



MADE FOR BUILDING
BUILT FOR LIVING

BAUTEILKATALOG
PASSIVHAUS

INHALT

01	GRUNDLAGEN ZUM PASSIVHAUS	04
02	HOCH WÄRMEGEDÄMMTE AUSSENBAUTEILE	06
03	WÄRMEBRÜCKENFREIHEIT DER KONSTRUKTION	10
04	LUFTDICHTHEIT	14
05	WÄRMERÜCKGEWINNUNG AUS DER FORTLUFT	18
06	SOLARE WÄRMEGEWINNE, FENSTER	24
07	BAUTEILE	26
08	BAUTEILANSCHLÜSSE	36

PASSIV- HAUS

Als vor nun mehr 20 Jahren das erste Wohngebäude nach Passivhaus-Kriterien in Kranichstein, Deutschland errichtet wurde, dachte eine breite Öffentlichkeit nicht daran, dass dieses Konzept in nicht allzu ferner Zukunft gesetzlich verordneter Mindeststandard werden würde. Kommentare wie: „Das ist ja wie Wohnen in der Plastiktüte!“ oder: „Der Aufwand, die Kosten ... das rentiert sich doch nie!“ waren eher die Regel denn die Ausnahme.

Steigende Energiekosten, Rohstoffverknappung und die globale Klimaerwärmung haben jedoch zu einem Umdenken geführt, und wo vorher noch Ablehnung war, sucht nun eine interessierte Bauherrenschaft nach Antworten und Lösungen. Auch die Politik hat bereits darauf reagiert. Das Informationsbüro des Europäischen Parlaments schreibt hierzu am 18. Mai 2010:

„Das Europäische Parlament hat am Dienstag die neue Richtlinie zur Energieeffizienz von Häusern verabschiedet. Die Mitgliedstaaten müssen ihre Bauvorschriften an-

passen, damit alle Gebäude, die ab Ende 2020 errichtet werden, den hohen Energievorgaben entsprechen. Bereits bestehende Gebäude müssen, sofern durchführbar, an die neuen Vorgaben angepasst werden. Für den Verbraucher bedeutet die neue Richtlinie niedrigere Energiekosten.“

Im Klartext bedeutet dies: ab 2020 ist das System Passivhaus eine per Gesetz verordnete Realität. Grund genug, sich schon jetzt damit zu beschäftigen, wenn man bedenkt, dass ein Gebäude eine Nutzungsdauer von 100 Jahren besitzt – mangelfreie Konstruktion vorausgesetzt.

Die nun folgenden Seiten sollen den Leser informieren, welche Möglichkeiten und welches Potenzial die KLH-Massivholzplatte in Verbindung mit dem Passivhauskonzept besitzt. Wie einfach es ist, bewährte und vertraute Details aus dem Beton- und Ziegelbau zu übernehmen und gleichzeitig zu wissen, dass man einen ökologischen Baustoff der Superlative verwendet.

VORWORT



Passivhausanlage „Am Mühlweg“ Wien, Dietrich Untertrifaller Architekten

**LASSEN SIE UNS ZUM SCHLUSS DIESER
EINLEITENDEN WORTE NOCH FÜNF EXPERTEN-
MEINUNGEN HÖREN:**

„Wer heute konventionell baut, wohnt in 10 Jahren in einem veralteten, von der Entwicklung überholten Haus.“
DI Othmar Hum, Schweizer Fachjournalist

„Wer heute noch fossil (=herkömmlich) baut, gibt dem Bauherren eine enorme Hypothek mit, da die fossilen Energiepreise in absehbarer Zeit nicht mehr bezahlt werden können!“ Hermann Scheer, Träger des alternativen Nobelpreises

„Hohe Heizkosten sind nichts anderes als das fortlaufende Beheben von Baumängeln.“ Dr. Peter Tusch

„Ein Passivhaus kann kostenneutral gebaut werden. Die Gesamtkosten sind nicht höher als in einem durchschnittlichen Neubau.“ (Investitionen über einen Amortisationszeitraum von 30 Jahren) Arch. Krapmeier, Energieinstitut Vorarlberg

„... eine Entwicklung die inzwischen Standard ist ... das sogenannte Passivhaus ... das ich aus meinem Haus heraus mit allen Kräften anschieben und fördern werde ...“
Dr. Peter Ramsauer, 11. November 2009, in seiner Antrittsrede als deutscher Bauminister

01 GRUNDLAGEN

WAS IST EIGENTLICH EIN PASSIVHAUS?

Ebenso könnte man fragen: „Was ist es nicht?“ Das Passivhaus ist keine Bauweise, welche an einen bestimmten Baustoff gebunden ist, sondern ein Konzept, das auf vielen Wegen zum Ziel führt. Am Ende steht als Ergebnis neuer Wohnraum mit minimalem Energieverbrauch bei höchster Behaglichkeit.

Daraus wird ersichtlich, dass es sich lediglich um eine konsequente Weiterentwicklung des Niedrigenergiehauses handelt, solange bis ein aktives Heizsystem entfallen kann.

DABEI STÜTZT SICH DAS KONZEPT AUF FOLGENDE SÄULEN:

1. Hoch wärmegeämmte Außenbauteile
2. Wärmebrückenfreiheit der Konstruktion
3. Luftdichtheit
4. Wärmerückgewinnung aus der Fortluft
5. Solare Wärmegewinne

FÜR MITTELEUROPA BEDEUTET DIES GANZ KONKRET IN ZAHLEN:

1. Heizwärmebedarf $\leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$
2. Luftwechselrate $\leq 0,6 \text{ l/h}$
3. U-Wert Außenbauteil $\leq 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
4. U-Wert Fenster $\leq 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
5. Primärenergiebedarf $\leq 120 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$
6. Heizlast $\leq 10 \text{ W}/\text{m}^2$

Der Begriff „Passivhaus“ ist eine Bezeichnung aus Deutschland. In Österreich entspricht dies dem Standard A+ bzw. A++. In der Schweiz läuft dieses Baukonzept unter dem Namen „Minergie“. Unabhängig vom Namen sind jedoch die Anforderungen an die Gebäudekomponenten. Die Schlüsselfaktoren wie Wärmebrücken oder U-Werte werden mittlerweile nach ISO-Standards berechnet. Daraus resultieren für vergleichbare Klimadaten auch nahezu die gleichen Anforderungen.

„Ein Passivhaus ist ein Gebäude, in welchem die thermische Behaglichkeit allein durch Nachheizen des Frischluftvolumenstroms, der für ausreichende Luftqualität erforderlich ist, gewährleistet werden kann – ohne dazu zusätzlich Umluft zu verwenden.“



02 AUSSEN- BAUTEILE

ALLGEMEINES

Der maximal zulässige U-Wert von $0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ bezieht sich auf die Bodenplatte. Aufgrund unterschiedlicher Wärmeübergangswiderstände (Bauteil zu Luft, Bauteil zu Boden) und thermodynamischer Wirkmechanismen sollte für Wände ein Wert von $0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ und für Dächer ein Wert von $0,10 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ nicht überschritten werden.

WAND / DACH

Die auf der KLH-Massivholzplatte bewährten Konstruktionsprinzipien können einfach übernommen werden. Einzig die Dämmstoffstärken müssen soweit erhöht werden, bis die entsprechenden U-Werte erreicht sind. Die Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten im Bauwesen erfolgt nach den Berechnungsschritten gemäß ISO 6946. Die erforderlichen Bemessungswerte sind in EN 12524 enthalten.

Eine bauphysikalische Bewertung durch einen Fachmann sollte immer durchgeführt werden. Während bei Wärmedämmverbundsystemen der U-Wert gleichmäßig über die Dicke und die Fläche zunimmt, nimmt der Einfluss des Holzriegels bei den weit verbreiteten Riegelkon-

struktionen mit zunehmender Dämmstoffdicke auf den gemittelten U-Wert zu. Man spricht hier noch nicht von Wärmebrücken, da die „Störung“ regelmäßig auftritt.

WIE SICH DER HOLZANTEIL IN DER AUSSENWAND AUSWIRKT, ZEIGT FOLGENDER VERGLEICH:

TYP	MASSIV- HOLZWAND MIT WDVS	DOPPEL- T-TRÄGER
Holzanteil in der Dämmschicht (Stärke d)	0 % (d = 280 mm)	3,6 % (d = 360 mm)
Rastermaß (cm)	–	62,5
$A_{\text{Steg}} [\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})]$	–	0,29
U-Wert $[\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})]$	0,12	0,12

Tabelle 1: Vergleich von WDVS auf KLH und Doppel-T-Trägern bezüglich der Dämmstoffstärke, wenn ein U-Wert von $0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ erreicht werden soll

HOCH WÄRMEGEDÄMMTE AUSSENBAUTEILE

WDVS AUF KLH:

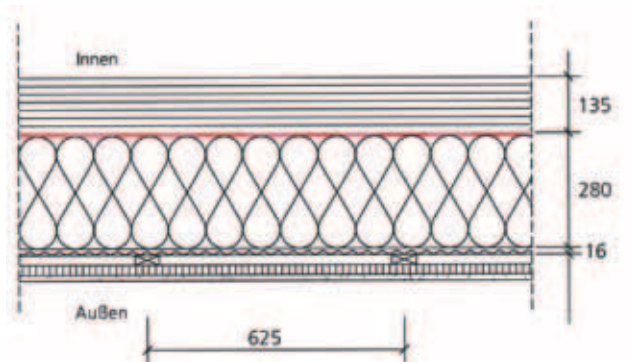


Abb. 1: WDVS auf KLH mit geklemmter Dämmung. Die mech. Befestigungsmittel wurden nicht abgebildet. Die Dämmschichtstärke beträgt 280 mm, um den gleichen U-Wert zu erreichen wie in Abb. 2

ÜBLICHE PASSIVHAUSWAND:

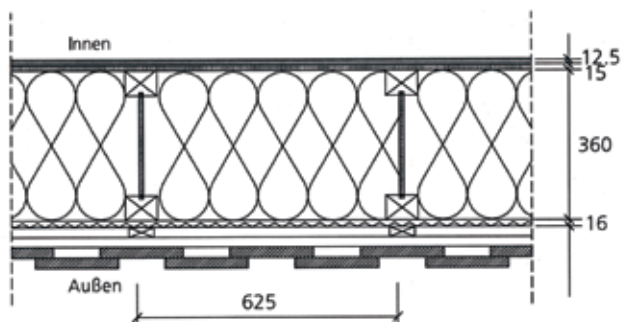


Abb. 2: Übliche Passivhauswand aus Doppelstegträgern. Bei vergleichbarem Dämmstoff bedeutet das eine Erhöhung der Dämmstoffdicke um 8 cm

HOCH WÄRMEGEDÄMMTE AUSSENBAUTEILE

BODENPLATTEN

Die Bodenplatte kann auf zwei Arten gedämmt werden: entweder auf der Außenseite durch druckfeste und feuchteunempfindliche Perimeterdämmung oder auf der Innenseite, indem man raumseitig den Dämmstoff aufbringt.

Kombinationen aus beiden Konstruktionsprinzipien sind natürlich auch möglich. Welcher Dämmstoffposition nun der Vorzug zu geben ist, obliegt dem Planer. Grundsätzlich muss man aber folgendes festhalten:

- Perimeterdämmung erleichtert ein wärmebrückenfreies Konstruieren
- Innendämmung erhöht das Risiko von feuchtebedingten Bauschäden am Anschluss Bodenplatte/Wand

Bei Tauwasserbetrachtungen findet immer noch überwiegend das Glaserverfahren Anwendung. Dieses kann aber bei der Beurteilung „Bauteil gegen Erdreich“ nicht mehr angewendet werden. Demzufolge begibt sich der Planer, wenn Dämmung teilweise oder ganz oberhalb der Bodenplatte (Warmseite) angeordnet werden soll, in Gefahr, Bauschäden zu verursachen [vgl. Abb. 3 und 4].



