricht 1°C)



Temperatur entlang der Innenoberfläche, rechts oben beginnend [°C]

- Installationen in der Konstruktion vermeiden, da sie die Dampfbremse durchstoßen müssten.
- Zur Erhaltung der wirksamen Speichermasse der Decke die Deckenuntersicht so dünn wie möglich spachteln und auf Verkleidung der Deckenuntersicht verzichten,

**Instandhaltung**

- Kontrolle auf Befall mit Holzschädlingen,
- Dachdeckung regelmäßig inspizieren und instandhalten,
- beschädigte Windsperren nach Entfernung der Dachdeckung reparieren.

**Diskussion des Aufbaues**

- Nachteile: keine Installationsebene,
- Brandschutz problematisch
- Vorteil: große wirksame Speichermasse,
- Die Dampfbremse ist zwar gut geschützt, Schäden an der Dampfbremse sind jedoch nur mit großem Aufwand zu beheben.

**Maintenance**

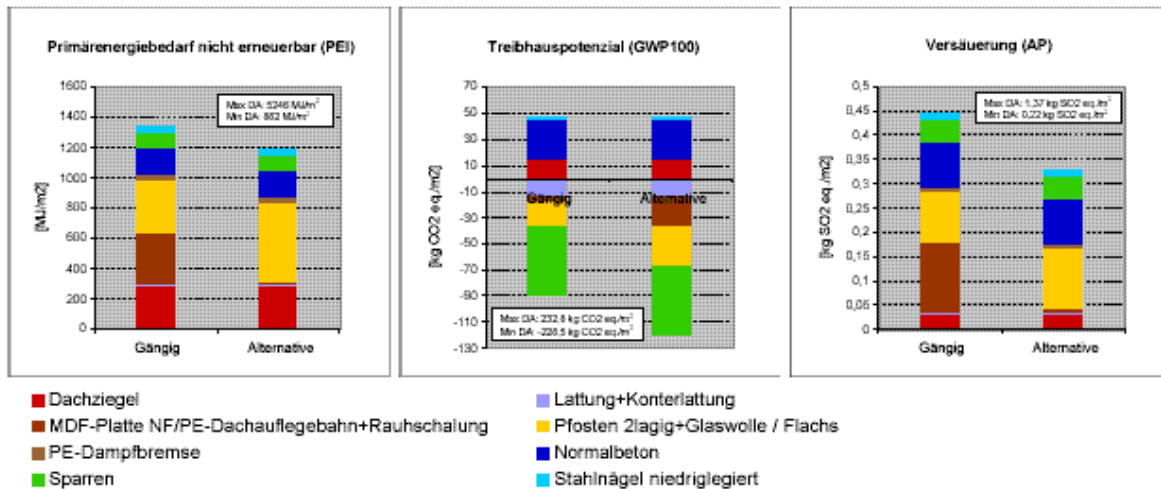
- Control on wood pests necessarily,
- Injuries of the vapor barrier, after opening the wall from the outside ago, carefully with steam-close material paste over.

**Discussion of the structure**

- The internal laminated wood/board pile bowl has primarily a basic function with only small memory effect (see wood: characteristics from the building design aspect) (there still nothing is however at present mentioned to this topic)
- the laminated wood/board pile bowl is predominantly suitable for external walls without installations? the vapor barrier is very well mechanically protected, damage is however difficult to recognize and repair very with difficulty

**Ökologisches Profil / Ökological profile**

**Herstellung / Production**



Inhalt des Bauteilkatalogs

Teil 1: Einleitung, Methodik, Referenz

Teil 2: Bauteile (Regelquerschnitte): Fundamente, erdberührte

Außenwände, Außenwände, Decken, Dächer, Innenwände

Teil 3: Anschlussdetails

Teil 4: Funktionale Einheiten

Teil 5: Baustoffe

Teil 6: Glossar, Literatur, Index

Teil 7: Kostenermittlung

PREISERMITTLUNG - K7		Firma:		Preisbasis:			
Projekt: Bauteilkatalog April 2004							
Positionsnummer	Positionsstichwort	LV-Menge	EH	PVZZ	Lohn (EUR)	Sonstiges (EUR)	Einheitspreis (EUR)
Ansatzformel / Betriebsmittelbezeichnung		Ansatzmenge		Preis/EH			
<b>RQ 35.1 A</b>	<b>Holzständer-Außenwand mit WDVS</b>	<b>1,00</b>	<b>m2</b>				
<i>Außenputz bewehrt</i>							
<i>Vorstreichen mit Putzgrund</i>							
0,05	:Lohn Putzarbeiten	0,0500 h		33,93	1,70		1,70
0,30	:Edelputzgrundierung kunstharzgebunden	0,3000 kg		1,81		0,54	0,54
<i>Dünnputz auftragen</i>							
	m2=100	100,0000					
2,00	:Lohn Putzarbeiten	0,1800 h		33,93	6,11		6,11
18,00	:Edelputzgrundierung kunstharzgebunden	18,0000 kg		1,81		32,53	32,53
0,008	:Fertigmörtel mischen + Wasser	0,0080 m3		17,71	0,14		0,14
<i>Bewehrungsgrund</i>							
0,15	:Lohn Putzarbeiten	0,1500 h		33,93	5,09		5,09
4,00	:Herakithschnellkleber	4,0000 kg		0,64		2,55	2,55
0,18	:Hilfsstoffe allgemein	0,1800 EUR		1,15		0,21	0,21
<i>Textilglasgewebe einbetten</i>							
0,25	:Lohn Putzarbeiten	0,2500 h		33,93	8,48		8,48
1,20	:Textilglasgewebe	1,2000 m2		2,26		2,73	2,73
	<b>Außenputz Teilsumme</b>	<b>0,6340 h</b>			<b>21,52</b>	<b>38,56</b>	<b>60,08</b>
<i>EPS 14cm</i>							
0,35	:Lohn Putzarbeiten	0,3500 h		33,93	11,87		11,87
7,50	:Kleber	7,5000 EUR		1,15		8,63	8,63
0,14	:Styropor PS25-B1	0,1400 m3		82,11		11,50	11,50
	<b>Dampfplatte Teilsumme</b>	<b>0,3500 h</b>			<b>11,87</b>	<b>20,13</b>	<b>32,00</b>
<i>Ständerwand 1,5+20+1,8</i>							
0,70	:Lohn Zimmerei	0,7000 h		33,93	23,75		23,75
0,20	:Kantholz, Pfosten	0,0333 m3		148,76		4,96	4,96
1	:Rohspanplatte V100 E1 16mm glatt	1,0000 m2		10,64		10,64	10,64
1	:Rohspanplatte V100 E1 19mm glatt	1,0000 m2		11,85		11,86	11,86
2	:Teil Rollisol 10/60cm	2,0000 m2		5,96		11,72	11,72
	<b>Ständerwand + Dämmung Teilsumme</b>	<b>0,7000 h</b>			<b>23,75</b>	<b>39,18</b>	<b>62,93</b>
<i>Dampfbremse</i>							
2,00	:Lohn Zimmerei	0,0400 h		33,93	1,36		1,36
1,10	:Dampfbremse	1,1000 m2		2,47		2,72	2,72
	<b>Dampfbremse Teilsumme</b>	<b>0,0400 h</b>			<b>1,36</b>	<b>2,72</b>	<b>4,08</b>
<i>GKB-zweilagig</i>							
0,15	:Lohn Zimmerei	0,1500 h		33,93	5,09		5,09
2	:Gipskarton GKB 15mm Ig= 2,75m	2,0000 m2		3,02		6,05	6,05
1	:Teil Trennw. Klemmfliz TW-KF 50	1,0000 m2		2,31		2,31	2,31
0,15	:Verspachteln	0,1500 h		33,93	5,09		5,09
4	:Spachtelgips	4,0000 kg		0,60		2,39	2,39
	<b>GKB-Platten Teilsumme</b>	<b>0,3000 h</b>			<b>10,18</b>	<b>10,75</b>	<b>20,93</b>
<b>RQ 35.1 A</b>	<b>Einheitspreis je m2</b>	<b>2,0240 h</b>			<b>68,68</b>	<b>111,34</b>	<b>180,02</b>

Projekt: C:\BS4\DAT\Bauteilkatalog Änderung

Seite: 1

Allgemein

Dächer und Geschoßdecken gegen ein nicht ausgebautes Dachgeschoß, haben mindestens einen U-Wert von 0,15 W/m²K einzuhalten, dies entspricht einer Dämmstoffdicke von mindestens 30 Zentimetern [Huber et al., 1996, 24].

In den letzten Jahren sind vermehrt vorgefertigte Dachsysteme aufgekommen, da im Werk eine höhere Präzision erreicht wird.

### Steildächer

Das Unterscheidungsmerkmal geneigter Dächer liegt in der Lage der Dämmung, wobei zwischen sichtbarer und integrierter (unsichtbarer) Tragkonstruktion differenziert wird.

Integrierte Tragkonstruktionen haben die Wärmedämmung zwischen den Sparren. Dabei wird der Wärmedurchgangskoeffizient im Verhältnis zu den Flächenteilen ermittelt. Bessere U-Werte werden mit Holz-Doppel-T-Trägern erreicht. Wegen der hohen Stabilität können die Sparrenabstände vergrößert werden und durch dünnwandige Stege werden die Wärmebrücken erheblich verringert [Grobe, 2002, 35f]. Ausführungsbeispiele von Steildächern sind in Abb. 30 angeführt.

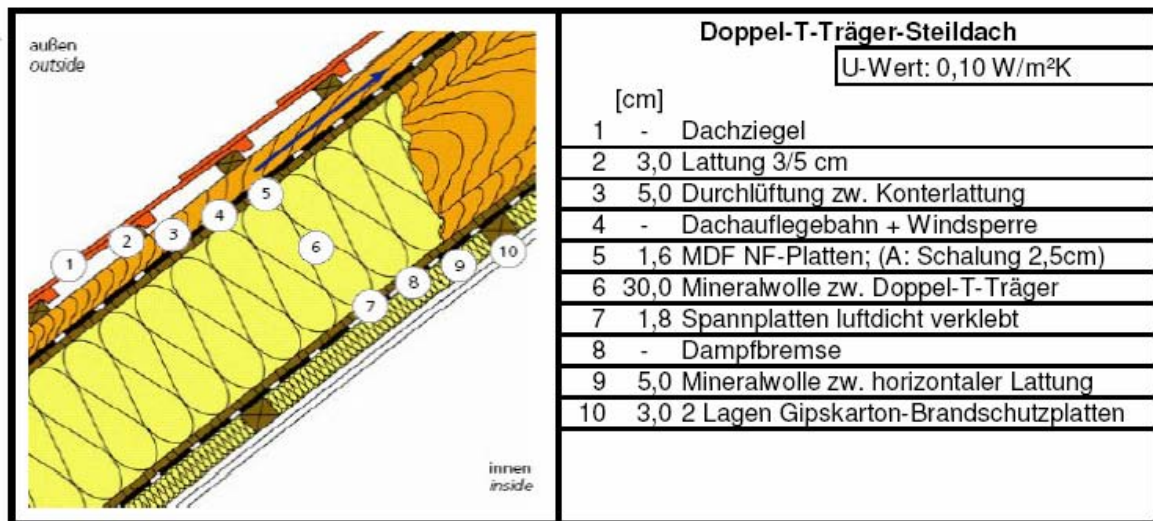


Abb. 30: Doppel-T-Träger-Steildach [Quelle: nach Waltjen, 2004; 156, 159, 165]

Tabelle 5: Steildächer [Quelle: nach Waltjen, 2004; 156, 159, 165]

