

KLH®

MADE FOR BUILDING
BUILT FOR LIVING

BAUPHYSIK



IMPRESSUM

Version: Bauphysik, 06/2025

Herausgeber und für den Inhalt verantwortlich: © KLH Massivholz GmbH

KLH® sowie das KLH®-Logo sind international registrierte Schutzrechte der KLH Massivholz GmbH. Die Tatsache, dass ein Zeichen in dieser Liste nicht enthalten ist und/oder in einem Text nicht als Marke (Warenzeichen) gekennzeichnet ist, kann nicht so ausgelegt werden, dass dieses Zeichen keine eingetragene Marke (Warenzeichen) ist und/oder dass dieses Zeichen ohne vorherige schriftliche Zustimmung der KLH Massivholz GmbH verwendet werden könnte.

Aus rein redaktionellen Gründen (im Sinne des einfachen Verständnisses und der besseren Lesbarkeit) wird bei Personenbezeichnungen sowie personenbezogenen Hauptwörtern die männliche Form verwendet. Die Begriffe gelten für beide Geschlechter gleichermaßen.

INHALT

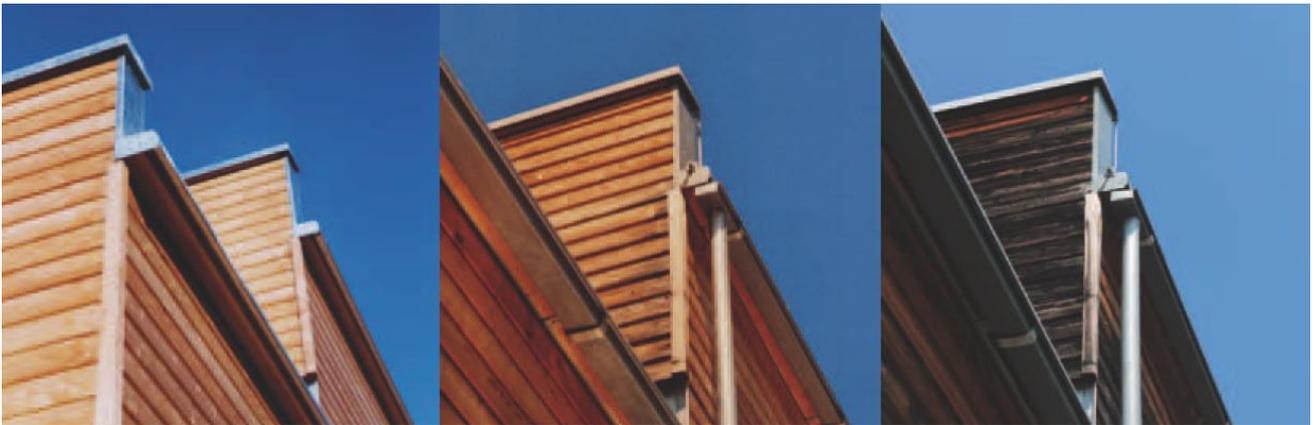
| | | |
|----|------------------------------------|----|
| 01 | HOLZ UND KLH® | 03 |
| 02 | FEUCHTESCHUTZ | 06 |
| 03 | WÄRMESCHUTZ | 09 |
| 04 | BRANDSCHUTZ | 12 |
| 05 | SCHALLSCHUTZ | 14 |
| 06 | LUFTDICHTHEIT | 18 |
| 07 | LITERATURVERZEICHNIS / LINKS | 20 |

BAU PHYSIK

ANSPRÜCHE AN DIE BAUPHYSIK

- Langfristige Schadensvermeidung am Gebäude
- Wärmeschutz und behagliches Raumklima über das ganze Jahr
- Schallschutz gegen Lärm von außen und innerhalb von Gebäuden
- Luftdichte Gebäudehülle
- Rasches Erkennen von außergewöhnlichen Schadensfällen (Rohrbruch, Beschädigungen der Gebäudehülle) sowie die bestmögliche Vorbereitung auf das Eintreffen solcher

01 HOLZ UND KLH®



Verwitterung Holzfassade [7.1]

PHYSIKALISCHE EIGENSCHAFTEN VON KLH®

Holz ist ein besonderer, „lebendiger“ Baustoff. Auch wenn das Wachstum nach der Gewinnung des Nutzholzes nicht mehr voranschreitet, reagiert Holz noch immer maßgeblich auf seine Umwelt. Richtig angewendet bieten Holz und Holzwerkstoffe eine Vielzahl von Einsatzmöglichkeiten, die vor allem der Behaglichkeit und der ökologischen Wertschöpfung in hohem Maße zugutekommen.