Abb. 3: Isothermenverlauf bei KLH-Wand auf Beton-Bodenplatte bei gleichzeitiger Innendämmung. Klar zu erkennen ist, dass die KLH-Platte von den 10°- und 12°-Isothermen geschnitten wird (Schimmelpilz- und Tauwasser-Isothermengrenze)

WÄRMESPEICHERUNG UND KLH

Um das energietechnische Verhalten eines Gebäudes bewerten zu können (z.B. durch den Energieausweis), ist es erforderlich, die wirksame Wärmespeicherfähigkeit zu ermitteln. Man spricht auch von der speicherwirksamen Masse m_w [kg].

Solare und interne Wärmegewinne sind für das Wirkprinzip Passivhaus von fundamentaler Bedeutung. Im Winter als Speicher für Wärme (Kachelofenprinzip) und im Sommer zur Pufferung der Innenraumtemperaturen. Der Ausnutzungsgrad η ist ein Faktor, der die gesamten monatlichen oder jahreszeitlichen Gewinne (innere und passiv-solare) auf den nutzbaren Teil der Wärmegewinne reduziert. Je höher also m_w , umso höher ist der Ausnutzungsgrad η .

GEMÄSS DEM VEREINFACHTEN ANSATZ NACH EN 832 DARF UNTERSCHIEDEN WERDEN ZWISCHEN:

$\eta = 1,00$ für schwere Bauweisen

$\eta = 0,98$ für mittelschwere Bauweisen

$\eta = 0,90$ für leichte Bauweisen

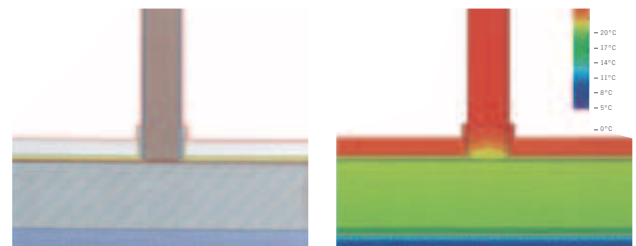


Abb. 4: Isothermenverlauf bei KLH-Wand auf Beton-Bodenplatte bei gleichzeitiger Außendämmung. Klar zu erkennen ist, dass die KLH-Platte von den 10°- und 12°-Isothermen nicht mehr geschnitten wird (Schimmelpilz- und Tauwasser-Isothermengrenze)

HOCH WÄRMEGEDÄMMTE AUSSENBAUTEILE

ALS LEICHTE BAUWEISEN KÖNNEN EINGESTUFT WERDEN:

- Gebäude in Holzbauart ohne massive Innenbauteile
- Gebäude mit abgehängten Decken und überwiegend leichten Trennwänden
- Holzleichtkonstruktionen, mit jeder Art von Estrichen

ALS MITTELSCHWERE BAUWEISEN KÖNNEN EINGESTUFT WERDEN:

- Gebäude mit großteils massiven Außen- und Innenbauteilen, schwimmenden Estrichen und ohne abgehängte Decken
- Ziegel- und Stahlbetonbauweisen
- Massivholzbauweise (vollflächige Brettschichtholz- bzw. Brettstapelbauweise), mit und ohne Estrich, unter der Voraussetzung, dass raumseitig keine abgehängten Decken oder hohle oder wärme gedämmte Wandvorsatzschalen eingebaut sind

ALS SCHWERE BAUWEISEN KÖNNEN EINGESTUFT WERDEN:

- Gebäude mit sehr massiven Außen- und Innenbauteilen (Altbaubestand)

KLH kann bezüglich Wärmespeicherfähigkeit mit Ziegel- und Stahlbeton-Mischbauweise verglichen werden und nutzt die solaren wie internen Wärmegewinne besser als der Holzriegelbau.

Einen durchaus nennenswerten Einfluss auf die Temperaturstabilität und damit auf die Behaglichkeit im Sommer hat die den Innenräumen zugewandte Wärmekapazität der innenliegenden Bauteilschichten – wichtig sind dabei vor allem die Innenwände und Zwischendecken. (aus: www.passipedia.de)

PASSIVHAUS UND PHASENVERSCHIEBUNG

Das Temperatur-Amplitudenverhältnis von opaken Außenbauteilen spielt beim Dämmstandard des Passivhauses keine Rolle mehr – weder für den Jahresheizwärmebedarf noch für die sommerliche Behaglichkeit.

Die Ursache liegt darin, dass hoch wärme gedämmte Bauteile bereits eine so starke Verringerung der Amplituden unabhängig von der Zeitperiode bewirken, dass die zusätzlichen dynamischen Dämpfungseffekte nicht mehr relevant sind. Bei schlecht(er) gedämmten Bauteilen wird der Einfluss des TAV dagegen erkennbar.
(aus: www.passipedia.passiv.de)

03 WÄRME- BRÜCKEN- FREIHEIT

ALLGEMEINES

Per Definition sind Wärmebrücken Bereiche in einer Gebäudehülle mit einem signifikant höheren Wärmedurchgang. Unregelmäßigkeiten in dem ansonsten ungestörten Außenbauteil werden durch den gemittelten U-Wert erfasst und brauchen nicht mehr berücksichtigt werden. Diese führen zu einem höheren Energieverbrauch und evtl. sogar zu Schimmelbildung an der Bauteilinnenseite.

Mit der stetigen Zunahme der Dämmstoff-Stärken gewinnen auch Elemente wie z. B. die Anschlussfuge zweier Bauteile eine immer größere Bedeutung. Die Vermeidung von Wärmebrücken stellt nach den Erfahrungen im Passivhausbau eine der wirtschaftlichsten technischen Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz dar.

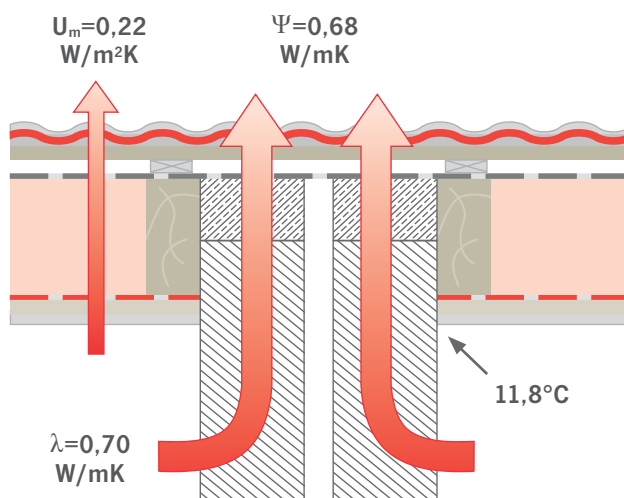


Abb. 5: Über einen laufenden Meter Wärmebrücke am Mauerwerkskopf geht genauso viel Wärme verloren wie über drei Quadratmeter ungestörte Dachfläche. Schwächen im Dachbereich lassen sich bei Schneelage wie in diesem Bild sehr einfach auch optisch erkennen am abgetauten Schnee

WÄRMEBRÜCKENFREIHEIT DER KONSTRUKTION

In der Fläche bestimmt man den Regelwärmeverlust mit Hilfe des gemittelten U-Wertes des Bauteiles, multipliziert mit der Temperaturdifferenz zwischen innen und außen und der Gesamtfläche (Außenmaße sind zu verwenden) des Bauteils.

Wärmeverluste durch Unregelmäßigkeiten im Bauteil (Bauteilstöße oder punktuelle Durchdringungen) werden mit dem Koeffizienten Ψ_a [W/(m*K)] (lineare Wärmebrücke) oder χ [W/K] (punktuelle Wärmebrücke) dargestellt. Multipliziert mit den vorhandenen Laufmetern Kante bzw. mit der Anzahl der punktuellen Wärmebrücken erhält man den zusätzlichen Wärmeverlust über die Wärmebrücken. Der Gesamtwärmeverlust ergibt sich aus der Summe von Regelwärmeverlust und dem Verlust aus vorhandenen Wärmebrücken.

Geometrische Wärmebrücken sind in aller Regel unproblematisch. Sie entstehen, wenn Außenbauteile mit unterschiedlicher Orientierung aneinanderstoßen und sich deshalb das Außenmaß vom Innenmaß unterscheidet – z. B. an einer Hauskante, am Traufenanschluss, am Örtgang oder am First.

Abbildung 6 zeigt hingegen eine konstruktive Durchdringung, die einer energetischen Berechnung unterzogen werden muss, falls sie konstruktiv nicht zu vermeiden ist. Durch eine strikte Trennung von statischer Tragstruktur und Dämmebene lassen sich konstruktive Wärmebrücken am einfachsten vermeiden.



Abb. 6: Eine lineare Wärmebrücke im Entstehen. Wird der Stahlträger nicht noch in die Dämmung eingebunden, so ist Tauwasserausfall vorprogrammiert

WÄRMEBRÜCKENFREIHEIT DER KONSTRUKTION

Abbildung 7 zeigt den Planungsgrundsatz vom breiten Stift. Man bedient sich dazu maßstäblicher Zeichnungen der Gebäudehülle. Für ein Passivhaus verwendet man einen Zeichenstift, dessen Breite einem Wärmedurchgangswiderstand von $R=6 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ entspricht. Für einen Dämmstoff der WLГ $0,04 \text{ W}/(\text{mK})$ sind dies 24 cm maßstäbliche Breite.

Wenn es nun gelingt, die Außenhülle des Gebäudes in dieser vollen Breite innerhalb des Dämmstoffes unterbrechungsfrei zu umfahren, kann man sicher sein, dass die so getesteten Details das Kriterium der Wärmebrückenfreiheit erfüllen.

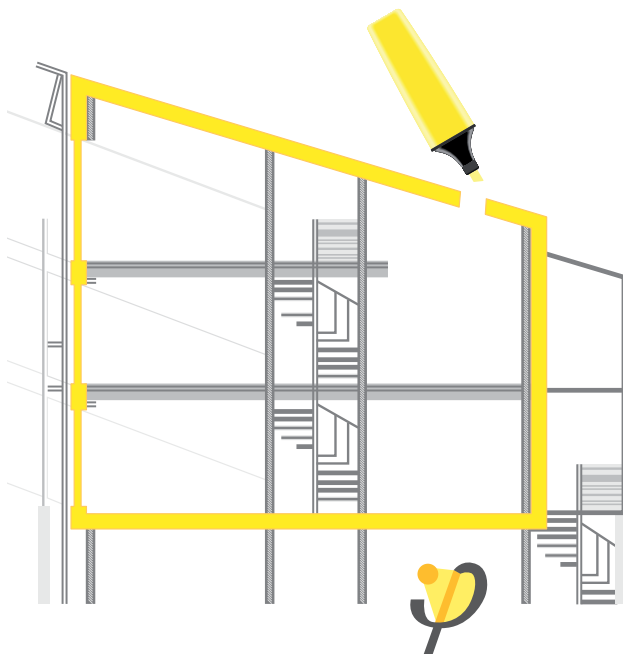


Abb. 7: Planungsgrundsatz vom „breiten Stift“ [www.passiv.de]

KONSTRUKTIVE WÄRMEBRÜCKEN SOLLEN EINEN WERT VON

$$\Psi_a = 0,01 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

nicht überschreiten. Erreicht man durch günstige Auswahl der konstruktiven Details, dass jeder Wärmebrückenverlustkoeffizient diesen Wert nicht überschreitet, so wird die Summe daraus gegenüber den Regelwärmeverlusten der Bauteilflächen vernachlässigbar gering und die Konstruktion ist wärmebrückenfrei. Der Index „a“ steht für Außenmaßbezug und wird allgemein verwendet. Wohingegen „i“ für Innenmaßbezug steht, jedoch für die Praxis keine nennenswerte Bedeutung mehr besitzt.