B		<p align="center"><b>Holzsparren-Steildach</b></p> <p align="center">U-Wert: 0,11 W/m<sup>2</sup>K</p>																												
		<p>[cm]</p> <table border="1"> <tr><td>1</td><td>-</td><td>Dachziegel</td></tr> <tr><td>2</td><td>3,0</td><td>Lattung 3/5 cm</td></tr> <tr><td>3</td><td>5,0</td><td>Durchlüftung zw. Konterlattung</td></tr> <tr><td>4</td><td>2,0</td><td>Holzfaser-Unterdachplatten (bituminiert)</td></tr> <tr><td>5</td><td>10,0</td><td>Mineralfaserfilz zw. Horizontalen Latten, ggü. unteren Latten versetzt</td></tr> <tr><td>6</td><td>24,0</td><td>Mineralfaserfilz zw. Sparren, getrocknet oder KVH</td></tr> <tr><td>7</td><td>2,2</td><td>Spanplatte; (A: OSB-Platte)</td></tr> <tr><td>8</td><td>-</td><td>Dampfbrems</td></tr> <tr><td>9</td><td>5,0</td><td>Mineralfaserfilz zw. Horizontalen Latten, ggü. oberen Latten versetzt</td></tr> <tr><td>10</td><td>3,0</td><td>2 Lagen Gipskarton-Brandschutzplatten</td></tr> </table>	1	-	Dachziegel	2	3,0	Lattung 3/5 cm	3	5,0	Durchlüftung zw. Konterlattung	4	2,0	Holzfaser-Unterdachplatten (bituminiert)	5	10,0	Mineralfaserfilz zw. Horizontalen Latten, ggü. unteren Latten versetzt	6	24,0	Mineralfaserfilz zw. Sparren, getrocknet oder KVH	7	2,2	Spanplatte; (A: OSB-Platte)	8	-	Dampfbrems	9	5,0	Mineralfaserfilz zw. Horizontalen Latten, ggü. oberen Latten versetzt	10
1	-	Dachziegel																												
2	3,0	Lattung 3/5 cm																												
3	5,0	Durchlüftung zw. Konterlattung																												
4	2,0	Holzfaser-Unterdachplatten (bituminiert)																												
5	10,0	Mineralfaserfilz zw. Horizontalen Latten, ggü. unteren Latten versetzt																												
6	24,0	Mineralfaserfilz zw. Sparren, getrocknet oder KVH																												
7	2,2	Spanplatte; (A: OSB-Platte)																												
8	-	Dampfbrems																												
9	5,0	Mineralfaserfilz zw. Horizontalen Latten, ggü. oberen Latten versetzt																												
10	3,0	2 Lagen Gipskarton-Brandschutzplatten																												
C		<p align="center"><b>Holzsparren-Steildach mit Aufsparrendämmung</b></p> <p align="center">und erhöhter Speichermasse</p> <p align="center">U-Wert: 0,11 W/m<sup>2</sup>K</p>																												
		<p>[cm]</p> <table border="1"> <tr><td>1</td><td>-</td><td>Dachziegel</td></tr> <tr><td>2</td><td>3,0</td><td>Lattung 3/5 cm</td></tr> <tr><td>3</td><td>5,0</td><td>Durchlüftung zw. Konterlattung</td></tr> <tr><td>4</td><td>2,0</td><td>Holzfaser-Unterdachplatten (bituminiert)</td></tr> <tr><td>5</td><td>10,0</td><td>Mineralfaserfilz zw. Horizontalen Latten, ggü. unteren Latten versetzt</td></tr> <tr><td>6</td><td>24,0</td><td>Mineralfaserfilz zw. Sparren, getrocknet oder KVH</td></tr> <tr><td>7</td><td>2,2</td><td>Spanplatte; (A: OSB-Platte)</td></tr> <tr><td>8</td><td>-</td><td>Dampfbremse</td></tr> <tr><td>9</td><td>5,0</td><td>Mineralfaserfilz zw. Horizontalen Latten, ggü. oberen Latten versetzt</td></tr> <tr><td>10</td><td>3,0</td><td>2 Lagen Gipskarton-Brandschutzplatten</td></tr> </table>	1	-	Dachziegel	2	3,0	Lattung 3/5 cm	3	5,0	Durchlüftung zw. Konterlattung	4	2,0	Holzfaser-Unterdachplatten (bituminiert)	5	10,0	Mineralfaserfilz zw. Horizontalen Latten, ggü. unteren Latten versetzt	6	24,0	Mineralfaserfilz zw. Sparren, getrocknet oder KVH	7	2,2	Spanplatte; (A: OSB-Platte)	8	-	Dampfbremse	9	5,0	Mineralfaserfilz zw. Horizontalen Latten, ggü. oberen Latten versetzt	10
1	-	Dachziegel																												
2	3,0	Lattung 3/5 cm																												
3	5,0	Durchlüftung zw. Konterlattung																												
4	2,0	Holzfaser-Unterdachplatten (bituminiert)																												
5	10,0	Mineralfaserfilz zw. Horizontalen Latten, ggü. unteren Latten versetzt																												
6	24,0	Mineralfaserfilz zw. Sparren, getrocknet oder KVH																												
7	2,2	Spanplatte; (A: OSB-Platte)																												
8	-	Dampfbremse																												
9	5,0	Mineralfaserfilz zw. Horizontalen Latten, ggü. oberen Latten versetzt																												
10	3,0	2 Lagen Gipskarton-Brandschutzplatten																												

A = Alternative Empfehlung

### Flachdächer

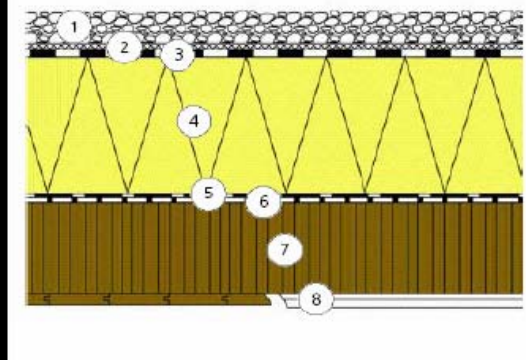
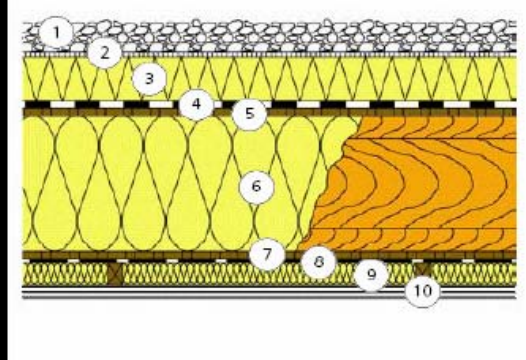
Bei Passivhäusern kommen auch Flachdachkonstruktionen zum Einsatz. Dieser Bauart fehlt lediglich die Masse zur Wärmespeicherung. Es sind sowohl Warmdach- als auch Umkehrdachkonstruktionen zu verwenden.

Es besteht bei Flachdächern eine höhere Anfälligkeit der Durchfeuchtung, da bei schadhafte Abdichtungen stehendes Wasser unter die Wärmedämmung ziehen kann, auf diese Weise wird der U-Wert um bis zu 20 Prozent verschlechtert. Umkehrdächer haben ihre Abdichtung unter der Dämmung, weshalb von dieser Konstruktion abzuraten ist.

Flachdächer werden manchmal aus ästhetischen Gründen begründet, zugleich wird die



Dachoberfläche abgekühlt, was wiederum Spannungen zwischen den Materialien reduziert und in Folge geringere Schäden (Spannungsrisse) auftreten [Grobe, 2002, 38f]. Ausführungsbeispiele von Flachdächern sind in Tabelle 6 angeführt.

A		<p align="center"><b>Massivholz-Warmdach</b></p> <p align="right">U-Wert: 0,11 W/m²K</p>
		<p>[cm]</p> <p>1 6,0 Kies 16/32</p> <p>2 1,0 Gummigranulatmatte, Stöße abgedeckt oder überlappt</p> <p>3 1,0 Polymerbitumen-Abdichtung</p> <p>4 30,0 Mineralwolleplatte (hart)</p> <p>5 - Bitumen-Alu-Bahn (A: PE-Dampfbremse)</p> <p>6 - Dampfdruck-Ausgleichsschicht</p> <p>7 20,0 Brettstapeldecke genagelt</p> <p>8 2,5 N+F Schalung oder 2 Lg. Gipskarton-Brandschutzplatten</p>
B		<p align="center"><b>Doppel-T-Träger-Warmdach</b></p> <p align="right">U-Wert: 0,08 W/m²K</p>
		<p>[cm]</p> <p>1 6,0 Kies 16/32</p> <p>2 - Filtervlies (Polypropylen)</p> <p>3 10,0 extrudiertes Polystyrol, CO2 geschäumt</p> <p>4 1,0 Polymerbitumen-Abdichtung 2 Lag.</p> <p>5 1,8 Spanplatte; (A: OSB-Platte)</p> <p>6 30,0 Mineralfaserplatte zwischen Doppel-T-Trägern</p> <p>7 1,8 Spanplatte; (A: OSB-Platte)</p> <p>8 - Alu-Dampfsperre, selbstklebend (A: PE-Dampfbremse ≥ 150 m)</p> <p>9 5,0 Mineralwolle zwischen Federschienens oder Latten + Federdämmbügel</p> <p>10 3,0 2 Lg. Gipskarton-Brandschutzplatten</p>

A = Alternative Empfehlung

Tabelle 6: Flachdächer [Quelle: nach Waltjen, 2004; 153, 168]

### Energiedächer

Mit dem Indachgestell-System von SolarWorld wird die konventionelle Dacheindeckung, Komplettdach oder Indach-Lösung, durch stromerzeugende PV-Module ersetzt. Es kann ab bei Dachneigungen von 15° bis 60° verwendet werden. Erleichtert wird die Montage mit vorgefertigten Eindeckrahmen, wie sie auch bei Dachflächenfenstern verwendet werden.

[SolarWorld, 2003]

Dachanschlüsse

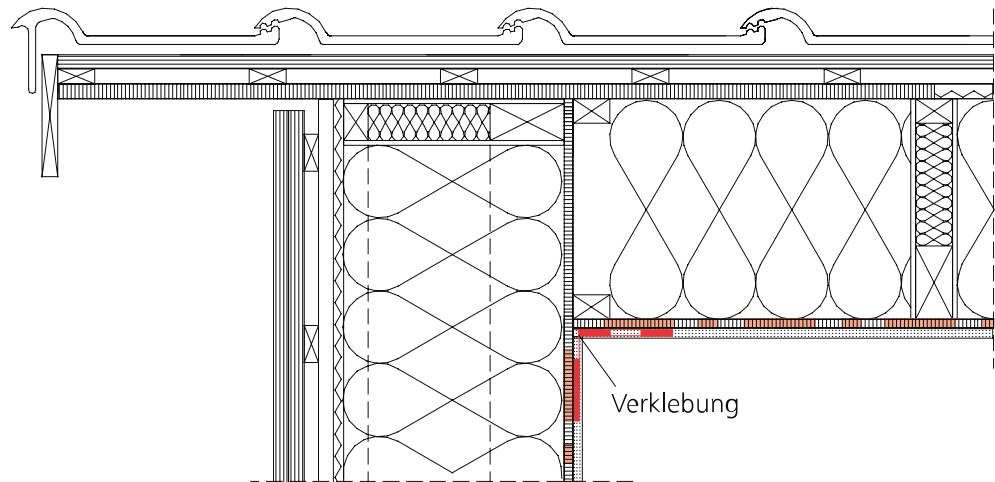


Abb. 31: Ortgang. Die Innenbeplankung aus Holzwerkstoff-Platten bildet die luftdichte Ebene. An den Stößen und Kanten werden die Platten mit Folienstreifen oder luftdichter Baupappe flächig verklebt [Quelle: Informationsdienst Holz Holzbau Handbuch Reihe 1, Teil 3]

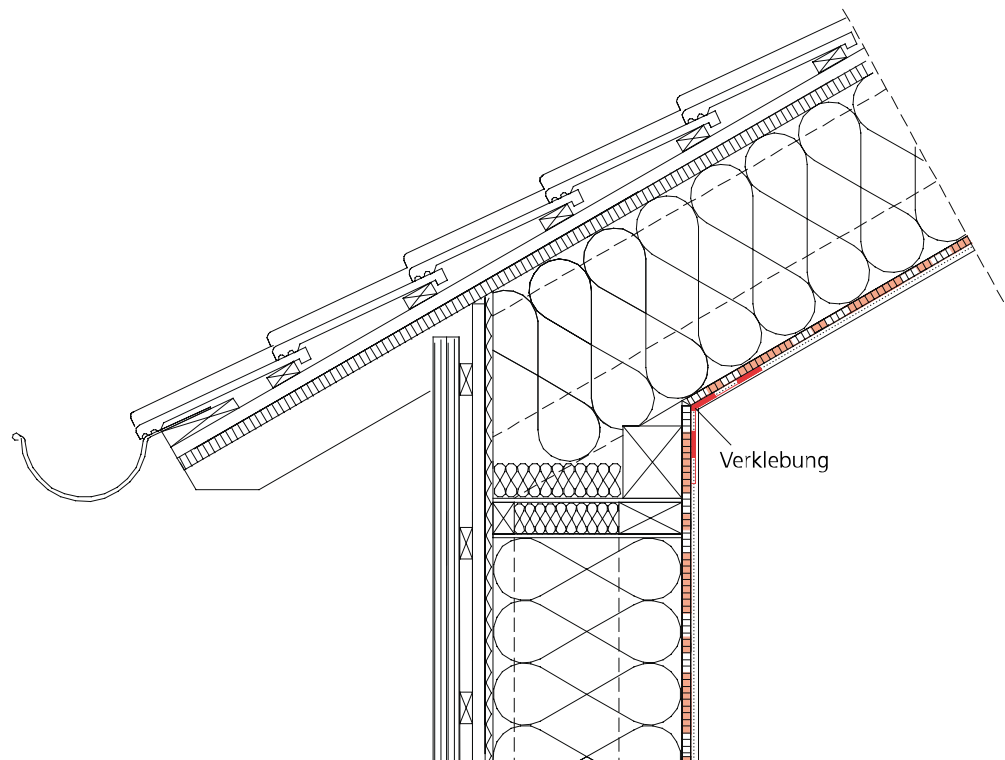


Abb. 32: Traufe. Luftdichte Ebene wie beim Ortgangdetail. Der tragende Untergurt ist gemäß den statischen Erfordernissen zu bemessen und zu detaillieren [Quelle: Informationsdienst Holz Holzbau Handbuch Reihe 1, Teil 3]

### Literatur

---

Ambrozy, H. G., Lange, K., 2007. *Qualitätssicherung von Passivhäusern in Holzbauweise. Kriterienkatalog zur Qualitätssicherung in der Ausführung von Passivhäusern in Holzbauweise*. Berichte aus Energie- und Umweltforschung 23/2007. Programmlinie Haus der Zukunft. Wien.

GDI, 2004. *Passivhaus – Details für Anwender*.  
[www.gdi.at/gdi\\_passivhaus\\_details.pdf](http://www.gdi.at/gdi_passivhaus_details.pdf). Abgerufen am 26.11.2007.

Grobe, C., 2002. *Passivhäuser planen und bauen. Grundlagen, Bauphysik, Konstruktionsdetails, Wirtschaftlichkeit*. Verlag Georg D. W. Callwey. München.

Huber, J., Müller, G., Oberländer, S., 1996. *Das Niedrigenergiehaus. Ein Handbuch. Mit Planungsregeln zum Passivhaus*. Kohlhammer. Stuttgart.

Kaufmann, B., Feist, W., John, M., Nagel, M., 2002. *Das Passivhaus – Energie-Effizientes-Bauen*. Holzbau Handbuch, Reihe 1, Teil 3, Folge 10. Bonn.

Schöberl, H., Bednar, T., Hutter, S., Jachen, C., Desevye, C., Steininger, C., Sammer, G., Kuzmich, F., Münch, M., Bauer, P., 2003. *Anwendung der Passivhaustechnologie im sozialen Wohnbau*. Bericht aus Energie- und Umweltforschung 5/2004. Programmlinie Haus der Zukunft. Wien.

SolarWorld, 2003. *SolarWorld® – Die perfekte Lösung*.  
[http://www.solarworld.de/fileadmin/content\\_for\\_all/pdf/energiedach/energy-roof-0307.pdf](http://www.solarworld.de/fileadmin/content_for_all/pdf/energiedach/energy-roof-0307.pdf). Abgerufen am 26.11.2007.