PUNKTUELLE WÄRMEBRÜCKEN

Punktuelle Wärmebrücken, wie sie evtl. auch durch Verbindungsmittel entstehen können, werden in der ISO 6946 „Bauteile – Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient – Berechnungsverfahren“, Anhang D, behandelt. Hier steht einerseits die detaillierte Berechnung nach ISO 10211 „Wärmebrücken im Hochbau – Wärmeströme und Oberflächentemperaturen – Detaillierte Berechnung“ (3D-Simulation) oder andererseits das im Anhang D beschriebene vereinfachte Verfahren zur Berücksichtigung von Befestigungsmitteln zur Verfügung. Wenn die Gesamtkorrektur nach Anhang D der ÖNORM EN ISO 6946 kleiner als 3 % von U ist, dann brauchen punktuelle Wärmebrücken jedoch nicht berücksichtigt zu werden.

Die Umsetzung von wärmebrückenfreien bzw. stark reduzierten Konstruktionen mit KLH-Massivholzplatten fällt außerordentlich leicht. Durch die konsequente Trennung von Trag- und Dämmebene wird das Entwickeln eines Passivhauses mit KLH zum Kinderspiel.

KLH®



04 LUFT- DICHTHEIT

ALLGEMEINES

Die Luftwechselrate, kurz n_{50} -Wert, ist ein Gradmesser für die Dichtheit eines Gebäudes. Bestimmt wird der n_{50} -Wert mit Hilfe eines Ventilators, der in eine der Gebäudeöffnungen eingebaut wird, und einen Über- bzw. Unterdruck von 50 Pascal erzeugt. Über Blendenweite vor dem Ventilator und Drehzahl des Lüfters wird dann die transportierte Luftmenge in $[m^3/h]$ (Mittelwert aus Über- und Unterdruckmessung) bestimmt und durch das Gebäudeluftvolumen dividiert. Als Ergebnis erhält man die Leckagerate in $[1/h]$.

Luftdichtheit ist kein Luxus, sondern eine Notwendigkeit. Die oft gebrauchte Argumentation – auch von Meistern ihres Faches – ein „bisschen undicht schadet nicht“, ist schädlich für die gesamte Baubranche.

Eine Be- und Entlüftung über Fugen, seien sie nun ungewollt am Gebäude oder (mut-)willig in Fensterrahmen integriert, ist nicht möglich; hohe Energieverluste und feuchtebedingte Bauschäden durch Tauwasser jedoch schon.

DIE VORTEILE EINER LUFTDICHTEN GEBÄUDEHÜLLE SIND:

- Vermeidung von feuchtebedingten Bauschäden
- Vermeiden von Zugluft und Fußkälte
- Vermeiden von hohen Infiltrationswärmeverlusten
- Grundlage für den Einsatz einer regelbaren, bedarfsorientierten Lüftung
- Grundlage für eine funktionierende Wärmedämmung
- Verbesserung des Schallschutzes
- Verbesserte Innenraumluftqualität

Gut, wenn dann das tragende Bauteil für sich schon dicht genug ist. 5s-Platten von KLH oder 3s-Platten kombiniert mit z.B. Folien machen es dem Anwender leicht, die Mindestwerte der Luftdichtheit weit zu übertreffen. Für den Fugenbereich stehen vorgefertigte Folien, Pappstreifen und Klebebänder zur Verfügung.

LUFTDICHTHEIT

ZU ZEITEN UNDICHTER FENSTER, TÜREN UND
OFENHEIZUNGEN GALT:

„Einen fernerer Grund, auf frische Luft in den Wohnungen strenge zu achten, haben wir in der Erfahrung, dass schlechte Luft die Quelle vieler chronischer Leiden ist, und dass sie sicherlich einen großen Anteil an den Volksübeln: Scrofeln, Tuberkeln etc. hat. Wo also die natürliche Ventilation nicht ausreicht, die Vermehrung des Kohlesäuregehaltes der Luft in unseren Wohn- und Schlafräumen um 1 pro mille zu verhindern, dort hat künstliche Ventilation einzutreten.“ (M. v. PETTENKOEFER 1858)

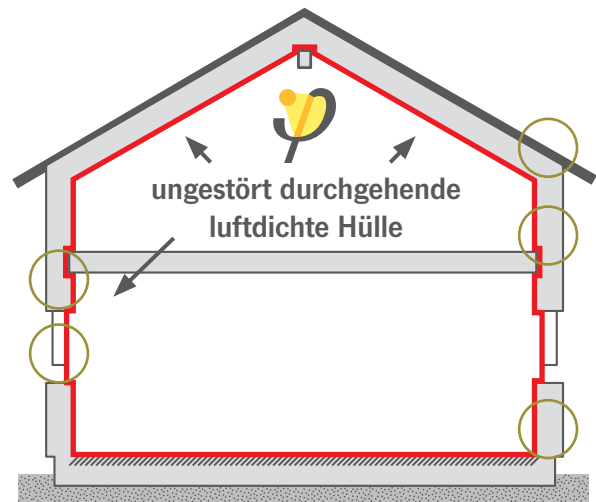


Abb. 8: Die luftdichte Hülle muss vorher in allen Detailpunkten geplant sein. Systeme verschiedener Anbieter sollten nicht kombiniert werden [www.passiv.de]

LUFTDICHTHEIT

PLANUNGSGRUNDSATZ

Die Luftdichtebene umschließt das Gebäude ohne abzusetzen. Es gibt nur eine Dichtebene, die nur durch bewusst geplante Öffnungen, z.B. für Lüftungen, unterbrochen werden darf.

Wer mit KLH massiv baut, hat den Vorteil einer strikten Trennung der drei funktionalen Ebenen „Tragwerk, Dichtung, Dämmung“. Wer jedoch massiv fossil, z.B. mit Ziegel baut, hat eine Durchmischung der Funktionsebenen, und dadurch zusätzliche Fehlerquellen. Bei der Ziegelwand wird bei Installationen permanent der als Dichtebene benötigte Innenputz unterbrochen. Diese Schwachstellen müssen nachher mit hohem Aufwand beseitigt werden.

Blower-Door Messprotokoll
Minneapolis Blower Door Modell 3

Objekt: Gengl Wohnst. | Auftraggeber: Gengl Wohnst.
Adresse: Schattstraße 7 | Tel.: 0049 779 71 72
PL 9991 Ruppert | Ansprechpartner: | Tel.: |

Messdaten: | Messung durchgeführt von: Dr. G. Lohr | am: 18.03.2010

Beheiztes Volumen: 1430 m³ | Bemerkungen: Volumen vom Auftraggeber berichtet
Beheizte Fläche: m² | Leckagen: Deckenelement - Stoß, Ost, bis 0,47 m/s
Gebäudehöhe: m | Deckenelement - Stoß, Süd, bis 0,47 m/s
Innen Temperatur: 15,0 °C | Stoß Kniestock bis 0,6 m/s
Außen Temperatur: 9,0 °C |

Unterdruck				Überdruck			
Heizkörper	Gebäude	Gebäude	Außen	Heizkörper	Gebäude	Gebäude	Außen
Stoß	Stoß	Stoß	Stoß	Stoß	Stoß	Stoß	Stoß
Stoß	Stoß	Stoß	Stoß	Stoß	Stoß	Stoß	Stoß
30,0	30,0	205	-0,23	30,0	30,0	291	0,22
30,0	27,0	194	0,72	30,0	32,0	274	-0,66
30,0	23,0	179	-0,66	30,0	40,0	287	0,58
45,0	20,0	166	-0,67	45,0	39,0	236	0,18
40,0	17,0	153	0,19	40,0	32,0	213	-0,88
35,0	14,0	139	-0,03	35,0	27,0	194	0,58
30,0	10,0	100	0,00	30,0	20,0	140	0,00
25,0	7,0	70	0,00	25,0	15,0	105	0,00
20,0	5,0	50	0,00	20,0	10,0	70	0,00
15,0	3,0	30	0,00	15,0	7,0	49	0,00
10,0	2,0	20	0,00	10,0	5,0	35	0,00
5,0	1,0	10	0,00	5,0	3,0	17	0,00

Korrekturfaktor (nach 0,898) $f = 0,9997$ | Korrekturfaktor (nach 0,898) $f = 0,9997$
Gebäudekoeffizient nach C_{50} $C_{50} = 9,8$ | Gebäudekoeffizient nach C_{50} $C_{50} = 13,6$
Gebäudekoeffizient $n = 0,773$ | Gebäudekoeffizient $n = 0,773$

Ergebnis, Kenngrößen:

	n_{50}	Regenwasser	V_{50}	NRV ₅₀	n_{50}	ELR ₅₀
	m³/h	mm	m³/h	mm	mm	mm
Unterdruck	0,12	0,00	175	0,00	29	0,00
Überdruck	0,18	0,00	262	0,00	40	0,00
Mittelwert aus Unter- & Überdruck	0,15	0,00	218	0,00	34	0,00
Ergebnis	0,6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Das Gebäude entspricht den Anforderungen der Vorschritt Pass

Auftraggeber: | Bearbeiter: Dr. G. Lohr
Arch. Dipl.-Ing. Dr. Rüdiger Lohr | Tel.: 0049 779 71 72
Schattstraße 3, 9991 Ruppert
Tel.: 0049 779 71 72 | Fax: 0049 779 71 72

Druckprotokoll Version 4.0 | Nov 08 | Seite 2 | OK, 10/10

Luftdichtheitsmessung von Gebäuden
MINNEAPOLIS BLOWER DOOR

Messprinzip
Für die Messung der Luftdichtheitsmessung einer Wohnung oder eines Gebäudes wird ein Ventilator luftdicht in die Öffnung einer Außentür oder eines Fensters eingebaut. Bei Ventilatorbetrieb und geschlossenen Fenstern und Außentüren wird im Gebäude eine Druckdifferenz (Unter- oder Überdruck) zur Außenluft erzeugt.

Die Höhe der Druckdifferenz (bis 10 bis 50 Pascal) ist über die Ventilatorleistung einstellbar. Der bei der eingestellten Druckdifferenz geförderte Luftstrom wird als Volumenstrom der Luftdichtheitsmessung bezeichnet. Der gemessene Volumenstrom bei Unter- und Überdruck bei einer Druckdifferenz von 50 Pascal ergibt die Kennwerte der Luftdichtheitsmessung.

Wie viel sind 50 Pascal?
Pascal ist eine Druckeinheit. 1 Pascal ist erreicht, wenn auf eine Fläche von 1 m² genau 0,1 kg Gewicht wirkt. Bei 50 Pascal sind es 5 kg oder 8 mm Wassersäule. 50 Pascal beträgt der Staudruck in der Mitte einer Wand, die vom Wind mit einer Geschwindigkeit von 9 m/s senkrecht angeströmt wird.

Volumenbezogene Luftdichtheitsmessung n_{50}
Wenn der Volumenstrom der Luftdichtheitsmessung V_{50} durch das innere Volumen V_i des untersuchten Gebäudes (Wohnung) geteilt wird, erhält man die volumenbezogene Luftdichtheitsmessung n_{50} . Die volumenbezogene Luftdichtheitsmessung ermöglicht die Bewertung der Dichtigkeit eines Gebäudes bzw. einer Wohnung.