Waltjen, T., 2004. *Hochbaukonstruktionen und Baustoffe für hochwärmedämmte Gebäude. Technik, Bauphysik, Ökologische Bewertung, Kostenermittlung*. Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien. Bericht aus Energie- und Umweltforschung HdZ Projekt 805785. Wien.

### II.1.3 Passivhäuser in Holzbauweise

Im Passivhausbau werden herkömmliche Holzbauweisen mit modernen Mitteln umgesetzt und den erforderlichen Standards angepasst und meistens fabrikmäßig vorgefertigt und vor Ort per Kran eingehoben und montiert. Bei der Konstruktion von Passivhäusern wird aufgrund der positiven Eigenschaften von Holz, wie den guten Wärmedämmeigenschaften da es aufgrund seiner Porosität ein schlechter Wärmeleiter ist. Ein weiterer positiver Aspekt bei der Anwendung von Holz ist die langjährige Bindung von großen Mengen an CO<sub>2</sub>, was im Hinblick auf die ökologische Bilanz eines Gebäudes zu berücksichtigen ist.

Grundsätzlich gibt es im Holzbau die Baustellenfertigung, die rationalisierte handwerkliche Vorfertigung, die Teilvorfertigung und die komplette Vorfertigung, wobei letztere meistens Einsatz findet im Passivhausbau, da durch die fabrikmäßige Vorfertigung die Fehleranfälligkeit reduziert werden kann und die Fertigungstoleranzen auf 1/10 im Vergleich zur Baustellenfertigung gesenkt werden können. Dies ist gerade im Passivhausbau ein relevanter Vorteil. Diesen Fehlerquellen wird durch einen Kriterienkatalog der spezifisch für dieses Gewerk erstellt wurde. Darin wird ein Qualitätssicherungssystem für Passivhäuser in Holzbauweise und Holzmischbauweise erstellt der zur Erkennung möglicher Schwachstellen beziehungsweise Fehlerquellen dient, sowie ein Baustellentool zur Qualitätskontrolle während der Ausführungsphase auf der Baustelle. [<http://www.nachhaltigwirtschaften.at>, Abgerufen am 16.11.2007]

#### II.1.3.1 Rahmenbauweise

Bei der Rahmenbauweise unterscheidet man grundsätzlich zwischen der Rippenbauweise, der Tafelbauweise und der Raumzellenbauweise. Bei der Rippenbauweise geschieht die Fertigung der Wände vor Ort. Bei der Tafelbauweise wird unterschieden zwischen der Kleintafelbauweise, die wiederum zur Herstellung der Raumzellen genutzt wird und der Großtafelbauweise, einem Bauablauf bei dem die Elemente in der Fabrik vorgefertigt werden.

Bei dieser Konstruktionsart besteht die Tragstruktur aus Ständern (tragenden Rippen) und beidseitigen dünnen Beplankungen. Durch diese wird die Knicklänge reduziert und es kommt zur Scheibenwirkung, das heißt die waagrecht Lasten werden in der Wandebene abgetragen. Aufgrund dieser Art der Bauweise eignet sich der Rahmenbau gut zur Einbringung dicker Dämmstoffstärken, wobei jedoch die Schlankheit der Platten und Rippen die vertikale Belastbarkeit einschränkt. Diese Eigenschaft bewirkt dass deren Einsatz zur Ausbildung von Schottenwänden und aussteifenden Querwänden nur bedingt möglich ist. Die Rippen werden dabei durch Brettquerschnitte gebildet. Bei mehrgeschossigen Bauten sind zusätzlich die unteren Rippen verstärkt auszuführen, ein Problem stellen zusätzlich die Decken dar eingehängt zwischen den tragenden Wandscheiben durch Schwinden, Kriechen, Setzungen und die sehr geringe Querdruckfestigkeit. Diese werden normalerweise immer vorgefertigt mit Hilfe von Kränen vor Ort montiert. [Winter, W., Dreyer, J., Schöberl, H., 2001.]

Ein Vorteil dieser Bauweise ist die Möglichkeit große Dämmstärken zwischen die Struktur aus liegenden und stehenden Hölzern einzubringen, wobei die Wärmespeicherfähigkeit trotzdem erhalten bleibt.

Ein Beispiel für die Ausführung eines Passivhauses in dieser Bauweise ist das Projekt

„Passivhaus Feldstraße“ in Brunn am Gebirge, von Architektur plus, ein zweigeschossiger Bau mit Dachgeschoß, der maximal erlaubten Höhe für Holzbauten in Niederösterreich. Die Art der Konstruktion unterstützte die Planungsaufgabe der Architekten die maximale Nutzfläche auszunutzen, gleichzeitig jedoch individuelle Freiraumbereiche auszubilden.

### **II.1.3.2 Skelettbau**

Der Skelettbau fand früher Anwendung im Fachwerksbau, wobei die Wände vor Ort gefertigt wurden, im Bereich des Passivhausbaus werden die Skelettbauwände Ingenieursmäßig vorgefertigt und vor Ort in Form von Fertigteilelementen verbaut. Bei dieser Bauweise werden lineare Tragsysteme angewandt, die Lastabtragung erfolgt über Stützen, die mit Trägern verbunden sind und so ein Skelett beziehungsweise Fachwerk bilden. Die Stützen werden in großen Rasterabständen angeordnet, wodurch die Vertikalkräfte parallel zur Holzfaser abgeleitet werden können. Das Holz wird im Vollholzquerschnitt verbaut und meist Geschossweise montiert.

Der Vorteil dieser Bauweise ist die freie Nutzbarkeit der Zwischenräume des Konstruktionssystems, die durch verglaste Flächen oder nicht tragende Elemente ausgefüllt werden können. Diese sind statisch unbelastet, da die Lasten konzentriert abgeleitet werden und ermöglichen so eine sehr flexible und offene Grundrissgestaltung, wie heute oft im modernen Einfamilienhausbau üblich, bei Innenwänden ist auch eine Anordnung außerhalb des Stützenrasters möglich. Besonders für große Verglasungen, wie im Passivhaus südseitig oft angewendet, eignet sich diese Bauweise sehr gut.

Ein Schwachpunkt dieser Konstruktionsart die beim Passivhausbau zu beachten ist, ist dass die Stützen nicht zu Wärmebrücken in der Außenwand werden, dies ist der Fall wenn die Dämmung dazwischen eingebracht wird. In Hinblick auf diesen Punkt ist es sinnvoll das Stützenraster an die Innenseite der Außenwand zu rücken um einer Schwächung des Systems vorzubeugen.

Bei der im Mehrgeschossigen Bau angewandten Schottenbauweise, werden diese abgeschlossenen Schottenwände in kurzen Abständen für die Lastabtragung genutzt und vermindern so die Vorteile der Flexibilität des Skelettbaus. So wird oft zu einer Kombination von geschlossenen, nicht tragenden Rahmenbauelementen zwischen tragenden Stützen gegriffen.

### **II.1.3.3 Massivholzbau**

Beim Massivholzbau wird grundsätzlich unterschieden zwischen stabförmiger oder plattenförmiger Ausführung. Die stabförmige Bauweise dient der Blockbauweise die vor Ort ausgeführt wird und im Passivhausbau keine Anwendung findet. Bei den Plattenförmigen differenziert man zwischen Brettstapelbauweise, Brettsperrholzbauweise sowie verschiedenen neuen Systemen, die alle in Vorfertigung produziert werden. Bei dieser Bauweise unterscheidet man zwei Ebenen, ein in der die Dämmung untergebracht ist, die Andere die die Tragefunktion innehat. Der Vorteil dieser Trennung liegt in der Konstruktionsweise, da Wärmebrücken ausgeschlossen beziehungsweise auf ein Minimum reduziert werden können. Durch das Zwei-Ebenen System ergeben sich jedoch größere Stärken der Bauteile, dies vergrößert die Bruttoflächen der so errichteten Bauwerke. Vorteile dieser Massivbauweise gegenüber dem mineralischen Massivbau sind die gute Speicherfähigkeit von Luftfeuchtigkeit, was zu einem ra-

schen Ausgleich der Raumfeuchte führt. Diese Konstruktion in Sichtqualität stellt diese gleichfalls als Speichermasse für den Innenraum zur Verfügung, diese Eigenschaft ist ebenfalls bei mineralischer Massivbauweise zu finden.

Die Produktion dieser einlagigen, meist jedoch mehrlagigen Systeme erfolgt durch Vernageln, Verdübeln oder Verleimen der Einzelbauteile, wie Bretter, Pfosten und Kanthölzer, wodurch die massiven Holzwände ausgebildet werden. Einschränkungen in der maximalen Vorfertigungsgröße liegen bei der Verwendung von mehrschichtig verleimten Massivholzplatten bei 15x3 Metern. [Winter, W., Dreyer, J., Schöberl, H., 2001] Durch diese großformatigen Elemente ist auch die Ausführung in Großtafelbauweise.

Ein wesentlicher Vorteil des Massivholzbaus ist die geringe Anzahl an Hohlräumen, wodurch der Feuchtehaushalt sehr ausgeglichen ist und das Wärmespeichervermögen verbessert wird. Ebenso wird die „innere“ Brandweiterleitung verhindert. Die Querschnitte in dieser Bauweise werden als Additionsquerschnitte bezeichnet, wobei durch Verleimung beziehungsweise mechanische Verbindung die Konstruktionshöhen hergestellt werden. Beispiele dafür sind z.B. Brettschichtholz, Massivplatten, Brettstapel.

Ein ökonomischer Nachteil ist der große Verbrauch an Konstruktionsholz, ökologisch jedoch interessant da dadurch mehr Volumen zur CO2 Speicherung vorhanden ist.

WANDSYSTEME				Montageprinzip		DECKENSYSTEME	
	MATERIAL	VERLEIMTE MASSIVBAUWEISE	MULTI-WAND	VERLEIMTE MASSIVBAUWEISE	VERLEIMTE MASSIVBAUWEISE	MULTI-DECKE	VERLEIMTE MASSIVBAUWEISE
RAHMENBAU + RIPPE + PLATTE	Platte	Verleimte Platte	Verleimte Platte	Verleimte Platte			Verleimte Platte
		Verleimte Platte	Verleimte Platte	Verleimte Platte			Verleimte Platte
		Verleimte Platte	Verleimte Platte	Verleimte Platte			Verleimte Platte
		Verleimte Platte	Verleimte Platte	Verleimte Platte			Verleimte Platte
SKELETT	Skelett	Skelett	Skelett	Skelett	Skelett	Skelett	Skelett
		Skelett	Skelett	Skelett	Skelett	Skelett	Skelett
		Skelett	Skelett	Skelett	Skelett	Skelett	Skelett
		Skelett	Skelett	Skelett	Skelett	Skelett	Skelett
HOLZMASSIVBAU	Holzmassivbau	Verleimte Platte	Verleimte Platte	Verleimte Platte		Verleimte Platte	Verleimte Platte
		Verleimte Platte	Verleimte Platte	Verleimte Platte		Verleimte Platte	Verleimte Platte
		Verleimte Platte	Verleimte Platte	Verleimte Platte		Verleimte Platte	Verleimte Platte
		Verleimte Platte	Verleimte Platte	Verleimte Platte		Verleimte Platte	Verleimte Platte

Abb. 33: Konstruktionsweisen im mehrgeschossigen Holzbau [Winter, W., Dreyer, J., Schöberl, H., 2001. *Holzbauweisen für den verdichteten Wohnbau. Grundlagenstudie. Endbericht.* Ein Projektbericht im Rahmen der Programmlinie Haus der Zukunft. Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften. BMVIT. Wien. S. 17]

### II.1.3.4 Holzmischbau

Diese Bezeichnung beschreibt die Kombination von Elementen der drei oben genannten Bauweisen, wie zum Beispiel Tafelbauweise, ingenieurmässigem Skelettbau und Brettspertholzbauweise. Die Kombination von Massivholzdecken die in Skelettbauraster eingehängt beziehungsweise aufgelegt werden stellt ein oft praktiziertes Beispiel dieser Bauweise dar.

Ein ausgeführtes Projekt dieser Bauweise ist das Passivhaus „Ölzbundt“ in Dornbirn, bei dem Skelettbauweise und Tafelbauweise kombiniert wurden. Bei dieser von Hermann Kaufmann geplanten Wohnanlage wurden im dreigeschossigen Bau, Platten und Stützen zu einem Tischsystem kombiniert. Dabei bestehen die Innenstützen aus Brettschichtholz, die Außenstützen aus Vollholz, worauf die Decken- und Dachelemente punktuell gelagert sind. Vertikal angeordnete Aussteifungselemente in Form von Holzmehrschichtplatten stabilisieren das Traggerüst, die Außenwandelemente, die vorgehängt sind, und die Innenwände sind nicht tragend. Der Bau wurde in einer Modulstruktur mit 2,40 Metern ausgeführt, um den Innenräumen möglichst große Flexibilität zu geben wurden die Stützen in die Wandelemente integriert, da diese hoch gedämmt ausgeführt wurden stellt diese Maßnahme nur eine geringe Schwächung dar. Die Deckenelemente wurden so ausgeführt dass sie die Funktionsweise eines Doppel T-Trägers haben, die Balkone und Laubengänge sind von der Konstruktion getrennt in Stahl ausgeführt und es bestehen nur punktuelle Verbindungen zum Gebäude.

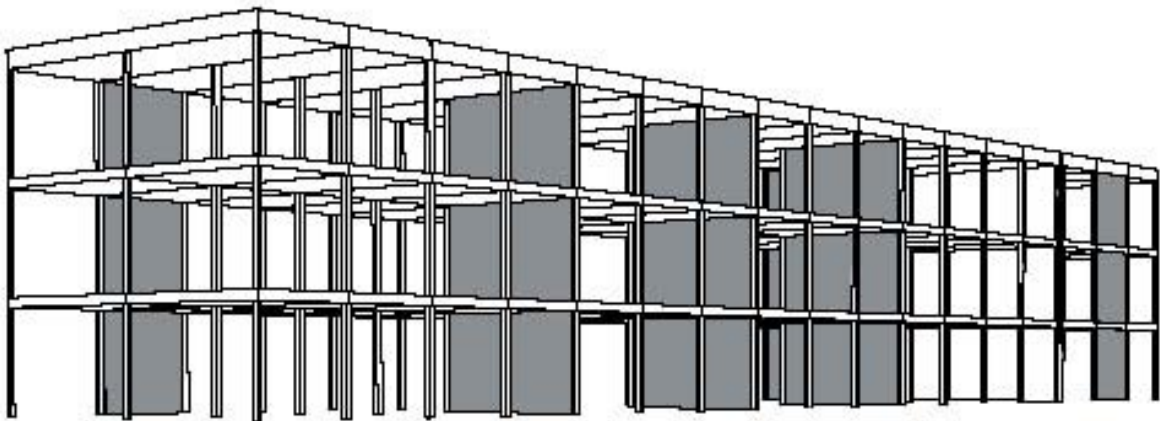


Abb. 34: Konstruktionsprinzip Passivhaus Ölzbundt  
[J. Ignacio Martinez, <http://www.hermann-kaufmann.com> Abgerufen am 20.11.2007]

### II.1.3.5 Mischbau

Als Mischbau bezeichnet man die Kombination von Holzbauweisen mit anderen Bauweisen, wie zum Beispiel der Ausführung in mineralischer Bauweise, es werden hierbei Elemente unterschiedlicher Materialien im Rohbau kombiniert und bilden zusammen die Gebäudehülle. Probleme können hierbei auftreten wenn Bauteilanschlüsse nicht exakt ausgeführt werden beziehungsweise auf die unterschiedlichen Materialeigenschaften nicht Rücksicht genommen wird. Im Passivhausbau findet man die Mischbauweise oft in der Kombination von Kellern in mineralischem Massivbau und dem eigentlichen Wohnbau ausgeführt in Holz.

Ein Beispiel für einen Mischbau in Passivbauweise ist das Projekt Passivhaus „Wol-

furt“, dessen zwei, dreigeschossigen Baukörper über eine Tragstruktur aus massiven Stahlbetondecke auf Stahlstützen, die mit Beton ausgefüllt wurden, bestehen, sowie aussteifenden Betonscheiben. Die Außenwandelemente bestehen aus Holz und wurden mit einer innenseitigen Gipskartonvorsatzschale vorgefertigt montiert.

Ein weiteres Passivhaus in Mischbauweise ist das „Schiestlhaus“ am Hochschwab, geplant von den GP-ARGE pos Architekten und Treberspurg & Partner Architekten, dessen Kellergeschoß aus Stahlbeton gefertigt wurde. Das Erdgeschoss hat als Grundstruktur eine Stahlrahmenkonstruktion, dieses und das Obergeschoß sind als Holzriegelkonstruktion ausgeführt.



Abb. 35: Schiestlhaus: Montage der Dachelemente [Treberspurg & Partner Architekten, <http://www.treberspurg.at>, Abgerufen am 20.11.2007]

### II.1.3.6 Bauteilanalyse

Grundsätzlich gilt für die Gesamte Außenhülle bzw. für die opaken Bauteile der Außenhülle eines Passivhauses ein U Wert  $< 0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Es sollen außerdem Wärmebrücken vermieden werden, die Dämmschicht soll nicht durchbrochen werden und die Luftdichtheit des Gebäudes muss gegeben sein.

### II.1.3.7 Wandaufbau

Außenwand:

Beim Passivhaus muss ein U-Wert der Außenwand von  $< 0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$  erreicht werden, es soll aber versucht werden einen Wert um  $0.1 \text{ W/m}^2\text{K}$  zu erreichen. Dabei kommt es bei der Außenwand vor allem auf die Dämmstoffe bzw. Dämmstoffdicke an. Diese beträgt meist 25 – 40 cm. Gleichzeitig sollte aber auch auf die Wärmespeicherkapazität der Außenwand berücksichtigt werden. Die Wand soll unter Tags möglichst viel Energie aufnehmen können, um sie dann in der Nacht wieder abzugeben, was wiederum den Nachheizbedarf verringert. Am Besten geeignet für diese Voraus-



setzungen ist daher die Massivholzbauweise. Im Gegensatz zur Skelettbauweise kommt man bei der Massivbauweise allerdings auf sehr große Wandstärken.

Interessant für den Wandaufbau in Passivbauweise ist neben dem U-Wert auch der Ökoindex (OI3Kon). Er wird für Baukonstruktionen aus den drei Ökokennzahlen PEI ne (Bedarf an nicht erneuerbaren Energieträgern), GWP (Treibhauspotential) und AP (Versauerungspotential) berechnet. Der Wertebereich beträgt für übliche Konstruktionen ca. -30 bis 120 Punkte. Je höher der OI3Kon, umso ökologisch aufwendiger ist die Baukonstruktion. [<http://www.dataholz.com>, Abgerufen am 22.11.2007]

A Außenwand		Lambda	Rt-Wert
1	Hinterlüftete Fassade aus Vollholzprofilen		
2	1,6 Holzwerkstoff-Platte, diffusionsoffen	0,290	0,055
3	Box-Träger: außen 6 x 4 cm, innen 6 x 12 cm, Achsabstand 62,5 cm		
4	36,0 Wärmedämmung MW-WL oder MW-W zwischen Träger	94,00 %	0,040
5	1,5 Holzwerkstoff-Platte als luftdichte Ebene	0,290	0,052
6	5,0 HW-Leichtbauplatte als gedämmte Installationsebene	0,080	0,625
7	1,5 Innenputz	0,870	0,017
Summe Wärmedurchlasswiderstände			9,140
Wärmeübergangswiderstände			0,170
Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert)			0,107
Summe Wärmedurchlasswiderstände ohne Installationsebene			8,584
Wärmeübergangswiderstände			0,170
Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert)			0,114

Abb. 36: Beispiel Außenwandaufbau Passivbauweise

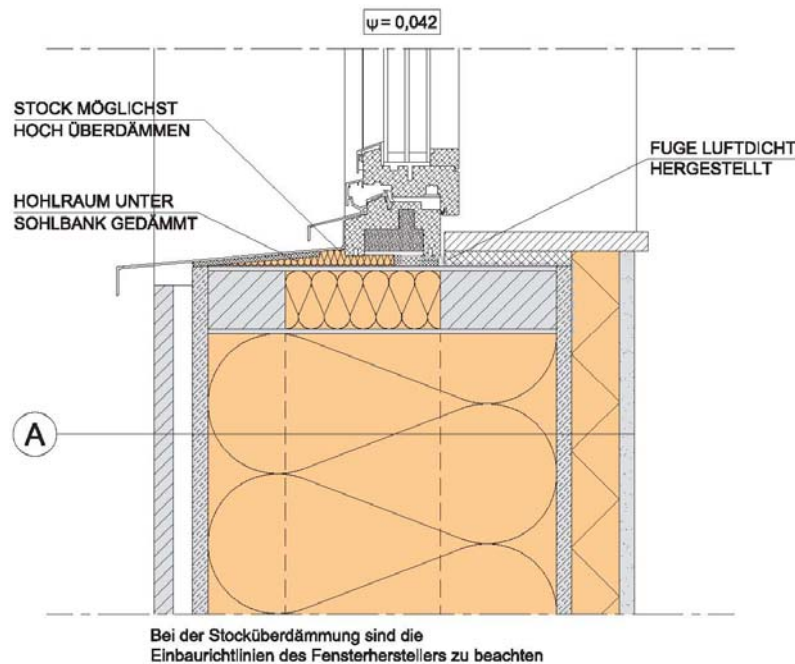


Abb. 37: Außenwandaufbau mit Fensteranschluss (Skelettbauweise) [[http://www.gdi.at/gdi\\_passivhaus\\_details.pdf](http://www.gdi.at/gdi_passivhaus_details.pdf), Abgerufen am 25.11.2007]  
Innenwand

Skelettbauweise

#### Doppelschalige Biegeweiche Wandaufbauten

Der Aufbau wird mit Luft-Zwischenschicht gespiegelt. Erst durch mehrfache Beplanung mit Gipskartonplatten kann ein gutes Schalldämmmaß erreicht werden.

Bei Einschaligen Trennwänden wird der Schallschutz problematisch, was besonders Auswirkungen im Wohnbau hat.

#### Massivwandkonstruktion

Das Schalldämmmaß ist abhängig von der Stärke der Konstruktion.

### **II.1.3.8 Deckenaufbau**

Bei Geschoßdecken besteht die Hauptschwierigkeit im Anschluss an die Außenwand. Luftdichtheit spielt hier eine große Rolle. Aber auch die Trittschalldämmung ist vor allem beim mehrgeschossigen Wohnbau sehr wichtig. Bei Holzbauweisen sind daher oft Beschüttungen oder ähnliches notwendig, um die gewünschten Werte zu erzielen. Außerdem ist eine Installationsebene auch im Fußbodenaufbau von Vorteil.

Für Deckenaufbauten sind U- Werte von 0.10 bis 0.12 W/m<sup>2</sup>K sinnvoll.

#### Holzbalkendecke

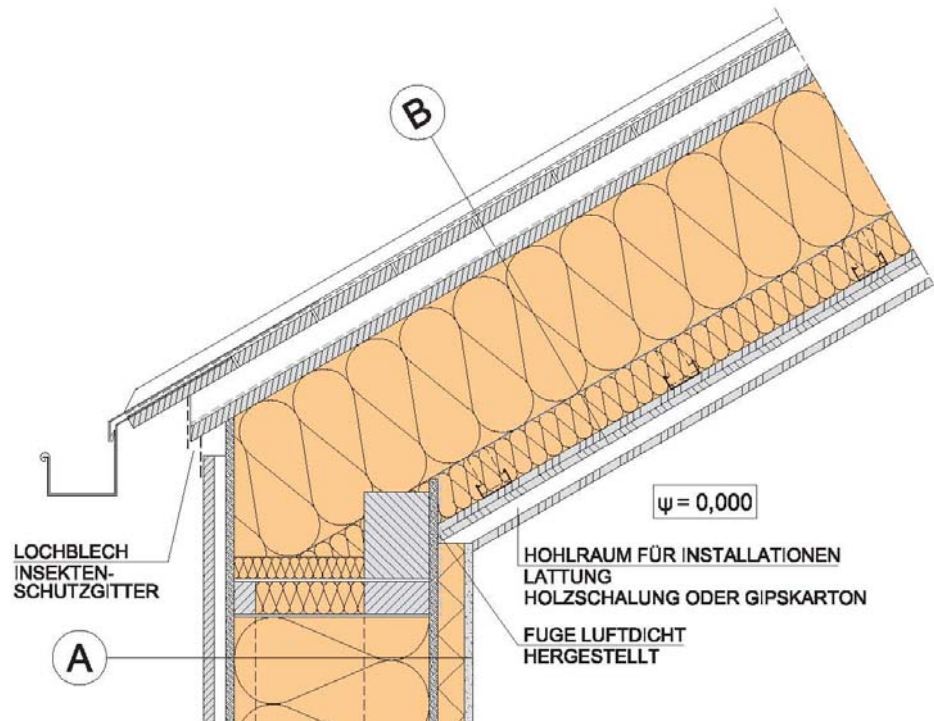
Bei der Holzbalkendecke gibt es mehrere Ausführungsvarianten: mit sichtbarem Balken, mit teilweise sichtbarem Balken und Zwischenboden. mit Zwischenboden und unterseitiger Verkleidung, und mit unterseitiger Verkleidung und Hohlraumdämpfung. Meist wird die Unterseite verkleidet und der Hohlraum gefüllt, da dieser sonst wie ein Resonanzkörper wirkt.

Zusätzliche Beschüttung ist notwendig!

#### Massivholzdecke

Massivholzdecken können verleimt, genagelt oder verdübelt sein. Auch bei der Massivholzdecke kann der erforderliche Trittschallpegel erst durch Beschüttung oder schwimmenden Estrich erreicht werden.

II.1.3.9 Dachaufbau



<b>B Dach</b>		Lambda	Rt-Wert
1	Blecheindeckung		
2	Vordeckung (geschlitz vor Blecheindeckung)		
3	2,4 Dachschalung		
4	5,0 Hinterlüftung, Konterlattung		
5	regensichere, diffusionsoffene Dachauflegebahn		
6	2,4 Schalung		
7	28,0 Sparrenlage, Sparren ca. 28 x 8 cm, e = 80 cm	10,00 %	0,130
8	28,0 Wärmedämmung MW-W zwischen Sparren *)	90,00 %	6,462
9	Dampfbremse		
10	ALU-Unterkonstruktion		
11	8,0 Wärmedämmung MW-W, querverlegt	0,039	2,051
12	1,5 Gipskartonplatte (GKF)	0,210	0,071
13	1,5 Gipskartonplatte (GKF)	0,210	0,071
Summe Wärmedurchlasswiderstände			8,870
Wärmeübergangswiderstände			0,170
Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert)			<b>0,111</b>

Abb. 38: Passivhaus-Dachaufbau  
 [http://www.gdi.at/gdi\_passivhaus\_details.pdf, Abgerufen am 25.11.2007]

Beim Dachaufbau wird versucht einen U-Wert von  $<0.13 \text{ W/m}^2\text{K}$ , beim Einfamilienhaus  $<0.11 \text{ W/m}^2\text{K}$  zu erreichen.

II.1.3.10 Fenster

Der U-Wert eines Fensters beim Passivhaus soll  $< 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$  betragen. Im Normalfall besteht das Fenster aus einer 3-Scheiben Wärmeschutzverglasung (gefüllt mit Edelgas) und wärmegeämmte Rahmenprofilen.

Der Einbau der Fenster erfolgt in der Dämmebene – nicht in der konstruktiven Ebene. So wird ein U-Wert von  $0,78 \text{ W/m}^2\text{K}$  anstatt  $1,19 \text{ W/m}^2\text{K}$  erreicht. Der Wärmebrückenverlust-koeffizient  $\Psi$  beträgt so nur  $0,005 \text{ W/mK}$  statt  $0,15 \text{ W/mK}$ . Dies funktioniert natürlich nur bei Wandaufbauten, bei denen die Dämm- und die Tragfunktion nicht in einer Ebene liegen. Die Vermeidung von Wärmebrücken ist gerade beim Fensteranschluss ein wichtiger Punkt, der eine genau durchdachte Detaillösung verlangt. Es gibt aber auch Lösungen für Konstruktionen, bei denen die Dämm- und die Tragfunktion in einer Ebene liegen, die sehr niedrige  $\Psi$ -Werte aufweisen. (s.o. Abb. Fensteranschluss  $\Psi < 0,05 \text{ W/mK}$ )

Auch der Sonnenschutz sollte nicht vergessen werden und schon in der Planungsphase berücksichtigt werden, da besonders im Passivhausbau durch die oft großzügig angewandten Verglasungen ohne passende Verschattungssystem Überhitzungsprobleme im Sommer auftreten.