Hinweise zur Bewertung der volumenbezogenen Luftdichtheitsmessung n_{50}

- $n_{50} < 0,5 \text{ h}^{-1}$ **Ausgezeichnete Luftdichtheit der Gebäudehülle:**
Das Gebäude bzw. die Wohnung erfüllt die Anforderungen an die Luftdichtheit für den Passivhausstandard.
- $n_{50} < 1,0 \text{ h}^{-1}$ **Sehr hohe Luftdichtheit der Gebäudehülle:**
Das Gebäude bzw. die Wohnung hat die Vorgaben der Richtlinie DIN V 4108-7 für den Einsatz mechanischer Abluftanlagen ein. Dieser Richtlinienbereich ist bei Fensterlüftung auch für Niedrigenergiegebäude und Gebäude in windexponierter Lage anzuwenden. Bei Fensterlüftung ist auf eine hinreichende Raumbelegung zu achten.
- $1,0 \text{ h}^{-1} < n_{50} < 2,0 \text{ h}^{-1}$ **Höhe bis mittlere Luftdichtheit der Gebäudehülle:**
Das Gebäude bzw. die Wohnung hält die Vorgaben der Richtlinie DIN V 4108-7 für natürliche Lüftung, z.B. Fensteröffnung, ein. Beim Einsatz mechanischer Abluftanlagen darf nach dieser Richtlinie eine volumenbezogene Luftdichtheitsmessung n_{50} von 1,0 je Stunde nicht überschritten werden.
- $2,0 \text{ h}^{-1} < n_{50} < 4,0 \text{ h}^{-1}$ **Mittlere bis niedrige Luftdichtheit der Gebäudehülle:**
Die in Aufnahmeprotokoll genannten Größen sind zu ermitteln. Nach der Richtlinie D für natürliche Lüftung, z.B. Fensteröffnung, eine volumenbezogene Luftdichtheitsmessung n_{50} gleich oder kleiner 3,0 je Stunde überschritten.
- $4,0 \text{ h}^{-1} < n_{50}$ **Unzureichende Luftdichtheit der Gebäudehülle:**
Eine umfassende Nachdichtung des Gebäudes ist erforderlich.

Zertifikat
über die Qualität der luftdichten Gebäudehülle

Das Gebäudehülle:

Objekt: Gengl Wohnst. | Auftraggeber: Gengl Wohnst.
Adresse: Schattstraße 7 | Tel.: 0049 779 71 72
PL 9991 Ruppert | Ansprechpartner: | Tel.: |

Vertrag der Gebäudemessung vom 18.03.2010 | Signatur: Dr. G. Lohr

Die gemessene Volumenstrom der Luftdichtheitsmessung V_{50} beträgt:

$V_{50} = 0,15 \text{ m}^3/\text{h}$

Die gemessene Volumenstrom der Luftdichtheitsmessung V_{50} beträgt:

$V_{50} = 0,15 \text{ m}^3/\text{h}$

Die Anforderungen der Vorschritt Pass sind erfüllt.

Dieses Zertifikat besteht aus 2 Seiten.
Erstellt am: 18.03.2010

Dr. G. Lohr

Logo: Ein Haus mit einem Pfeil, der nach oben zeigt, und dem Text "Passivhaus".

Abb. 9: Ein Blower-Door-Test in einem Passivhaus gebaut mit KLH-Massivholzplatten. Mit Hilfe eines hervorragenden Luftdichtheitskonzeptes konnte ein n_{50} -Wert von $0,15 \text{ h}^{-1}$ realisiert werden [mit freundlicher Unterstützung durch Eberle • d e n k f a b r i k • Dornbirn, Österreich]

LUFTDICHTHEIT

DURCHDRINGUNGEN

Ziel sollte es immer zuerst sein, Durchdringungen der Gebäudehülle bzw. Luftdichtebene zu vermeiden oder zumindest auf ein Minimum zu reduzieren.

Einzelne Durchdringungen mit Stromkabeln, Sanitär-, Ver- und Entsorgungsleitungen sind nie ganz zu vermeiden. Sind sie dennoch notwendig, so sollten sie – wie auf den Bildern dargestellt – entsprechend abgedichtet und ausgeführt werden.

Wichtig ist dabei, dass die Details geplant werden. Das beinhaltet auch, dass die Baustoffe aufeinander abgestimmt werden, denn nur so kann die Dichtheit über den Nutzungszeitraum von Jahrzehnten sichergestellt werden.

Durch die konsequente Trennung von Trag-, Dicht- und Dämmebene bei einer Konstruktion mit KLH-Massivholzplatten sind solche Anschlüsse schnell, sicher und dauerhaft herzustellen.



Abb. 11: Sind Durchdringungen nicht zu vermeiden, sollten zur Abdichtung geeignete und geprüfte Systeme verwendet werden. Schnelle und dauerhaft dichte Montage rechtfertigen die Mehrkosten [mit freundlicher Unterstützung der Firma pro clima 2011]



Abb. 10: Sind Durchdringungen nicht zu vermeiden, sollten zur Abdichtung geeignete und geprüfte Systeme verwendet werden. Schnelle und dauerhaft dichte Montage rechtfertigen die Mehrkosten [mit freundlicher Unterstützung der Firma pro clima 2011]

05 WÄRMERÜCKGEWINNUNG

WÄRMERÜCKGEWINNUNG AUS DER FORTLUFT

Die Wärmerückgewinnung aus der Abluft ist unabdingbar, um den niedrigen Heizwärmebedarf eines Passivhauses zu gewährleisten. Würde die Brauchluft einfach nur nach außen abgeführt werden, so würde sich der Bedarf an Heizenergie nicht mehr unter 30 kWh/(m²a) absenken lassen.

Fensterlüftung, heute immer noch weit verbreitet, ist nicht mehr Stand der Technik, um für ausreichende Luftqualität zu sorgen. In Gegenden mit hoher Lärmbelastung (z.B. Flug- und Straßenverkehr) weiß jeder um die Vorteile solcher Technologie.

Spätestens jedoch im Winter wird jedem klar, was es bedeutet, morgens ausgeruht aufzuwachen, dank einer ausreichenden Versorgung mit Sauerstoff. Was im Pkw in Form von Lüftung und Klimaanlage eine Selbstverständlichkeit darstellt, ist in Gebäuden immer noch eher die Ausnahme denn die Regel.

Wenn man aber nun vergleicht, wie viel Zeit der Mensch in Gebäuden und in Fahrzeugen verbringt, stellt sich unweigerlich die Frage: Warum soll ein Haus dümmel sein als ein Auto?

Die niedrigen Luftwechselraten, die mit der KLH-Bauweise leicht realisierbar sind, ermöglichen einen wirtschaftlichen Betrieb von Lüftungs- und Heizungsanlagen.

BEI DER INSTALLATION EINER KONTROLLIERTEN WOHNRAUMLÜFTUNG SIND ZWEI DINGE AUF ALLE FÄLLE ZU BEACHTEN:

- Runde Rohrdurchmesser mit glatter Innenwandung zur besseren Reinigung der Leitungen verwenden
- Wiederbefeuchtung der Zuluft durch Sprühnebel an den Einblasöffnungen. Somit kann die Hygiene im Rohrsystem gewährleistet werden.

Insbesondere der letzte Punkt führt, wenn er nicht beachtet wird, zu Beeinträchtigungen für Nutzer und Konstruktion. Der Mensch fühlt sich während der Heizperiode unwohl, da die Raumluft zu trocken wird, und auch die KLH-Platte reagiert mit erhöhtem Schwund.

Aufgrund kompakter Bauweise können Lüftungsgeräte problemlos an der Wand befestigt und hinter Installationsebenen versteckt werden; KLH-Massivholzplatten

WÄRMERÜCKGEWINNUNG AUS DER FORTLUFT

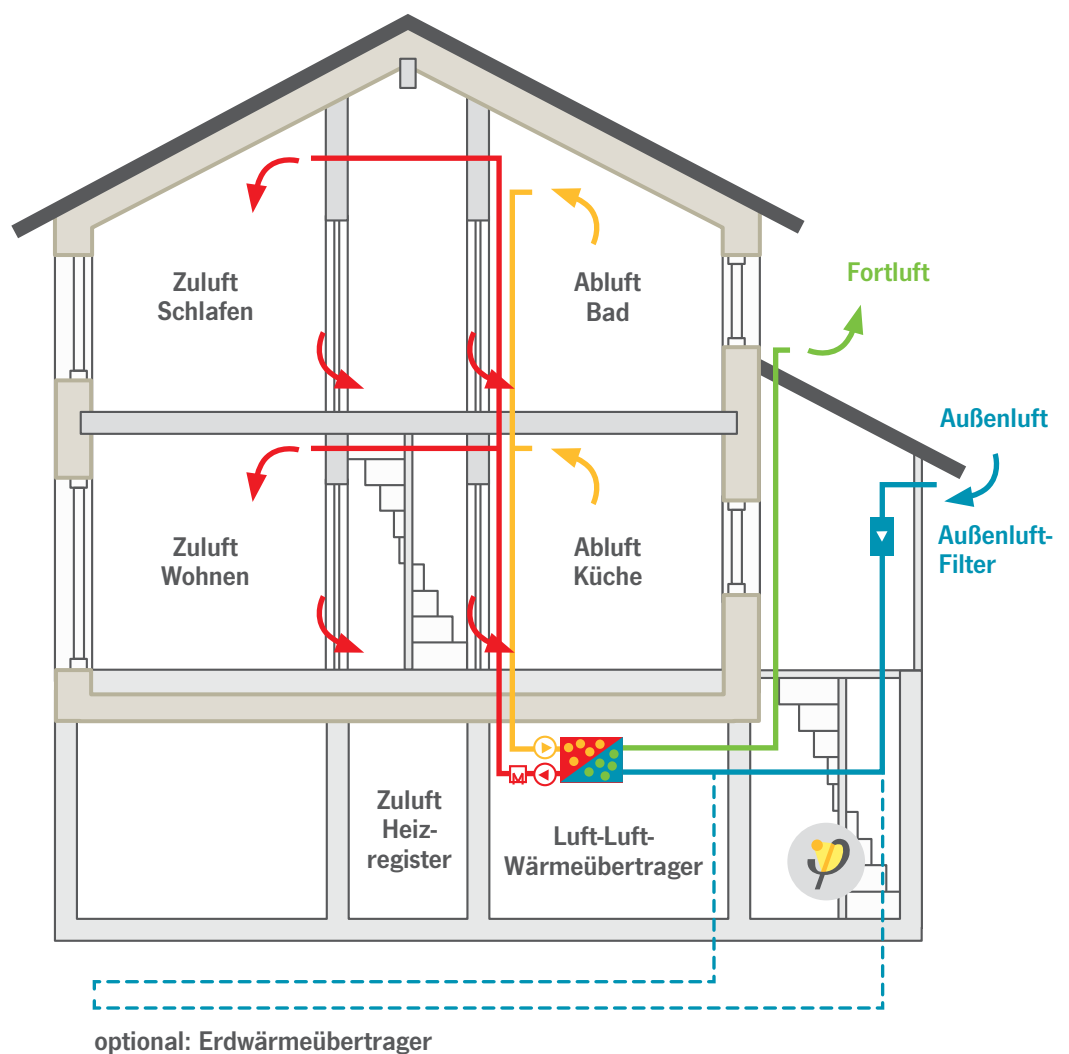


Abb. 12: Mit moderner Lüftungstechnologie kann mittlerweile das 8 bis 15-fache an Energie aus der Abluft zurück-erhalten werden, als zu ihrem Betrieb notwendig ist.