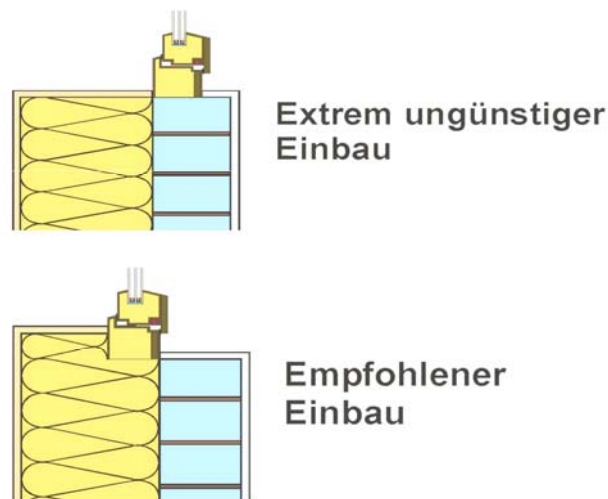


Abb. 39: Günstiger Einbau von Fenstern

[[http://www.hausderzukunft.at/hdz\\_pdf/070511\\_3.2\\_waermeschutzfenster.pdf](http://www.hausderzukunft.at/hdz_pdf/070511_3.2_waermeschutzfenster.pdf), Abgerufen am 25.11.2007]

### II.1.3.11 Baustoffe

Holzwerkstoffe:

- Konstruktionsvollholz (stabförmig) – Das wichtigste heimische Bauholz ist Fichtenholz
- Brettschichtholz – verleimte Bretter ( $d = \text{max. } 30\text{mm}$ ) v.a. bei größeren Spannweiten
- Spanplatten – Holzspäne mit Bindemittel (Kunstharz) unter Druck und Wärme verleimt
- Spanplatten, zementgebunden – können auch andere pflanzliche Fasern (Hanf) enthalten
- OSB – Oriented Strand Board - lange Späne, mit quer liegender Mittelschicht – ver-

leimt

-Holzfaserplatten – Holzfaser, teilw. aus Holzabfällen, gepresst und entwässert, gebunden

HDF – poröse holzfaserplatte oder weichfaserplatte

MDF – mittelharte holzfaserplatte

HFH – harte Holzfaserplatte

-Sperrholz – mind. 3lagig, ungerade Schichtzahl, kann auch aus versch. Hölzern bestehen

-Furnierschichtholz – verleimte Schäl furnierschichten

Ökologische Dämmstoffe:

-Steinwolle –  $\lambda = 0.038 \text{ W/(mK)}$

-Perlit -  $\lambda = 0,050-0,070 \text{ W/(mK)}$  Bläherlit, Volumen um das 20fache vergrößert

-Schaumglas –  $\lambda = 0.04 - 0.055 \text{ W/(mK)}$ , Aufgeschäumt durch Kohlenstoffpulver

-Glaswolle –  $\lambda = 0.04 \text{ W/(mK)}$

-Recycling EPS -

-Cellulose Dämmplatten –  $\lambda = 0.04 \text{ W/(mK)}$  Cellulose aus Altpapier und Jute

-Celluloseflocken Einblasdämmstoff –  $\lambda = 0.04 \text{ W/(mK)}$  aus alten Tageszeitungen, zum Ein- und Ausblasen von Hohlräumen in Dächer, Wänden und Decken

-Hanfdämmplatte –  $\lambda = 0.042 \text{ W/(mK)}$ , Flachs und Hanfgarn

-Baumwoll-Dämmmatte –  $\lambda = 0.04 \text{ W/(mK)}$  aus reiner Baumwolle und Borsalz

-Holzfaser-Dämmplatte –  $\lambda = 0.04 \text{ W/(mK)}$ , Hackschnitzel aus Fichten- und Tannenholz, Was

-Schafwolle-Dämmmatten –  $\lambda = 0.04 \text{ W/(mK)}$ , Schafschurwolle

-Kork-Dämmplatten –  $\lambda = 0.045 \text{ W/(mK)}$ , Kork, Suberin (korkeigenes Harz)

-Kokosrollfilz-Dämmstoff –  $\lambda = 0.045 - 0.05 \text{ W/(mK)}$ , Kokosbastfasern, Borsalz

[<http://www.nabu.de/downloads/studien/leitfadendaemm.pdfs>, Abgerufen am 25.11.2007]

### Literatur

---

Ambrozy, H., Giertlova, Z., 2005. *Planungshandbuch Holzwerkstoffe. Technologie - Konstruktion - Anwendung*. Springer Verlag. Wien

Ambrozy, H., Lange, K., 2007. *Qualitätssicherung von Passivhäusern in Holzbauweise. Kriterienkatalog zur Qualitätssicherung in der Ausführung von Passivhäusern in Holzbauweise*. Berichte aus Energie- und Umweltforschung 23/2007. Projektbericht im Rahmen der Programmlinie Haus der Zukunft. BMVIT. Wien

BAI, KLH Massivholz Gmbh, Dietrich – Untertrifaller Architekten, November 2006. *Haus am Mühlweg. Mehrgeschossiger geförderter Wohnbau für 70 Wohneinheiten Holzmassivbauweise, Passivstandard, 1210 Wien*. Broschüre Projektentwicklung. BAI. Wien

Holzforschung Austria, *Mehrgeschossiger Holzbau in Wien. Projekt „Mühlweg“*. Erfahrungsbericht – Baustellenbesichtigung. Pro Holz, Holzforschung Austria. Wien  
Hegger, M., Fuchs, M., Stark, Th., Zeumer, M., 2008. *EnergieAtlas Nachhaltige Architektur*. Edition Detail. Birkhäuser – Verlag für Architektur. München

Krapmeier, H., Müller, E., 2001. *Wohnanlage Wolfurt. Cepheus Projektinformation Nr. 25*. Energieinstitut Vorarlberg (Hrsg.). Dornbirn

Lechner, R., Fechner, J., Lipp, B., 2005. *Qualitätsprofil „Nachhaltiges Bauen“*. Themenfolder oekoinform. Programmlinie Haus der Zukunft. Wien

Pfeifer, Liebers, Reiners, 1998. *Der Neue Holzbau. Aktuelle Architektur. Alle Holzbausysteme. Neue Technologien*. Verlag Georg D. W Callwey Gmbh&Co. München

Schickhofer, G., 2002. *Alte und neue Holzhäuser. Eigenschaften, Bausysteme, Beispiele*. Leopold Stocker Verlag. Graz

Schmitt, H., Heene, A., 2001. *Hochbau Konstruktion. Die Bauteile und das Baugefüge. Grundlagen des heutigen Bauens*. Friedrich Vieweg&Sohn Verlagsgmbh. Braunschweig/ Wiesbaden

Winter, W., Dreyer, J., Schöberl, H., 2001. *Holzbauweisen für den verdichteten Wohnbau. Grundlagenstudie. Endbericht*. Ein Projektbericht im Rahmen der Programmlinie Haus der Zukunft. Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften. BMVIT. Wien

Winter, W., Hollinsky, K., Wolfsgruber, J., Prieler, I., Blail, S., 2005. *Mehrgeschossiger Holzbau*. Skriptum zur Vorlesung Holzbau. Institut für Tragwerkslehre und Ingenieurholzbau. TU - Wien. Wien

Winter, W., Hollinsky, K., Wolfsgruber, J., Prieler, I., Blail, S., 2005. *Tragsysteme im Überblick*. Skriptum zur Vorlesung Holzbau. Institut für Tragwerkslehre und Ingenieurholzbau. TU - Wien. Wien

Ambrozy, H., 2007. *heinz geza ambrozy architect*. <http://www.ambrozy.at>. Abgerufen am 15.11.2007

Architektur plus projektmanagement zt-gmbh, 2007. *a-plus.at*. <http://www.a-plus.at>. Abgerufen am 20.11.2007

BMVIT, FFG, 2007. *NACHHALTIGwirtschaften* <http://www.nachhaltigwirtschaften.at>. Abgerufen am 16.11.2007

GDI, Gemeinschaft Dämmstoff Industrie, 2007 <http://www.gdi.at> Abgerufen 25.11.2007

Gruber, H., Schmelz, W., Santler, H., 2007. *Plattform baubiologie.at* <http://www.baubiologie.at>. Abgerufen am 20.11.2007

Haus der Zukunft, 2007, <http://www.hausderzukunft.at> Abgerufen am 23.11.2007

IG Passivhaus Österreich, 2007. *IG Passivhaus Österreich. Netzwerk für Information, Qualität und Weiterbildung*. <http://www.igpassivhaus.at> Abgerufen am 15.11.2007

NABU, Naturschutzbund Deutschland e.V., 2007. [www.nabu.de](http://www.nabu.de) Abgerufen am 25.11.2007

Österreichische Gesellschaft für Holzforschung/ Holzforschung Austria, 2007. *data-holz.com. Katalog bauphysikalisch und ökologisch geprüfter Holzbauteile*. <http://www.dataholz.com> Abgerufen am 16.11.2007

proHolz, Arbeitsgemeinschaft der österreichischen Holzwirtschaft, 2007. *pro:Holz*. <http://www.proholz.at>. Erstellt 2002. Abgerufen am 15.11.2007

## II.1.4 Passivhäuser in Holzbauweise – Beispiele

### II.1.4.1 WOHNHAUS IN HITTISAU

Ein Zimmermann als Bauherr - da liegt die Entscheidung nahe, Holz als Baumaterial zu verwenden. Wie konsequent dies verwirklicht werden kann, zeigt das neue Wohnhaus der Familie am Dorfplatz der kleinen Vorarlberger Gemeinde. Der reine Holzbau ist als Zweifamilienhaus konzipiert, dessen südlicher Teil den zweigeschossigen Wohnbereich der Familie beherbergt. Der durch das Treppenhaus abgetrennte nördliche Part kann als eigenständige Wohnung genutzt werden. Auf einfachste Art können Verbindungen zwischen den Bereichen hergestellt werden - ein Konzept für Mehrgenerationenwohnen unter einem Dach. Im Erdgeschoss befinden sich Nebenräume und ein kleines Ladenlokal, das Richtung Dorfplatz orientiert ist.



Abb. 40: Wohnhaus in Hittisau

Der ausschließliche Einsatz von Massivholz und einfache Details prägen das in Ständerbauweise ausgeführte Gebäude. Weder Plattenmaterialien noch Dampfsperren kamen zum Einsatz, da gutes, trockenes Holz keines zusätzlichen Schutzes bedarf. Alle sichtbaren Oberflächen wie Wände, Böden, Decken und Einbaumöbel bestehen anknüpfend an regionale Bautradition aus heimischer, unbehandelter Weißtanne. Die kleine Auskragung jedes Geschosses und die vorstehenden, durchlaufenden Fenstergesimse, in denen die Schiebeläden laufen, bieten der Fassade konstruktiven Wetterschutz.

Architekten-

Cukrowicz Nachbaur Architekten,  
Bregenz

Tw-planung: Nennung, Armin  
Bischof, Hittisau



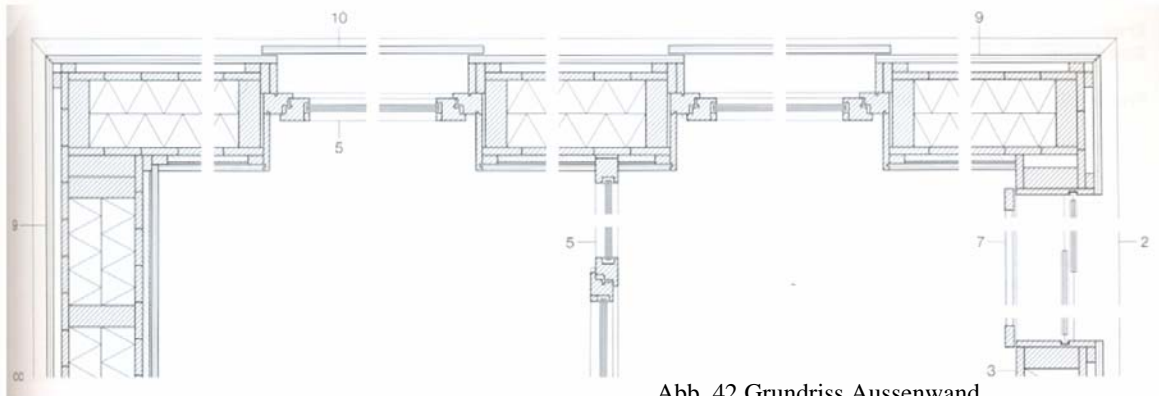


Abb. 42 Grundriss Aussenwand



Abb. 41 Ansicht Aussenwand

- 1 Schalung 25 mm
- Holzbalken 220/70 mm/Wärmedämmung
- Zellulose 220 mm Schalung 20 mm Lattung 30 mm
- Holzverkleidung Weißtanne 20 mm
- 2 Schiebeelement Aluminiumprofil mit Einfachverglasung
- 3 Rautenschalung Weißtanne 25 mm Lattung 30/50 mm/Hinterlüftung Rauspundschalung 25 mm Holzständer 70/180 mm/Wärmedämmung Zellulose 2x 90 mm Holzverkleidung Weißtanne 25 mm
- 4 Holzdielen Weißtanne sägerau 27 mm Lattung 30/50 mm, Dichtungsbahn Wärmedämmung 70 mm Massivholzdecke 140 mm Lattung 60 mm, Holzweichfaserplatte 30 mm Holzverkleidung Weißtanne 20 mm
- 5 Holzrahmen Weißtanne mit Isolierverglasung
- Fenster (Tür):
- Flogt 4 (5) + SZR 16 + Float4 (5) mm
- 6 Holzdielen sägerau 27 mm Splittschüttung 60 mm mit Fußbodenheizung Holzweichfaserplatte 3x 19 mm
- 7 Klappladen Weißtanne 30 mm

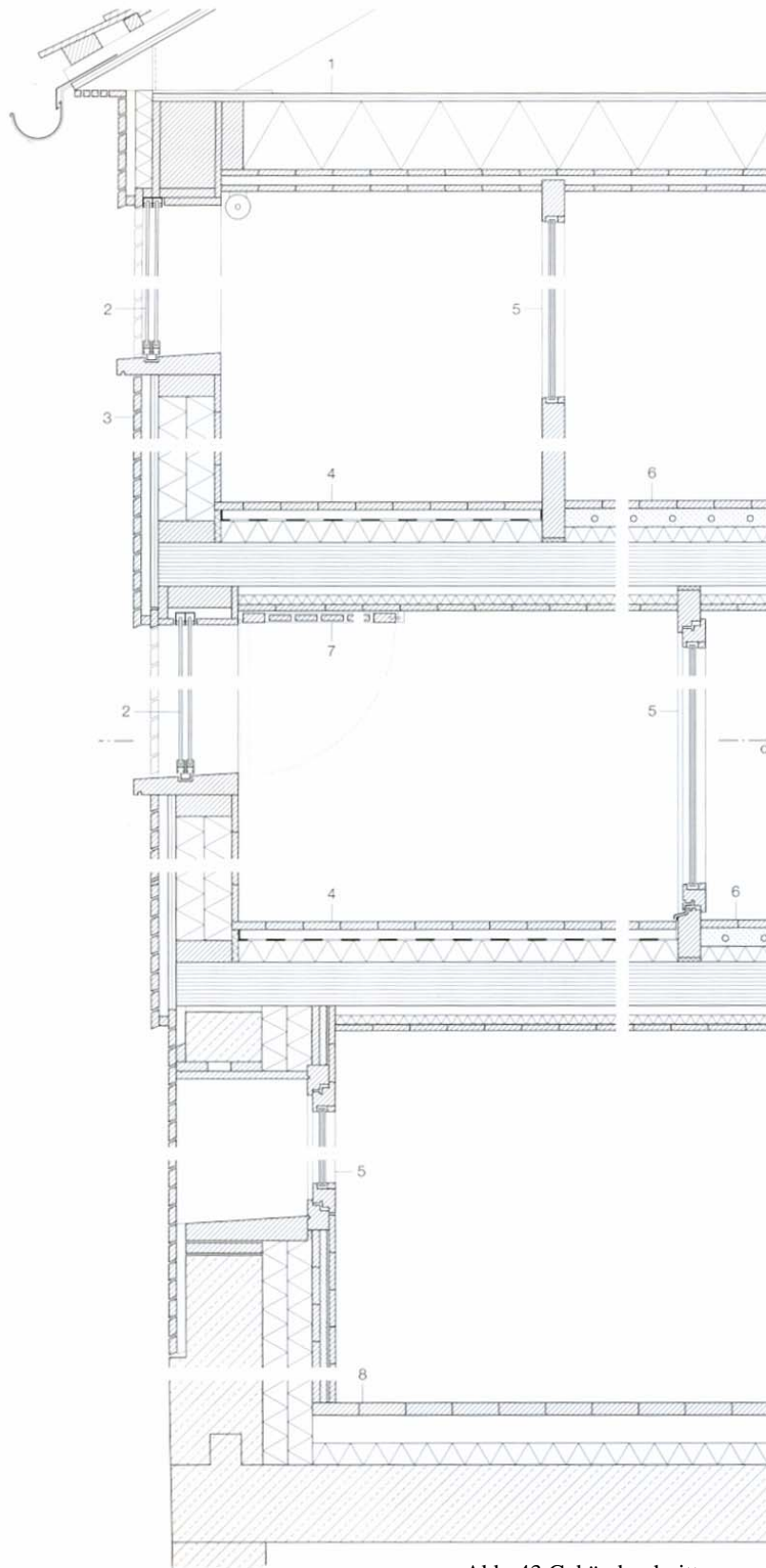


Abb. 43 Gebäudeschnitt

#### II.1.4.2 Gemeindehaus in Ludesch

Architekt: Herman Kaufmann, Schwarzach  
Tragwerksplaner: Mader& Flatz, Bregenz

Das Gemeindezentrum umklammert mit seinen drei Baukörpern einen neuen überdachten Platz. Innerhalb der sehr heterogenen Struktur der Gemeinde, die keinen verdichteten alten Kern oder ein gewachsenes Zentrum besitzt, wird so erstmals eine echte Mitte definiert, die der losen räumlichen Beziehung der bestehenden Gemeindebauten, wie Kirche, Schule und Saal Halt gibt. An den neuen Platz lagern sich die im Gebäude untergebrachten Funktionen wie Gemeindeamt, Post, Cafe, Läden, Vereinsräume und Büros sowie eine Säuglingsgruppe und ein kleinerer Saal an und beleben das Geschehen unter der schattenspendenden Überdachung, die mit transluzenten Photovoltaikelementen gedeckt ist. Als Forum und Treffpunkt soll das Gemeindehaus einen Gegenpol bilden zur zunehmenden Individualisierung innerhalb der dörflichen Strukturen. Das äußere Erscheinungsbild des Holzbaus wird geprägt vom Zusammenspiel von Holzverschalung und vertikalen sägerauen Holzlamellen mit den großflächigen rahmenlosen Verglasungen und den präzise gesetzten Stahlteilen. An den äußeren Fassaden umlaufende, auskragende horizontale Sperrholzplatten tragen den in weitem Abstand vor den Fenstern liegenden textilen Sonnenschutz und bieten einen guten konstruktiven Holzschutz.



Abb. 44: Gemeindehaus Ludesch

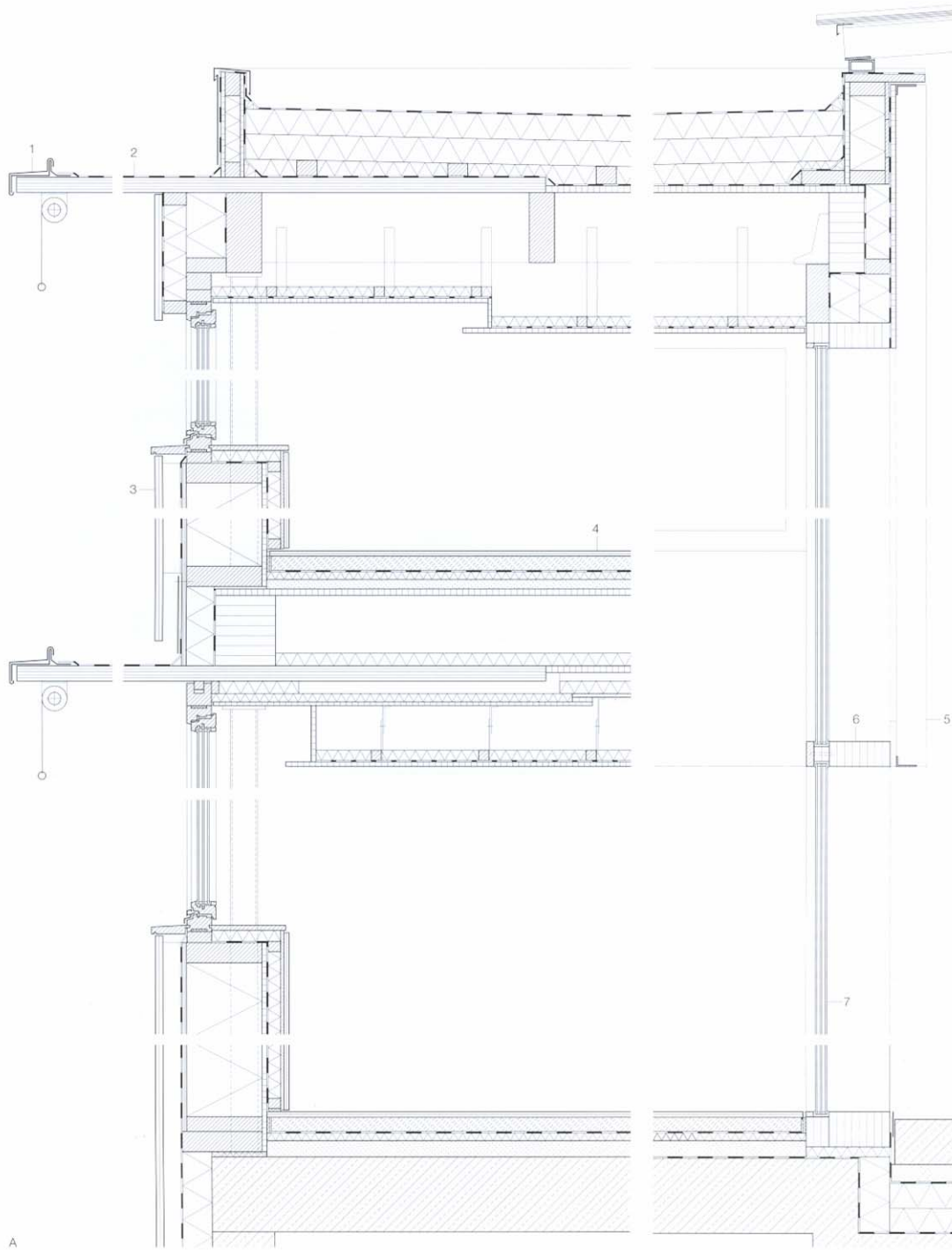


Abb. 45: Fassadenschnitt

**Literatur:**

---

Wohnhaus in Hittisau

Abb.: 32 [Detail, 2006,10 Bauen mit Holz-Dokumentation S.1120]

Abb.: 33 [Detail, 2006,10 Bauen mit Holz-Dokumentation S.1123]

Abb.: 34 [Detail, 2006,10 Bauen mit Holz-Dokumentation S.1123]

Abb.: 35 [Detail, 2006,10 Bauen mit Holz-DokumentationS.1122]

Gemeindezentrum in Ludesch

Abb.: 36 [Detail, 2007,6 Energieeffiziente Architektur-Dokumentation 657]

Abb.: 37 [Detail, 2007,6 Energieeffiziente Architektur-Dokumentation 658]

### **II.1.5 Passivhäuser in Holzbauweise: Qualitätssicherung auf der Baustelle**

Etymologisch kommt Qualität von Lateinisch „Qualitas“, was ursprünglich „Eigenschaft, Beschaffenheit“ bedeutet. Die Wahrnehmung und Beschreibung von Qualität ist in unserem Sprachgebrauch immer von der Perspektive und Sichtweise, von der aus Qualität betrachtet wird, abhängig. Qualitätsfestlegungen setzen sich daher aus objektiven und subjektiven Komponenten zusammen.

Qualitätssicherung soll mithilfe voraus erarbeiteten Plänen sicherstellen, dass die Qualität unter Beachtung von festgelegten Rahmenbedingungen korrekt ausgeführt wird.

#### **II.1.5.1 Einleitung**

Ein Passivhaus benötigt zwei wichtige Kriterien um qualitativ hochwertig zu werden. Es erfordert einerseits einen hohen Standard in der Planung und andererseits einen ebenso hohen Standard in der Ausführung. Um das Passivhauskonzept mit all seinen Vorteilen für die Bevölkerung attraktiv zu gestalten müssen Qualitätsstandards eingehalten werden und Konzepte entwickelt werden um diese zu realisieren.

Qualitätssicherungssysteme waren bislang fast ausschließlich für Baustoffe und Haustechnikkomponenten im Einsatz, es fehlten aber sichere Systeme für die Kontrolle während der Ausführung.

Ziel eines Projektes unter der Leitung von Dipl.-Ing. Heinz Geza Ambrozy mit dem Namen

„Kriterienkatalog zur Qualitätssicherung in der Ausführung von Passivhäusern in Holzbauweise“ war einerseits die Erstellung eines Kriterienkatalogs zur Erkennung von möglichen Schwachstellen bzw. Fehlerquellen bei der Ausführung von Passivhäusern in Holzbauweise, sowie andererseits darauf aufbauend die Erarbeitung eines Baustellentools zur Qualitätskontrolle während der Ausführungsphase auf der Baustelle.

Sowohl das Baustellentool als auch der Kriterienkatalog sollen Planern, ausführenden Firmen und örtlichen Bauleitungen kostenlos zur Verfügung gestellt werden, um eine qualitativ hochwertige Planung und Ausführung von Passivhäusern zu gewährleisten.

#### **II.1.5.2 Problematik**

Für die Ausführung von Gebäuden in Passivhausstandard benötigt man hohe Anforderungen an die Qualität, welche nur aus einer gut koordinierten Zusammenarbeit der unterschiedlichen Gewerbe (Baumeister, Zimmerer, Elektrotechniker, Installateure, Lüftungstechniker und Klimatechniker) resultieren kann.

Die bisherige Baustellenpraxis zeigt jedoch dass diese nicht ausreichend gut funktioniert. Durch fehlende Detailplanung und fehlerhafte Ausführung entstehen häufig Schäden im fertigen Passivhaus aus Holz.

Weitere Gründe für das Auftreten von Schäden sind die mangelhafte Koordination zwischen Haustechnikern, Holzbauern & Baumeistern sowie die fehlende Qualitätskontrolle auf der Baustelle.

Um diese möglichen Fehlerquellen bei der Ausführung von Passivhäusern in Holz-

bauweise zu vermeiden soll ein Qualitätssicherungssystem mit Hilfe eines Kriterienkataloges zur Erkennung von Schwachstellen und Fehlerquellen bei der Ausführung verwendet werden.

### **II.1.5.3 Lösungsmöglichkeit**

#### Der Kriterienkatalog

Der Kriterienkatalog legt seinen Schwerpunkt auf die passivhausgerechten Ausführung von haustechnischen Einrichtungen. Er dient dazu die bauphysikalischen Parameter Luftdichtigkeit, Wärme-, Brand- und Schallschutz mit dem Holzbau zu verknüpfen. Dabei wird besondere Aufmerksamkeit auf die Zusammenarbeit der einzelnen Gewerbe gelegt um Fehler ausschließen zu können.