WÄRMERÜCKGEWINNUNG AUS DER FORTLUFT

sind dafür bestens geeignet und können die zusätzliche „Last“ spielend aufnehmen. Die Zu- und Abluftleitungen sind mit einem Außenrohrdurchmesser von 60 mm noch schlank genug, um problemlos verlegt zu werden.

DIE ZU- BZW. ABLUFTÖFFNUNGEN KÖNNEN

- unter einer abgehängten Decke,
- hinter einer Vorsatzschale an der Wand
- oder im Fußbodenaufbau

untergebracht werden. Meist bietet sich dem Planer mehr als nur eine Option, um die Leitungsführung platzoptimiert zu planen.



Abb. 14: Leitungsführung hinter abgehängter Decke. System HOVAL [mit freundlicher Unterstützung durch Eberle • denkfabrik •, Dornbirn, Österreich]



Abb. 13: Montage einer Lüftungsanlage an einer KLH-Wand [mit freundlicher Unterstützung durch Eberle • denkfabrik •, Dornbirn, Österreich]

HEIZANLAGE

Per Definition eines Passivhauses ist die Heizlast so gering ($\leq 10 \text{ W/m}^2$), dass die noch fehlende Wärmemenge über eine Nachheizung der Zuluft, welche aus raumhygienischen Gründen sowieso erforderlich ist, bereitgestellt werden kann. Rechnerisch funktioniert ein Passivhaus also auch ohne aktives Heizsystem und dadurch wird zusätzlich die Wirtschaftlichkeit erhöht.

In der Praxis jedoch haben sich Passivhäuser vollkommen ohne aktives Heizsystem nicht durchgesetzt. Das hat unter anderem folgende Gründe:

- Heizwärmebedarfsberechnung berücksichtigt nicht individuelles Nutzerverhalten bzw. persönliche Vorlieben
- Geografische Gegebenheiten (Verschattung, Vegetation, Nachbarbebauung o.ä.) können nur schwer bis gar nicht berücksichtigt werden

WÄRMERÜCKGEWINNUNG AUS DER FORTLUFT

Flächenheizsysteme in Boden bzw. Wand haben sich in der Praxis bewährt. Durch niedrige Temperaturspreizung zwischen Vor- und Rücklauf und der sehr niedrigen Vorlauftemperatur im Allgemeinen können diese Systeme extrem energieeffizient betrieben werden. Entsprechende Kompaktgeräte mit Wärmepumpentechnologie, z.T. schon integriert in die Lüftungsanlage, haben sich bewährt und bedienen gleichzeitig das Brauchwarmwasser zuverlässig und witterungsunabhängig.



Abb. 15: Verrohrung einer Fußbodenheizung [mit freundlicher Unterstützung durch Eberle • denkfabrik •, Dornbirn, Österreich]

LÜFTUNG, HEIZUNG, WARMWASSER

PRINZIPIELL GLIEDERT SICH EINE LÜFTUNG IN DREI TEILE:

1. Verrohrung außen
2. Lüftung – Heizung – Warmwasser
3. Verrohrung innen

Was für den Leser auf den ersten Blick überraschend sein mag, nämlich Lüftung-Heizung-Warmwasser in einer Überschrift, ist seit 1997 Stand der Technik und

keine Fiktion mehr. Freies Durchatmen, wohlig warme Zimmer und unbeschwerter Badespaß – alles mit einem Gerät, das nicht größer als ein Kühlschrank ist.

Die Rohre für die Zu- und Abluft können je nach Vorliebe unter der Decke oder im Fußboden verlegt werden. Aufgrund eines gedrückten Querschnitts und der meist vorhandenen Fußbodenaufbauhöhen aus Schüttung und Trittschalldämmungen steht in aller Regel genügend Platz zur Verfügung.

Öffnungen können bei entsprechender Vorplanung mit geringem Aufwand bereits ab Werk erstellt werden. Werden dann auch noch die Versorgungsleitungen für Brauchwarmwasser in Versorgungssträngen zusammengefasst und optimiert, dann steht einer Verlegung im Fußboden im wahrsten Sinne des Wortes nichts mehr im Weg; denn Heizungsrohre gibt es auch nicht mehr.

Eine kurze Zusammenfassung soll zeigen, worauf der Nutzen im Passivhaus verzichten muss und was er dafür erhält.

EIN PASSIVHAUS VERZICHTET AUF:

- Gas- und Öltanks
- Anschluss an das örtliche Gasnetz
- Kamin
- Heizkörper
- Heizkostenabrechnungen
- Technikraum für Brenner und Boiler
- Bauschäden durch Raumfeuchte

EIN PASSIVHAUS GEWINNT AN:

- Raum zum Leben
- Komfort
- Gewissheit, auf dem richtigen Weg zu sein

06 WÄRME-GEWINNE

ALLGEMEINES

Die solaren Warmegewinne infolge der Strahlungstransmission durch transparente Bauteile werden gemäß EN 832 ermittelt.

SIE SIND ABHÄNGIG VON:

- Orientierung (Azimut und Neigung) der transparenten Bauteile
- Verminderung der Sonneneinstrahlung durch Verschattung (topografische oder bauliche Hindernisse, Pflanzen usw.)
- Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung
- Solare Warmegewinne über Wintergärten
- Warmegewinne durch transparente Wärmedämmungen

Eine Sonderstellung unter den Bauteilen im Passivhaus nimmt das Fenster ein. Es ist eine der entscheidenden Säulen eines Passivhauses.

War es in der Vergangenheit eine zur Belichtung erforderliche Schwachstelle in der Gebäudehülle, so wurde aus ihm dank modernster Technik eine unverzichtbare Funktionseinheit.

Hierzu eine kurze Zusammenfassung über die Entwicklung des Fensters in den vergangenen 40 Jahren und der daraus resultierenden Minderung der Heizkosten und Steigerung an Wohnkomfort:

VERGLASUNG	1-SCHEIBE	2-ISOLIER	2- WÄRME-SCHUTZ	3- WÄRME-SCHUTZ
				
U _g -Wert [W/(m²·K)]	5.60	2.80	1.20	0.65
Ob.-Temperatur in °C	-1.8	9.1	15.3	17.5
g-Wert	0.92	0.80	0.62	0.48

Tabelle 2: Entwicklung der Verglasung in den vergangenen 40 Jahren. Effizienzsteigerung um den Faktor zehn [www.passiv.de]

SOLARE WÄRMEGEWINNE, FENSTER

Die Entwicklung führte zu immer besseren Verglasungen: vom 1-fach-Glas (ganz links) bis zu den passivhausgeeigneten Verglasungen (ganz rechts). Nur diese haben auch bei strenger Kälte behaglich warme Innenoberflächen. Geringerer Energieverlust und bessere Behaglichkeit gehen Hand in Hand. Drei-Scheiben-Verglasungen, Beschichtungen mit geringer Emissivität und ein opti-

mierter Rahmen haben dazu geführt, dass mit diesen Fenstern nicht wie ehemals Heizenergie verloren geht, sondern sogar gewonnen werden kann.

Unten sind nur einige Beispiele gezeigt, wie Rahmen und Scheibeneinstand ausgeführt werden können. Allen Passivhausfenstern gemein ist jedoch, dass sie die strengen

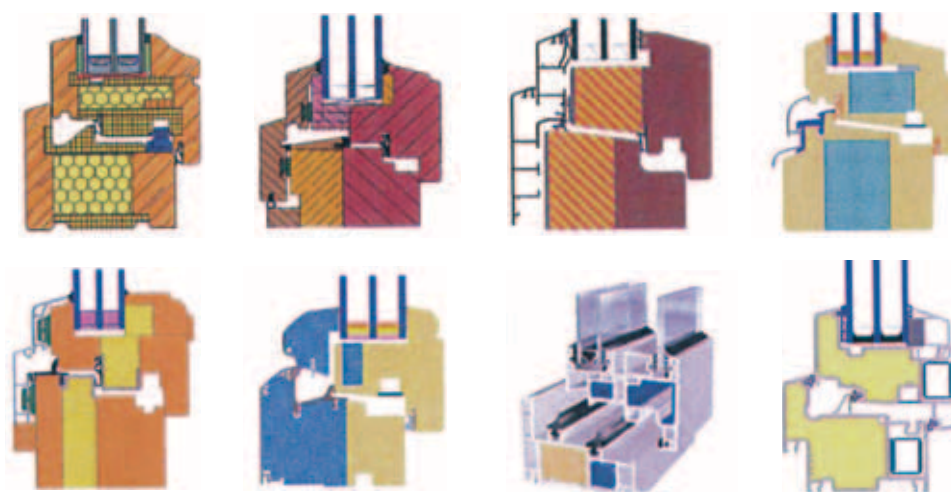


Abb. 16: Ebenso wie die Verglasung hat auch die Entwicklung der Fensterrahmen einen großen Schritt Richtung Energieeinsparung getan. Abb. 16 zeigt eine Übersicht über die Vielfalt an Konstruktionen [www.passiv.de]



SOLARE WÄRMEGEWINNE, FENSTER

Anforderungen von U-Fenstern $\leq 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ erfüllen. Und noch eine Gemeinsamkeit besitzen diese Fenster-rahmen: Sie sind kinderleicht an der KLH-Massivholzplatte zu montieren.

EINE BEFESTIGUNG Z.B. MIT ALU-WINKELN BRINGT GLEICH MEHRERE VORTEILE:

- Zuverlässiger Lastabtrag
- Freie Positionierung des Fensters in der Dämmebene
- Wärmebrückenfrei
- Schnell und einfach beim Anschluss an die KLH-Massivholzplatte
- Durch das Auflegen des geringfügig größeren Fensterstocks auf die präzise geschnittene Öffnung in der KLH-Platte wird die Schalldämmung der Einbausituation aufgewertet, da Fugen zwischen Wand und Fenster vermieden werden

Will man den Fensterrahmen noch weiter verbessern, so kann der Fensterstock auch überdämmt werden. Die damit einhergehende größere Verschattung der Glasfläche kann durch Abschrägen der Dämmung im Laibungsbereich verringert werden.

Bei Holz-Alu-Verbundkomponenten ist darauf zu achten, dass die Alu-Abdeckung der Rahmenüberdämmung angepasst wird. Wird die Alu-Schale auch im überdämmten Bereich ausgeführt, so bewirkt die sehr hohe Wärmeleitfähigkeit des Aluminiums eine deutliche Verschlechterung der Einbauwärmebrücke. Aus diesem Grund ist es anzustreben, die Alu-Deckschale nur knapp bis hinter die Putzkante zu führen. Ob eine solche Anpassung der Fensterkonstruktion möglich ist, muss mit dem Fensterhersteller geklärt werden.

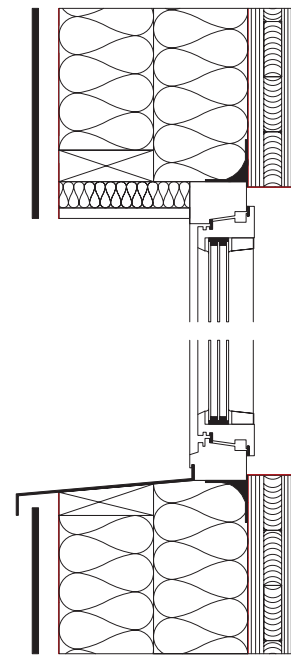
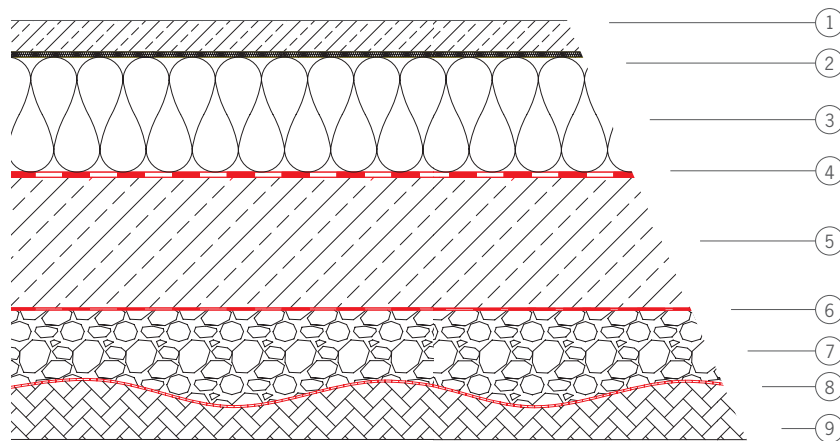


Abb. 17: Vertikalschnitt – Fensteranschluss mit Befestigungswinkel

07 BAUTEILE

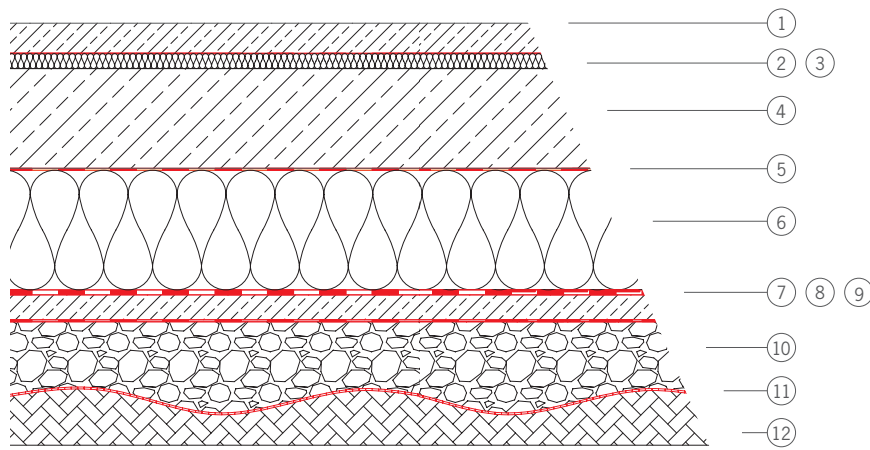
7.1 BODENPLATTEN



7.1.1 BODENPLATTE MIT GEDÄMMTER OBERSEITE

BAUSTOFFE	s	ρ	μ	s_d	c	s'	λ	U_m -Wert
	[cm]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[-]	[m]	[J/(kg·K)]	[MN/m ³]	
① Zementestrich	5	2.000	100	50	2,5	1.000	...	0,15
② PE-Weichschaum, Stöße verklebt	1	34	0,34	500	5	900	...	
③ EPS	22	20	4,4	30	6,6	1.500	...	
④ Bitu-Alu-Bahn	0,4	...	5,2	...	1500	1.260	...	
⑤ Stahlbeton	25	2.400	600	100	25	1.120	...	
⑥ Baupapier	...	...	0,1	...	...	...	...	
⑦ Dränschicht	15	1.800	270	2	0,3	1.000	...	
⑧ Filtervlies	...	...	0,14	1.000	...	1.000	...	
⑨ Erdreich	...	...	...	...	...	...	...	

BAUTEILE



7.1.2 BODENPLATTE MIT GEDÄMMTER UNTERSEITE

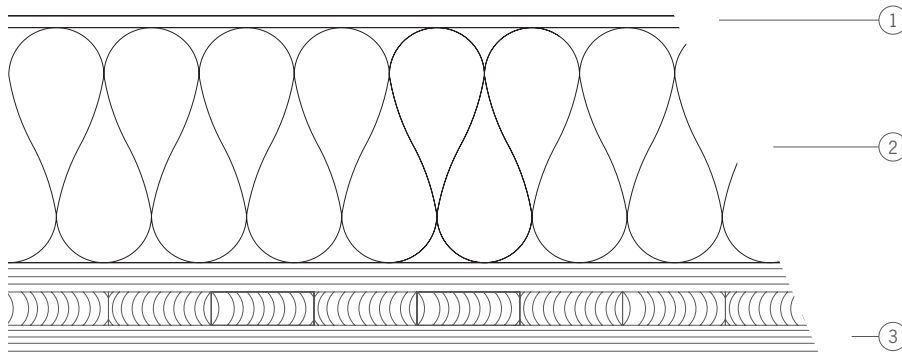
BAUSTOFFE	s	ρ	μ	s_d	c	s'	λ	U _m -Wert
	[cm]	[kg/m³]	[kg/m²]	[-]	[m]	[J/(kg·K)]	[MN/m³]	
① Zementestrich	5	2000	100	50	2,5	1.000	...	1,400
② PE-Folie, Stöße überlappt	0,02	...	0,2	100.000	20	790	...	0,230
③ Mineralwolle-Trittschalldämmung	3	...	2,7	1	0,03	1.030	10	0,035
④ Stahlbeton	20	2400	480	100	20	1.120	...	2,500
⑤ PE-Folie (2-lagig)	0,04	...	0,4	100.000	40	790	...	0,230
⑥ Schaumglas in Polymerbitumen	24	105	25,2	1.000.000	240.000	1.000	...	0,045
⑦ Polymer-Bitumen (2-lagig)	0,8	1050	8,4	40.500	324	1.260	...	0,170
⑧ Magerbeton/Sauberkeitsschicht	5	2000	100	100	5	1.080	...	1,200
⑨ Baupapier	...	...	0,1	...	...	...	...	0,170
⑩ Dränschicht	15	1800	270	2	0,3	1.000	...	0,700
⑪ Filtervlies	...	...	0,14	1.000	...	1.000	...	0,500
⑫ Erdreich	...	...	...	...	...	...	...	...

BAUTEILE

7.2 AUSSENWAND – TYPEN MIT KLH

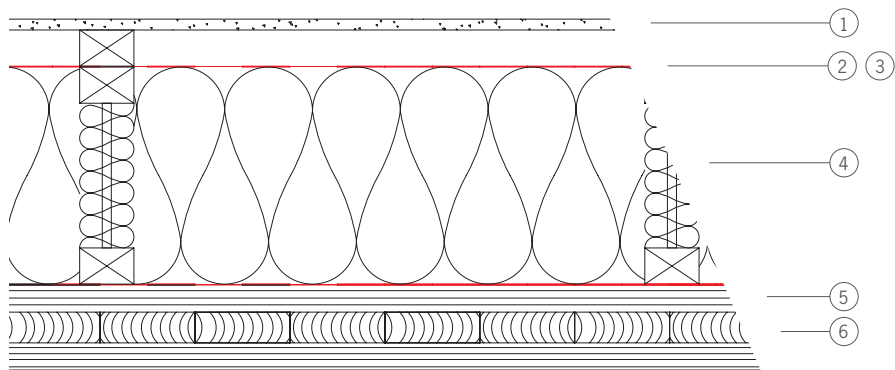
Um die verschiedenen Konstruktionen besser vergleichen zu können, wurde für alle Dämmstofftypen einheitlich eine WLG von 040 angenommen. Natürlich gibt es das eine oder andere Produkt, das diesen Wert mittlerweile unterschreitet, doch dies oft erst in der dritten Stelle hinter dem Komma des Lambda-Wertes. Weiters wurden zusätzliche Schichten auf der Raumseite weg-

gelassen, da sonst eine Vielfalt an Kombinationsmöglichkeiten entsteht, die den Rahmen sprengen würde. Trotzdem kann es im Einzelfall erforderlich sein auf eine Innendämmung zurückzugreifen, sei es für zusätzliche Installation oder zur Verbesserung des Brand- oder Schallschutzes.



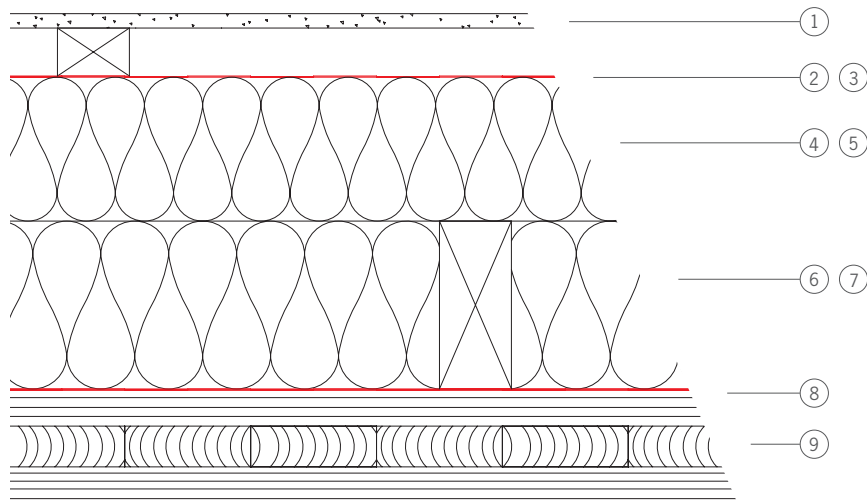
7.2.1 NICHT HINTERLÜFTETE FASSADE – KLH UND WDVS (WÄRMEDÄMMVERBUNDSYSTEM)

	BAUSTOFFE	s	ρ	μ	s_d	c	s'	λ	U_m -Wert
		[cm]	[kg/m³]	[kg/m²]	[-]	[m]	[J/(kg·K)]	[MN/m³]	[W/(m²·K)]
①	Putzsystem	0,7	1.200	8	15	0,075	1.120	...	2,000
②	Dämmung (EPS-F)	30	12	3,60	1	0,3	1.450	...	0,040
③	KLH-Platte (WSI oder 5-schichtig)	9,4	500	47	25/50	...	1.600	...	0,130

BAUTEILE

7.2.2 HINTERLÜFTETE FASSADE – STEGTRÄGER AUF KLH

BAUSTOFFE	s	ρ		μ	s_d	c	s'	λ	U_m -Wert
	[cm]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[-]	[m]	[J/(kg·K)]	[MN/m ³]	[W/(m·K)]	[W/(m ² ·K)]
① Fassade	...	...	...	...	...	...	...	...	0,12
② Luftschicht hinterlüftet, vertik.	4	...	...	...	...	...	...	...	
③ Winddichtung	0,05	...	0,5	22	0,01	1.000	...	0,170	
④ Dämmung zw. Stegen	33	35	...	1	0,33	910	...	0,040	
⑤ Luftdichtebene	0,01	...	0,40	100.000	10	790	...	0,500	
⑥ KLH-Platte	9,4	500	47	25/50	...	1.600	...	0,130	