#### Das Baustellentool

Grundlage für die Erstellung des Baustellentools liefert der Kriterienkatalog zusammen mit den Bauablaufanalysen. Bei diesem Tool werden abhängig von den Ausführungsschritten Zielkriterien aufgelistet, welche das jeweils betroffene Gewerbe erfüllen muss. Es dient als Qualitätsnachweis nach Fertigstellung und ermöglicht es einen einfachen sowie nachvollziehbaren Überblick über die Ausführungsqualität des Passivhauses zu erhalten.

#### Ziele des Kriterienkataloges und Baustellentools

- Schäden vermeiden: Durch die Vermeidung von Fehlerquellen bei der Planung und Ausführung wird das positive Image des Passivhauses gestärkt und das PH-Konzept für die Bevölkerung attraktiver gemacht.
- Kostengünstigere Errichtung von Passivhäusern: Durch besondere Beachtung von gewerbeübergreifenden Schnittstellen können unsichere Kalkulationsfaktoren und Baumängel vermieden werden.
- Flexibilität und Ressourcenschonung: Durch innovative Detaillösungen welche ein Trennen der Materialien ermöglichen wird der Austausch einzelner Komponenten flexibler. Außerdem wird das Recycling erleichtert. Das Gebäude wird wartungsfreundlicher und die Erhaltungskosten durch den Austausch defekter Komponenten werden billiger.
- Qualitätskontrolle: Das Baustellentool ermöglicht eine begleitende Qualitätskontrolle durch die Bauaufsicht und ermöglicht einen Qualitätsnachweis nach Fertigstellung.
- Stärkung erneuerbarer Ressourcen: Durch den Kriterienkatalog für Planung und Ausführung von Passivhäusern werden Unsicherheiten von Planern im Umgang mit dem Werkstoff Holz reduziert. Dadurch wird dieser nachhaltige, ökologische Rohstoff als Baustoff gefördert.

### Maßnahmen für den Passivhausstandard

Durch die Qualitätskontrolle sollen folgende Maßnahmen gewährleistet werden:

- ein sehr guter, ununterbrochener, wärmebrückenfreier Wärmeschutz der Gebäudehülle: Der Wärmeschutz eines Passivhauses sollte bei opaken Bauteilen  $0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  erreichen. Anzustreben sind  $0,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Um diese guten Kennwerte zu ermöglichen, sind Dämmstärken bis zu 40 cm und damit große Bauteilstärken nötig. Dies macht den Einsatz von Holzwerkstoffen und Halbfabrikaten aus Holzwerkstoffen interessant, da Vollholzquerschnitte bei diesen Dimensionen Wärmebrücken haben, schwinden und quellen
- der Einsatz von Wärmeschutzverglasung mit U-Wert kleiner als  $0,8 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$  für den gesamten Bauteil samt Rahmen und Stock
- Luftdichtigkeit der Außenbauteile gegen Luftströmung:
- Die Luftwechselzahl muss für ein Passivhaus kleiner als  $0,6/\text{h}$  sein. Eine gute Luftdichtigkeit ist bei  $0,3 - 0,4/\text{h}$  erreicht. Diese sollte angestrebt werden, um langfristig den Grenzwert von  $0,6/\text{h}$  zu unterschreiten
- ein geringes Verhältnis von Außenfläche zu Baukörpervolumen
- eine effiziente Wohnraumlüftung
- eine gute Ausnutzung passiver, solarer Gewinne

### Passivhaus – Energiekennzahlen

Durch den Einsatz effizienter Technologien sollen in einem Passivhaus sowohl der Heizenergie- als auch der restliche Energiebedarf gering gehalten werden.

- Heizenergiebedarf:  $< 15 \text{ kWh}/\text{m}^2\text{a}$
- Primärenergiebedarf:  $< 120 \text{ kWh}/\text{m}^2\text{a}$
- Luftwechselrate  $n_{50}$ :  $< 0,6/\text{h}$
- Heizlast:  $< 10 \text{ W}/\text{m}^2$

### Sanitäreanlagen, Heizung und Elektronik im Passivhaus

Die Anforderungen an die Haustechnik sind weit höher als im konventionellen Wohnbau, da zusätzlich zu den Standardeinrichtungen die Räume mit Lüftungskanälen erschlossen werden müssen.

Das Passivhaus kommt dank eines maximalen Jahresheizwärmebedarfs von  $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  ohne herkömmliche Heizung aus. Eine kontrollierbare Lüftung sorgt dafür, dass Frischluft entweder über einen Erdwärmetauscher oder mittels Wärme aus einer Soleleitung vorgewärmt und in die Aufenthaltsräume eingeblasen wird. Die Abluft wird über einen Wärmetauscher aus dem Gebäude abgesaugt. Die zusätzliche benötigte Heizleistung kann z.B. mit einem elektrischen Nachheizregister erfolgen.

Eine sorgfältige Planung und Koordination der einzelnen Bauschritte soll dazu füh-



ren, dass die hohen Qualitätsstandards in Bereichen Brandschutz, Akustik und Strömungswiderstand gewährleistet werden können.

#### **II.1.5.4 Aktuelle Qualitätssicherungssysteme im Passivhausbau**

- Zertifizierung als Qualitätsgeprüftes Passivhaus
- Die Zertifizierung als Qualitätsgeprüftes Passivhaus erfolgt durch das Passivhaus-Institut Darmstadt, Dr. Wolfgang Feist und durch die Passivhaus Dienstleistung GmbH.
- Mittels eingereicherter Berechnungsergebnisse aus dem „Passivhaus-Projektierungs-Paket“ (PHPP), Planungsunterlagen, technischer Datenblätter zu Haustechnik und dem Nachweis der luftdichten Gebäudehülle wird die Einhaltung der Anforderungen an Passivhäuser überprüft und das Zertifikat verliehen. Die Überprüfung bezieht sich jedoch nicht auf die Ausführungsqualität des Gebäudes und das Nutzerverhalten.
- Zertifizierung der Passivhausgeeigneten Komponenten
- Die Zertifizierung der Passivhausgeeigneten Komponente erfolgt ebenfalls durch das Passivhaus-Institut Darmstadt und Dr. Wolfgang Feist.
- Das Institut hat für wesentliche Komponenten im Passivhausbau wie z.B.: Lüftungen, Fenster, Fassaden Qualitätsstandards definiert und verleiht bei der Erfüllung dieser Standards das Zertifikat. Die bereits zertifizierten Produkte sind auf der Homepage ([www.passive.de](http://www.passive.de)) samt ihrer Datenblätter aufgelistet. Aus den Datenblättern sind die erforderlichen Kennwerte für die Verwendung des „Passivhaus Projektierungs Paket“ (PHPP) zu entnehmen.
- RAL Gütezeichen
- Das Gütezeichen von der Gütegemeinschaft Niedrigenergie-Häuser ([www.guetezeichen-neh.de](http://www.guetezeichen-neh.de)) ist eine Kennzeichnung für Gebäude mit besonders hoher energetischer Qualität. Dieses wird entweder nur für die Planung oder für die Planung und Bausausführung verliehen. Die Verleihung erfolgt nach einer entsprechenden Güteprüfung durch einen unabhängigen Sachverständigen welcher von RAL beauftragt wird. Das RAL Gütezeichen gilt als Qualitätsmaßstab für das Planen, Bauen und Verkaufen von Häusern in Passivhausbauweise.

#### Passivhaus-Bauteilkatalog

- Der Passivhaus-Bauteilkatalog wurde vom Institut für Baubiologie und Bauökologie (IBO) erarbeitet und besteht aus Lösungsvorschlägen für Bauteilaufbauten und Anschlussdetails für den Passivhausbau, welche als ökologisch positiv bewertet wurden.

#### Qualitätssicherungssysteme im Bereich Holzbau

- Qualitätsholzbau: Richtlinie der Bundesinnung der Zimmermeister
- Diese Qualitätsrichtlinie soll ein hohes Qualitätsniveau für Zimmermeisterarbeiten sicher stellen. Es werden Voraussetzungen für Ausrüstung, Betrieb und technische Qualitätskriterien definiert. Eine innerbetriebliche Qualitätssicherung soll

mittels Ablaufdiagrammen und dazugehörigen Checklisten gesichert und schriftlich dokumentiert werden. Es werden alle Bereiche vom Wareneingang bis zur Übergabe der errichteten Holzkonstruktion kontrolliert.

- [www.dataholz.com](http://www.dataholz.com)
- [www.dataholz.com](http://www.dataholz.com) ist ein digitaler Katalog geprüfter Holzkonstruktionen, welcher im Internet frei zugänglich ist. Er bietet geprüfte bautechnische und ökologische Daten zu Baustoffen, Bauteilen und Bauteilanschlüssen. Die Datenblätter können als Nachweise für die österreichische Baubehörde verwendet werden. Die Gesamtprojektleitung unterliegt dem Fachverband der Holzindustrie in Österreich. Inhaltliche Projektleitung: Holzforschung Austria
- RAL Gütesicherung RAL-GZ 422 Holzhausbau
- Die RAL-Gütegemeinschaft Holzbau Ausbau Dachbau e.V. ist ein Zusammenschluss von Zimmerei- und Holzbaubetrieben. Sie organisiert die Gütesicherung für die wesentlichen Leistungsbereiche des Zimmererhandwerks. Die Gütesicherung Holzhausbau RAL-GZ 422 bewertet die Herstellung und Montage von Bauteilen und Gebäuden in Holzbauart, um deren Gebrauchstauglichkeit und deren vorgesehene Dauerhaftigkeit gewährleisten zu können.
- Österreich ÖNORM B 4115-1
- Die ÖNORM B 4115-1 ist eine Norm zur Qualitätssicherung in Holzbaubetrieben.

### Qualitätssicherungssysteme im Bereich Haustechnik

QS – Systeme existieren in Form von Checklisten und Berichtsauszügen im Bezug auf:

- Planung, Realisierung und Sicherstellung (bauherrenseitig)
- Erfüllung von Planungsphasen (Vorprojekt – Entwurf – Ausschreibung)
- Definierten Anforderungen (z.B. Schallschutz, Energieeffizienz..)
- Gut aufgelistete Qualitätssicherungshinweise bezüglich Sicherung eines niedrigen Energieverbrauchs und Wärmeverlustes der Heimanlage.

Es existieren wenige QS-Systeme zum detaillierten Holzbau. Besonders problematisch ist, dass es nur wenige Beispiele, von denen sich systematische Lösungsmöglichkeiten zur Integration der Haustechnik ableiten lassen, existieren. Dies wirkt sich sehr stark auf Qualität, Kosten, Planungseffizienz und die Durchführung aus. Weiters sind auch nur sehr wenige Detailsammlungen von Haustechnikdetails im Holzbau vorhanden.

### Qualitätssicherungs- und Bewertungssysteme für den allgemeinen Gebäudebereich

- Total Quality- Gebäudezertifizierung der argeTQ

In Form eines Zertifikats dokumentiert Total Quality die Qualität eines Gebäudes von der Planung bis zur Nutzung.

Das Zertifikat soll Qualitätseigenschaften wie z.B. Nutzeigenschaften und Kosten sichtbar machen.

- IBO Ökopass – Gebäudepass für Wohnhausanlage  
Der Ökopass soll über die baubiologische und ökologische Qualität von Hausanlagen Auskunft geben. Er dient außerdem als Instrument für Marketing und Qualitätssicherung.
- klima:aktiv-Haus und klima:aktiv-Passivhaus  
Unter den Kategorien aktiv-Haus & Aktiv-Passiv-Haus werden neu errichtete Gebäude nach energetischen und ökologischen Standards bewertet. Dafür gibt es einen Punktekatalog mit dem Schwerpunkt Energie und Versorgung. Die zu erbringenden Nachweise sind für die Einreichung für die Wohnbauförderung erforderlich.
- Ökopass Neubau Einfamilienhaus des Ökobau Cluster Niederösterreich  
Der Ökopass dokumentiert und bewertet die ökologische Qualität von neugebauten Einfamilienhäusern. Der Schwerpunkt liegt hier bei der Energieeffizienz während des Gebäudebetriebs. Er ermöglicht als Datenblatt eine übersichtliche Darstellung aller ökologischen und technischen Eigenschaften des Gebäudes.
- Zusammenfassung  
Es sind schon einige Systeme zur ökologischen und energetischen Beurteilung von Neubauten vorhanden. Diese Systeme dienen als Nachweis des Gebäudestandards.  
Im Bereich des Holzbaus wurde für den Zimmereibetrieb ein QS-System entwickelt, welches eine hohe Ausführungsqualität zum Ziel hat.  
Verschiedene Detailkataloge bieten eine Hilfestellung zur Ausführung von Holzbaudetails. Unterschiedliche Zertifizierungen helfen bei der Qualitativen Beurteilung von Gebäuden.  
QS-Systeme sind im Haustechnikbereich nur beschränkt zu finden. Auf dem Markt fehlt ein baubegleitendes QS System welches allen Beteiligten (Bauaufsicht, Planern, Firmen) zur Verfügung steht.

### Hilfestellung zur Qualitätssicherung für den Passivhausplaner

Auf dem Markt befinden sich für die Planung einige Hilfestellungen in Form von Checklisten, Bauteilkatalogen und Planungsbegleitenden QS-Systemen.

Im Band Nr.18 des Arbeitskreises Kostengünstige Passivhäuser Phase 2 finden sich einige Checklisten und Hinweise für die richtige Ausführung von Passivhäusern in Holz und mineralischer Bauweise.

Empfehlungen zur Planung eines Passivhauses:

- Recherche über Zertifikate und Kenndaten der Produkte
- Außenbauteile sollten nicht durchstoßen werden
- Hinterfragen passivhausgeeigneter Baustoffe im Bezug auf Statik, Brandsicherheit,

Schallisolierung...

- Kritische Punkte stets auf Luftdichtheit überprüfen

### Kriterienkatalog und Baustellentool zur Qualitätssicherung im Passivhausbau

#### Kriterienkatalog

Der Kriterienkatalog dient als Nachschlagewerk in dem situationsbezogene Detaillösungen und Zusatzmodule zu finden sind. Kurzbezeichnungen und bauphysikalisch zu beachtende Aspekte werden im Kriterienkatalog zu Beginn exakt erläutert. Erklärungen finden sich zu den Detaillösungen im Bezug auf Statik, Energie, Dichtheit usw.