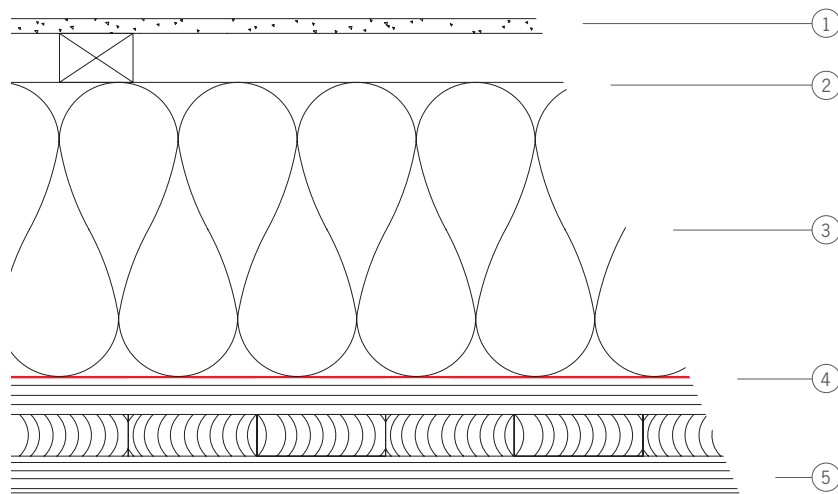
BAUTEILE



7.2.3 HINTERLÜFTETE FASSADE – KREUZHÖLZER AUF KLH

BAUSTOFFE	s [cm]	ρ [kg/m³]	μ [kg/m²]	μ [-]	s _d [m]	c [J/(kg·K)]	s' [MN/m³]	λ [W/(m·K)]	U _m -Wert [W/(m²·K)]
① Fassade	...	...	...	...	...	...	...	...	0,12
② Luftschicht hinterlüftet, vertikal	4	...	...	...	...	...	...	...	
③ Winddichtung	0,05	...	0,5	22	0,01	1.000	...	0,170	
④ Riegel 6x18, Raster 0,625 m (vertikal)	18	500	8,6	...	...	1.600	...	0,130	
⑤ Dämmung zw. Riegel	18	35	5,7	1	0,18	910	...	0,040	
⑥ Riegel 6x16, Raster 1,25 m (senkrecht)	16	500	3,8	...	...	1.600	...	0,130	
⑦ Dämmung zw. Riegel	16	35	5,3	1	0,16	910	...	0,040	
⑧ Luftdichtebene	0,01	...	0,40	100.000	10	790	...	0,500	
⑨ KLH-Platte	9,4	500	47	25/50	...	1.600	...	0,130	

BAUTEILE

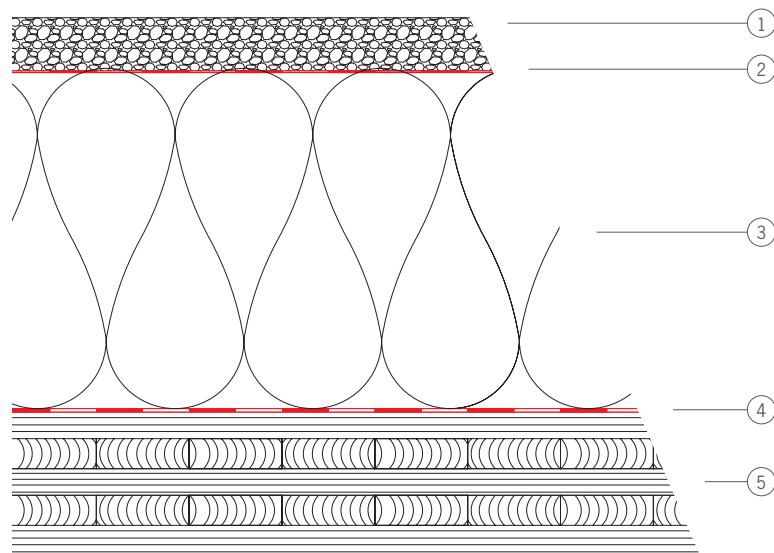


7.2.4 HINTERLÜFTETE FASSADE – GEKLEMMTE DÄMMUNG AUF KLH

	BAUSTOFFE	s	ρ	μ	s_d	c	s'	λ	U _m -Wert
		[cm]	[kg/m³]	[kg/m²]	[-]	[J/(kg·K)]	[MN/m³]	[W/(m·K)]	
①	Fassade	...	...	...	...	...	...	...	0,12
②	Luftschicht, hinterlüftet, vertik.	4	...	...	...	...	...	...	
③	Dämmung, druckfest, winddicht	30	160	48	1	0,30	1.030	0,040	
④	Luftdichtebene	0,01	...	0,40	100.000	790	...	0,500	
⑤	KLH-Platte	9,4	500	47	25/50	...	1.600	0,130	

BAUTEILE

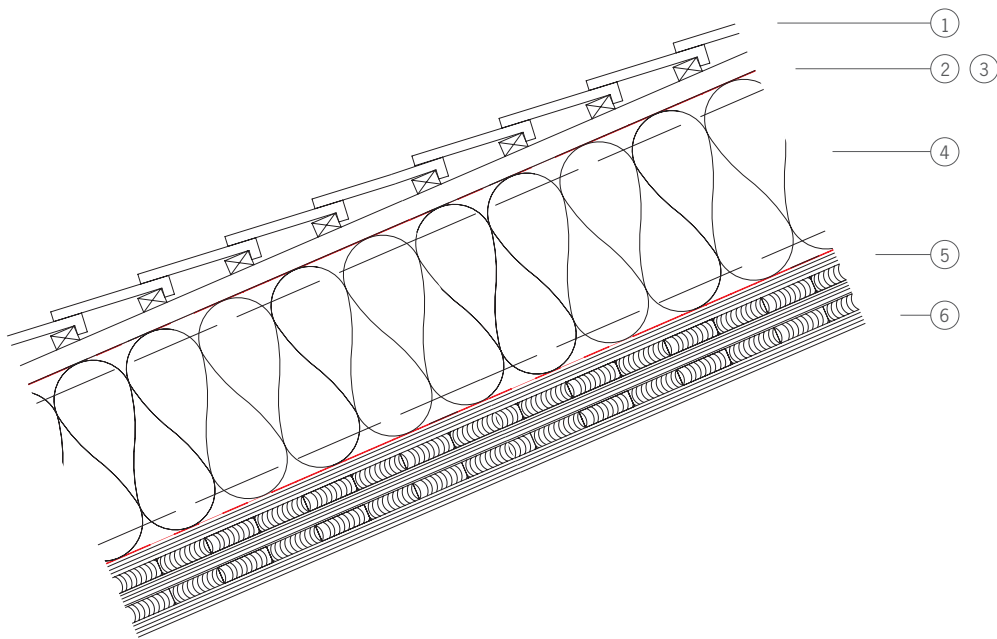
7.3 DACH MIT KLH



7.3.1 FLACHDACH MIT KLH

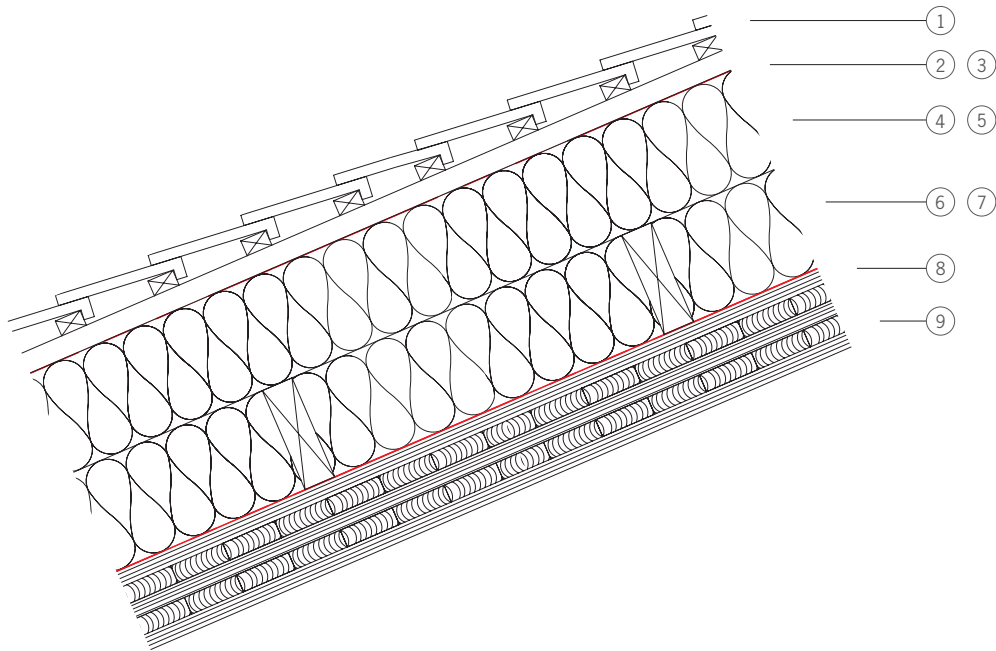
BAUSTOFFE		s	ρ	μ	s_d	c	s'	λ	U_m -Wert
		[cm]	[kg/m³]	[kg/m²]	[-]	[m]	[J/(kg·K)]	[MN/m³]	[W/(m²·K)]
①	Bekiesung 16/32	...	...	...	...	...	...	...	0,10
②	Polymerbitumen-Abdichtung	0,2	...	4,30	40.500	...	987	...	
③	Dämmung, druckfest	34	20	6,8	1	0,34	1.030	...	
④	Bitu-Alu-Bahn	0,4	...	5,2	...	1.500	1.260	...	
⑤	KLH-Platte	14,5	500	72,5	25/50	...	1.600	...	

BAUTEILE

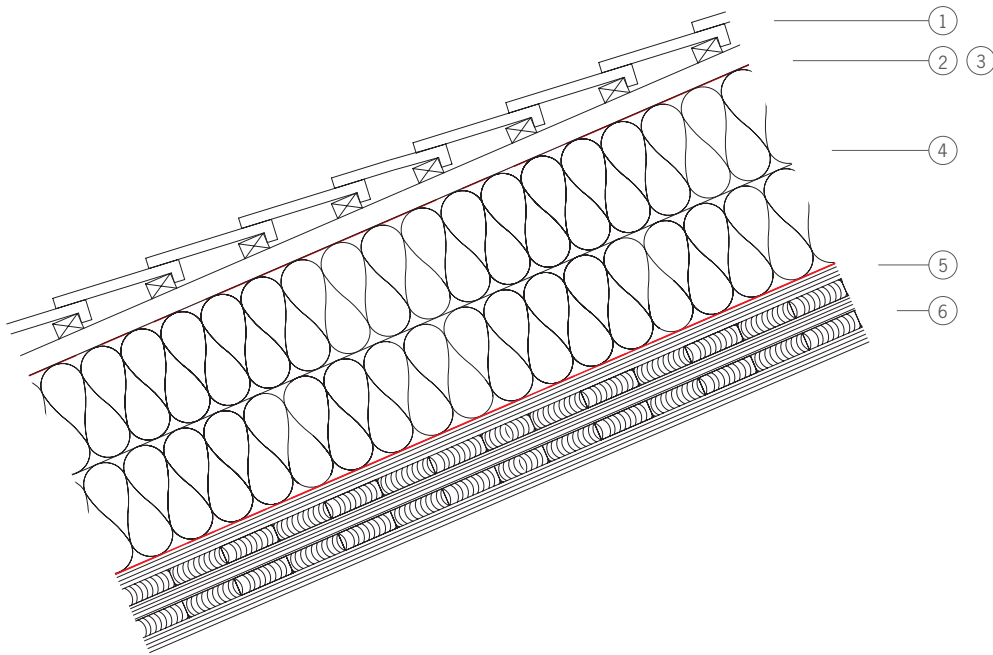


7.3.2 STEILDACH MIT KLH – STEGTRÄGER UND KLH

BAUSTOFFE	s	ρ	μ	s_d	c	s'	λ	U _m -Wert
	[cm]	[kg/m³]	[kg/m²]	[-]	[m]	[J/(kg·K)]	[MN/m³]	
① Dachdeckung	...	...	...	...	...	...	...	0,10
② Luftschicht hinterlüftet, vertik.	4	...	...	...	...	...	...	
③ Winddichtung	0,05	...	0,5	22	0,01	1.000	0,170	
④ Dämmung zw. Stegen	38	35	...	1	0,38	910	0,040	
⑤ Luftdichtebene	0,01	...	0,40	100.000	10	790	0,500	
⑥ KLH-Platte	14,5	500	72,5	25/50	...	1.600	0,130	

BAUTEILE

7.3.3 STEILDACH MIT KLH – KREUZHÖLZER UND KLH

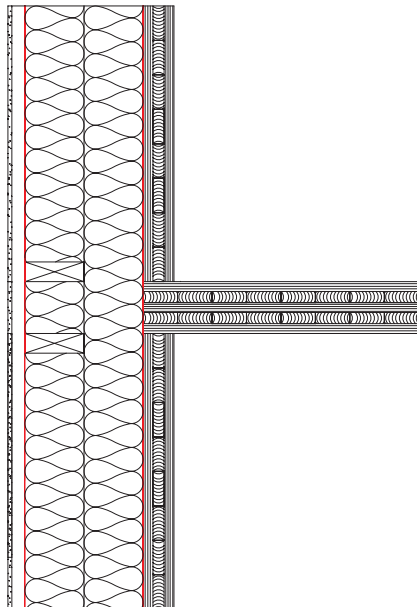
BAUSTOFFE	s	ρ	μ	s_d	c	s'	λ	U _m -Wert
	[cm]	[kg/m³]	[kg/m²]	[-]	[m]	[J/(kg·K)]	[MN/m³]	
① Dachdeckung	...	...	...	...	...	...	...	0,10
② Luftschicht hinterlüftet, vertikal	4	...	...	...	...	...	...	
③ Winddichtung	0,05	...	0,50	22	0,01	1.000	...	
④ Riegel 6x18, Raster 0,625 m (vertikal)	18	500	8,6	...	...	1.600	...	
⑤ Dämmung zw. Riegel	18	35	5,7	1	0,18	910	...	
⑥ Riegel 6x20, Raster 1,25 m (senkrecht)	20	500	4,8	...	...	1.600	...	
⑦ Dämmung zw. Riegel	20	35	6,7	1	0,20	910	...	
⑧ Luftdichtebene	0,01	...	0,40	100.000	10	790	...	
⑨ KLH-Platte	14,5	500	72,5	25/50	...	1.600	...	

BAUTEILE

7.3.4 STEILDACH MIT KLH – GEKLEMMTE DÄMMUNG UND KLH

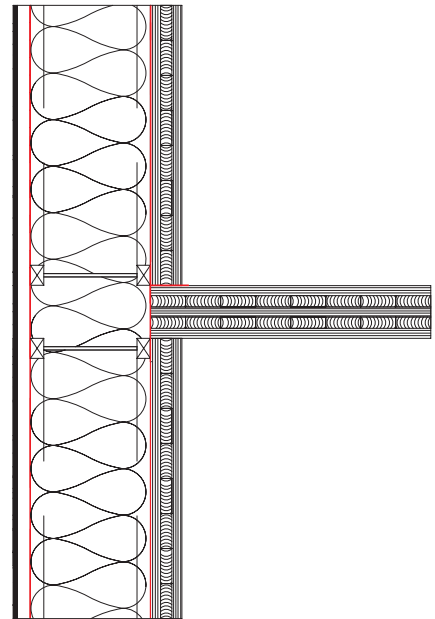
BAUSTOFFE	s	ρ	μ	S_d	c	s'	λ	U _m -Wert
	[cm]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[-]	[m]	[J/(kg·K)]	[MN/m ³]	
① Dachdeckung	...	...	...	...	...	...	...	0,12
② Luftschicht hinterlüftet, vertik.	4	...	...	...	...	...	...	
③ Regensichere Unterspannbahn, diffusionsoffen	0,05	...	0,50	22	0,01	1.000	0,170	
④ Dämmung druckfest	34	150	51	1	0,34	1.030	0,040	
⑤ Luftdichtebene	0,01	...	0,40	100.000	10	790	0,500	
⑥ KLH-Platte	14,5	500	72,5	25/50	...	1.600	0,130	

08 BAUTEIL- ANSCHLÜSSE

Einige Beispiele von Bauteilanschlüssen sollen zeigen, wie einfach die „Regel des breiten Stifts“ (vgl. S.12) bei der Planung mit KLH zu verwirklichen ist, ohne auf bewährte Bauprodukte verzichten zu müssen.

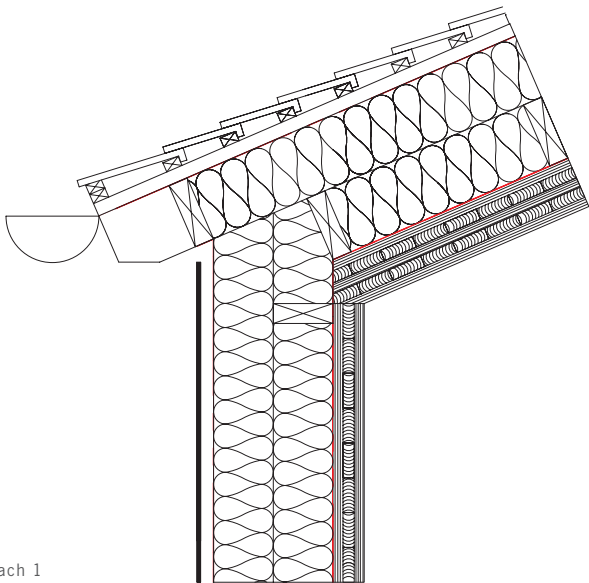


Decke 1

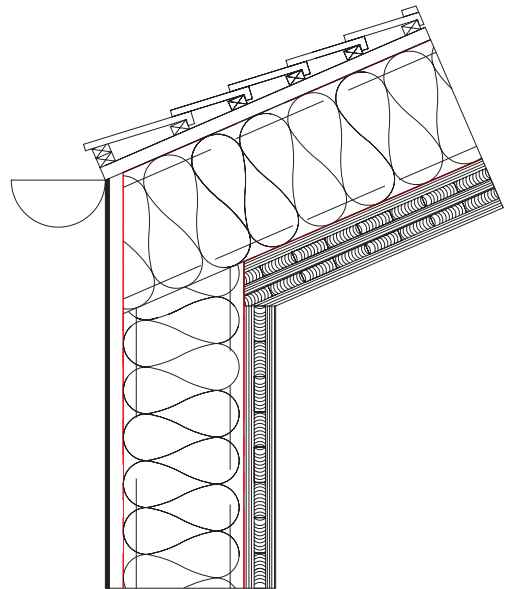


Decke 2

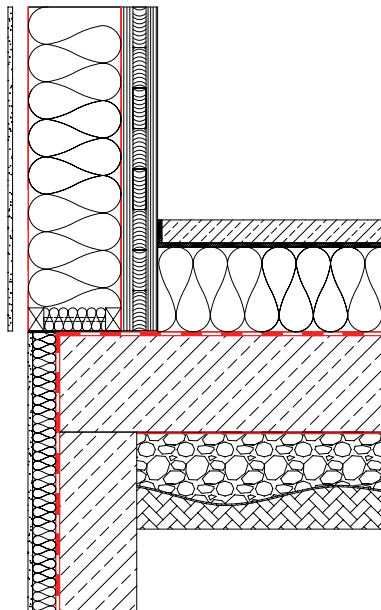
BAUTEILANSCHLÜSSE



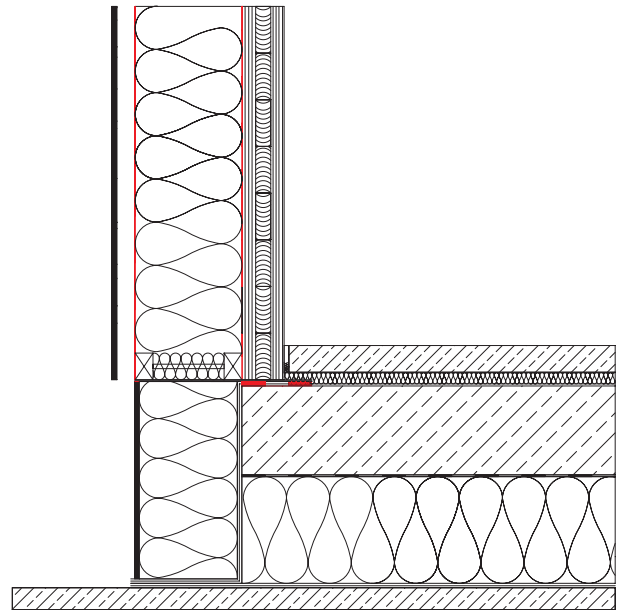
Dach 1



Dach 2



Sockel 1 – detaillierte Tauwasserbetrachtung notwendig – siehe auch Kapitel 02 „Hoch wärmegeämmte Außenbauteile: Bodenplatten“



Sockel 2

ABBILDUNGSVERZEICHNIS & QUELLENNACHWEIS

ABBILDUNGSVERZEICHNIS & QUELLENNACHWEIS

Tabelle 1: vgl. Kaufmann, B., Feist, W., John, M., Nagel, M.: Das Passivhaus – Energie-Effizientes-Bauen, INFORMATIONSDIENST HOLZ, Holzbau Handbuch Reihe 1, Teil 3, Folge 10, Seite 7, Hrsg. DGfH 2002

Tabelle 2: www.passiv.de

Abb. 1: vgl. Kaufmann, B., Feist, W., John, M., Nagel, M.: Das Passivhaus – Energie-Effizientes-Bauen, INFORMATIONSDIENST HOLZ, Holzbau Handbuch Reihe 1, Teil 3, Folge 10, Seite 9, Hrsg. DGfH 2002

Abb. 2: vgl. Kaufmann, B., Feist, W., John, M., Nagel, M.: Das Passivhaus – Energie-Effizientes-Bauen, INFORMATIONSDIENST HOLZ, Holzbau Handbuch Reihe 1, Teil 3, Folge 10, Seite 9, Hrsg. DGfH 2002

Abb. 3: BSPhandbuch – Kapitel F: Bauphysik – Hochbau – Leitdetails Holz-Massivbauweise in Brettsperrholz – Nachweise auf Basis des neuen europäischen Normenkonzepts, Technische Universität Graz – holz.bau forschungs gmbh – Karlsruher Institut für Technologie – Technische Universität München – Eidgenössische Technische Hochschule Zürich

Abb. 4: BSPhandbuch – Kapitel F: Bauphysik – Hochbau – Leitdetails Holz-Massivbauweise in Brettsperrholz – Nachweise auf Basis des neuen europäischen Normenkonzepts, Technische Universität Graz – holz.bau forschungs gmbh – Karlsruher Institut für Technologie – Technische Universität München – Eidgenössische Technische Hochschule Zürich]

Abb. 5: Borsch-Laaks, R., Kehl, K., Grafiken: EA NRW

Abb. 6: KLH

Abb. 7: www.passiv.de

Abb. 8: www.passiv.de

Abb. 9: Eberle • denkfabrik • aus Dornbirn, Österreich

Abb. 10: Fa. pro clima 2011

Abb. 11: Fa. pro clima 2011

Abb. 12: www.passiv.de

Abb. 13: Eberle • denkfabrik • aus Dornbirn, Österreich

Abb. 14: Eberle • denkfabrik • aus Dornbirn, Österreich

Abb. 15: Eberle • denkfabrik • aus Dornbirn, Österreich

Abb. 16: www.passiv.de

NOTIZEN

NOTIZEN



KLH MASSIVHOLZ GMBH

Gewerbestraße 4 | 8842 Teufenbach-Katsch | Austria

Tel +43 (0)3588 8835 0 | Fax +43 (0)3588 8835 20

office@klh.at | www.klh.at



Aus Liebe zur Natur



Gedruckt auf umweltfreundlichem Papier