- Beispiel Kurzbezeichnungen

X\_NN\_YY-ZZ/YY\_AA

X – 1 Stelle für holzbau- bzw. haustechnikrelevantes Detail:

B..... Baudetail Holzbaugewerk intern bzw. mit anderen Gewerken (ausgenommen Haustechnik)

H..... Heizungstechnik

L..... Lüftungstechnik

K..... Kühltechnik

S..... Sanitärtechnik

E..... Elektrotechnik

N – 1 Nummer für bau - systematische Lösung = Konstruktionsart des Bauteils

(auf tragendes Element bezogen sowie entsprechend der (Unter-)Kapitelnummer im Bericht):

0..... universell anwendbar bzw. nicht zuordenbar

1..... Holzleichtbau (1a Rahmenbau, 1b Skelettbau)

2..... Holzmassivbau

3..... Holzmischbau Holzmassivdecken - Holzleichtbauwände

4..... mineralischer Mischbau Betondecken – Wände in Holzleichtbau oder Holzmassivbau

N - Nummer in z.B. Bezug zu Berichtskapitel für haustechnische Systemlösung: hier wird's über Buchstaben

aufgrund der Anzahl Möglichkeiten und der Selbsterklärung durch Buchstaben schwierig.

Grundstruktur z.B.:

1 ..... Leitungsführung in Primärkonstruktion

2 ..... Leitungsführung unter der Decke bzw. in Vorsatzschale zu Raum oder unter Putz

3 ..... Leitungsführung im Fußbodenaufbau

4 ..... Leitungsführung sichtbar, auf Putz bzw. in raumseitigen Kanälen

5 ..... Wechsel Leitungsführung

YY – 2 Stellen für Bauteilbeschreibung (besser immer fixe Stellenanzahl):

AW..... Außenwand  
WW..... Wohnungstrennwand  
RW..... Reihenhaustrennwand  
SW..... Stiegenhaustrennwand  
IT..... Innenwand tragend  
IN..... Innenwand nicht tragend  
IS ..... Innenwand mit besonderen Schallschutzanforderungen  
KD..... Kellerdecke / Grundplatte  
FP..... Fundamentplatte  
GD..... Geschosstrenndecke zwischen Wohneinheiten  
ZD..... Zwischendecke innerhalb einer Wohneinheit  
OD..... oberste Geschossdecke (zu Dachraum)  
DA..... Dach  
INS..... Installationsschacht  
FB..... Fußbodenaufbau  
00..... universell anwendbar bzw. nicht zuordenbar  
ZZ – 2 Stellen für Zusatz  
TE..... Terrasse  
FE..... Fenster  
Anmerkung: bezieht sich auf Berichtskapiteln im Berichtsabschnitt „Details“  
AA – 2 Stellen für Nummerierung:  
z.B. 01, 02, etc...

Qualitätssicherung von Passivhäusern in Holzbauweise

- Beispiel Kriterienkatalog

**Zuluft im Bodenaufbau - Zwischendecke**

Bei kontrollierter Wohnraumlüftung: stellt Zuluftbringung im Fußboden aufbau einer Zwischendecke in den darüberliegenden Raum dar.

**Haustechnik**

- o Rohrleitung, Schalldämpfer und Anschlusskasten in Zwischendecke
- o Rohrdurchmesser beachten:  
bei 0-60m<sup>3</sup>/h Luftvolumenstrom -> Lichte Einbauhöhe mind. 12cm  
bei 60-125m<sup>3</sup>/h Luftvolumenstrom -> Lichte Einbauhöhe mind 14,5cm
- o Drall-, Quell- oder Radialauslass möglich
- o Bei Lüftung:  
Variante 1 (besser): Rohrleitung mit 20mm Mineralwolle dämmen  
Variante 2 (alternativ): Schalldämmung, bei Schalldämmung mind. 1cm Dämmung unterlegen und Schutzung um die Rohrleitungen verdichten
- o Mindestabstände von der Wand je nach Auslass (Drallkörper)

**Bauablauf - Montage**

- o Rohrcke -> Rohrleitungen -> Schalldämpfer und Anschlusskasten mit Mittelschraube für Abdeckung -> Fußbodenaufbau -> Bodenleger -> Abdeckung
- o Gewerkeabstimmung zwischen Bodenleger und Lüftung erforderlich, z. B. Drallkörper

**Wärmeschutz**

**Luftdichtheit**

**Schallschutz**

- o Körperschalldämmung durch Unterlage von Trittschalldämmstreifen unter Rohr, Schalldämpfer und Anschlusskasten, Material: Faserdämmstoff z.B. Mineralwolle, Verwendung körperschalldämmender Rohrschellen mit Gummieinlage

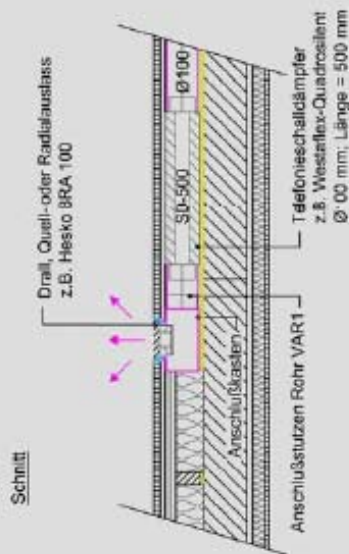
**Wartung - Reinigung**

- o Abdeckung abnehmbar

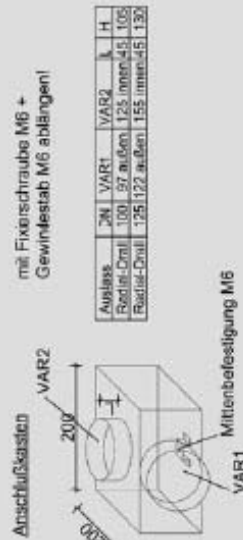
M 1:20



**DETAIL ZULUFTBODENAUSLASS IN ZWISCHENDECKE**



22	mm V100
50/40	mm Lüftung
80/40	mm Staffel
10	mm Trittschall-Dämmstreifen
140	mm Breitspertholz
70	mm abgehängte Decke mit Schwingbügel und 40 mm Wärmesdämmung
12,5	mm Gipskartonplatte GKB



mit Fixierschraube M6 + Gewindestab M6 ablängen!

Auslass	DN	VAR1	VAR2	L	H	
Radial-Drall	100	57	außen	125	innen 43	105
Radial-Drall	125	122	außen	155	innen 48	130

katalog zur Qualitätssicherung in der Ausführung von Passivhäusern in Holzbauweise

Baustellentool

Das Baustellentool entspricht einer Checkliste, welche als Durchführungskontrolle auf der Baustelle dient.

Die im Baustellentool angeführten Punkte müssen im Allgemeinen immer erfüllt werden.

Der Bearbeiter bestätigt dies nach dem ordnungsgemäßen Kontrollieren der Punkte mit seiner Unterschrift. Somit ist dieser im Schadensfall haftbar.

Im Baustellentool wird zuerst beschrieben für welches Bausystem die Checkliste anwendbar ist. Zusätzlich wird zu den Detaillösungen aus dem Kriterienkatalog verwiesen.

NR	ABLAUF	KONTROLLPUNKTE	ÜBERPRÜFUNG		UNTERSCHRIFT
			DATUM	BEMERKUNG OK/F	
0	Vorarbeiten zur Errichtung des Holzrohbaus Siehe Detail 20) H_0_1_FP_11 21) H_0_1_AW_12	A	Lager- und Montage Logistik geplant (Standplatz Kräne, Lager Material)		
		B	Ebenheit der Bodenplatte / Aufstellflächen: Unebenheiten-Toleranz = maximal +/- 0,5cm		
		C	Ausführung horizontale Feuchtigkeitsisolierung		
		D	Abmessungen bzw. Sperrmaße der Bodenplatte / Aufstellflächen		
		E	Lagerichtigkeit und Vollständigkeit der Plattendurchdringungen z. B.: Kaltwasser, Abwasser, Gas, Elektro-Hausanschlussleitung, Außenluft und Fortluft -) Gibt es einen Grundkanal? -) Gibt es einen Fundamentabsorber bzw. Tiefsensoren? -) Gibt es ein Lüfterregister?		

Abb. 46: Baustellentool

### Konzepte Heizung, Lüftung, Sanitär, Elektro im Passivhausbau

- Lüftung

Aufgrund der Dimension, der Kosten und der Nutzeigenschaften stellt die Lüftung das am wichtigste zu planende Haustechnikdetail dar. Lüftungsanlagen können anhand der Art der Heizfunktion und der Trassenführung unterschieden werden.

Im Passivhaus besitzen Lüftungsanlagen einen Wärmebereitstellungsgrad von bis zu 85%. Der Rest der benötigten Energie wird in Form von Wärmetauschern zugeführt.

Die Heizfunktion des Hauses kann monovalent (Heizung nur über die Lüftung ohne zusätzliche Heizflächen), oder mit zusätzlichen Heizflächen erfolgen.

Lüftungsanlagen können in ihrer Betriebsart zwischen zentraler, semizentraler oder raumweiser Belüftung unterschieden werden. Die Trassenführung kann z.B. in der Ebene der Primärkonstruktion, im Fußbodenaufbau oder mit fassadenseitiger Erschließung erfolgen.

- Heizung

Heizungsanlagen werden bezüglich zentraler, dezentraler Wärmeerzeugung sowie Heizung über die Luft unterschieden. Weiters erfolgt einer Gliederung zwischen der Art der Heizfunktion und der Trassenführung.

- Sanitär

Im Sanitärbereich können wassersparende Armaturen, Kondensatwärmedämmungen und luftdichte Anschlüsse eingesetzt werden. Außerdem besteht die Möglichkeit einer Regenwassernutzung. Die Anzahl der Durchdringungen der luftdichten Ebene müssen minimiert werden.

- Elektro

Hier ist ebenso darauf zu achten, dass die Durchdringungen der luftdichten Ebenen auf ein Minimum reduziert werden. Es müssen passivhaustaugliche Komponenten wie luftdichte Leerverrohrung und UP-Dosen verwendet werden. Die Endpunkte der Leerverrohrung sind mit spritzbarem Dichtstoff abzudichten. Außerdem sind Elektroverteiler innerhalb der luftdichten Hülle anzubringen, da sich somit die Anzahl der Durchdringungen der luftdichten Hülle um ein vielfaches reduziert.

### Schlussfolgerung und Ausblick

Es macht sich bemerkbar, dass eine Reihe von auszuführenden zweckmäßigen Details oft im Widerspruch zu unterschiedlichen Ö-Normen stehen.

Man erkennt außerdem, dass der Trend zu getrennten und somit zu wiederverwertbaren Bauteilen führt. Weiters ist eine große Differenz zwischen Architektenplanung und Werkplanung feststellbar. Dies kann auf unterschiedliche firmeninterne Gründe zurückzuführen sein.

Widerlegt wurde, dass durch eine Überwachung bzw. eine Detailplanung von gut ausgebildeten Planern, die Qualität erheblich gesteigert werden kann.



Aus diesen Gründen sollte ein Standard für die Trennung, Ausführung und Planung mit gegenseitiger Kontrolle eingeführt werden.

- Das Excell<sup>®</sup> basierende Baustellentool-HLSE ermöglicht dem teamgmi Ingenieurbüro die schnelle Ermittlung und Erstellung von Checklisten für die Bauaufsicht.
- Der Kriterienkatalog und das Baustellentool des IBO (Österreichisches Institut für Baubiologie und Ökologie), wird für die Beratung von Architekten und Selbstbauern verwendet.
- Die gewonnenen Erkenntnisse des LUGGIN Zivilingenieurbüro werden in der Praxis und in der Lehrtätigkeit (Universität) angewendet.

Ausblick

Neuerrichtete Gemeinnützige Wohnbauten müssen in Vorarlberg gegenwärtig in Passivhaus Qualität gebaut werden. Diese Reform ist weltweit einzigartig und nicht unbegründet, denn in naher Zukunft werden Bauten sogar in Nullemissionsbauweise oder als Plusenergiehaus ausgeführt.

Energieverbrauch und CO<sub>2</sub> Emission von derzeitigen Passivhäusern wurden seit 1990 um ca. 80%-90% im Vergleich zu herkömmlichen Bauten gesenkt. Die vertretbaren Mehrkosten belaufen sich für Gebäude und Haustechnik auf unter 10%. Die Kosten werden anhand des noch nicht ausgeschöpften Marktes weiter sinken. Grundlage für ein perfekt funktionierendes Passivhaus sind hochwertige Planung und Ausführung.

Mängel in diesen Bereichen, ziehen immer Nutzerunzufriedenheiten mit sich.

Das Ziel heutiger Forschungsprojekte ist es, die begangenen Fehler zukünftig zu vermeiden um gleichzeitig Zeit und Kosten einzusparen.

### Literatur

---

- [1] Holzer, P., Krapmeier, H., 2008. PHS 2.0 Passivhaus Schulungsunterlagen. Version 2, Department für Bauen und Umwelt Donau-Universität Krems, Energieinstitut Vorarlberg Dornbirn. Abgerufen im Februar 2008. <http://www.passivhausunterlagen.at>
  
- [2] PHI, 2008. Passivhaus Grundlagenkurs im Internet. Website der Internationalen Passivhaustagung 11.-13. April 2008 in Nürnberg. Passivhausinstitut (PHI), Darmstadt. [http://www.passivhaustagung.de/Passivhaus\\_D](http://www.passivhaustagung.de/Passivhaus_D)
  
- [4] [www.nachhaltigwirtschaften.at/](http://www.nachhaltigwirtschaften.at/)
  
- [5] [www.passiv.de](http://www.passiv.de)
  
- [6] [www.guetezeichen-neh.de](http://www.guetezeichen-neh.de)
  
- [7] [www.holzbau-austria.at](http://www.holzbau-austria.at)
  
- [8] [www.dataholz.com](http://www.dataholz.com)
  
- [9] [www.bdz-holzbau.de/guetesicherung.php](http://www.bdz-holzbau.de/guetesicherung.php)