BESTÄNDIGKEIT

Die Beständigkeit von Holzprodukten wird vor allem über ihren fachgerechten Einsatz und den damit verbundenen Holzschutz gewährleistet. Bei KLH®-Massivholzplatten kommen in erster Linie Nadelhölzer (primär Fichte) zum Einsatz. Die Nutzung wird in der Regel auf die Nutzungsklassen 1 und 2 gemäß EN 1995-1-1 beschränkt. Eine erhöhte Beanspruchung (NKL 3) sowie spezielle Nutzungen müssen gesondert nachgewiesen werden und sind nur mit besonderer Sorgfalt zu planen.

Die Anforderungen beruhen auf der Annahme einer vorgesehenen Nutzungsdauer von mindestens 50 Jahren, bei angemessener Planung und Wartung. Die erfasste Nutzungsdauer von Leimholzprodukten, bei entsprechenden Bedingungen, geht aber über die 100-Jahresgrenze hinaus.

| | |
|---|--|
| HOLZART | Europäische Fichte (gleichwertiges Nadelholz) |
| HOLZFEUCHTIGKEIT NACH DER PRODUKTION (EN 13183-2) | 12 % ± 2 |
| SCHWINDEN NORMAL ZUR PLATTENEbene | 0,24 % der Dicke pro % Feuchteänderung |
| SCHWINDEN IN DER PLATTENEbene | 0,02 % der Länge pro % Feuchteänderung |
| BRANDVERHALTEN BRETTSCHICHTHOLZPRODUKTE (ENTSCHEIDUNG DER KOMMISSION 2005/610/EC) | Mittelwert der Rohdichte von Holz $\geq 380 \text{ kg/m}^3$ Euroklasse D-s2, d0 |
| KLH® - CLT ρ_u (LABORWERT) | Dichte bei 12 % HF 470 kg/m^3 |
| WASSERDAMPFDURCHLÄSSIGKEIT μ , WEICHHOLZ (EN ISO 10456) | 50 (trocken) bis 20 (feucht) [-] |
| WASSERDAMPFDURCHLÄSSIGKEIT μ , KLH® (LABORWERT) | 300 (trocken) bis 25 (feucht)[-] |
| WÄRMELEITFÄHIGKEIT λ (EN ISO 10456) | 0,12 $\text{W}/(\text{m}^*\text{K})$ |
| WÄRMESPEICHERKAPAZITÄT c_p (EN ISO 10456) | 1 600 $\text{J}/(\text{kg}^*\text{K})$ |
| LUFTSCHALLSCHUTZ R_w FÜR 60 MM KLH® - CLT | 30 dB |

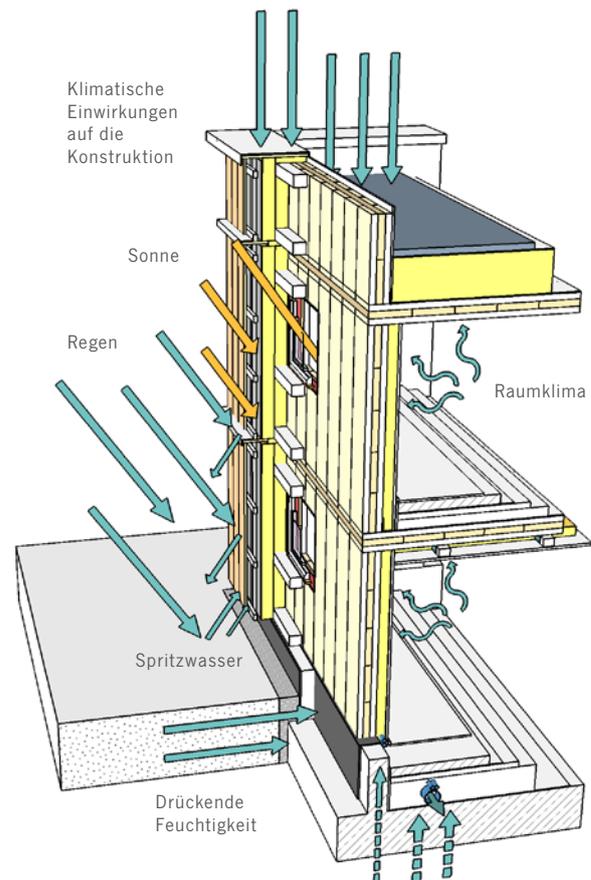
Die Angaben zur Nutzungsdauer können nicht als eine vom Hersteller übernommene Garantie ausgelegt werden – sie sind lediglich als Hilfsmittel zur Auswahl der richtigen Produkte, angesichts der zu erwartenden Nutzungsdauer des Bauwerkes, zu betrachten.

KONSTRUKTIVER HOLZSCHUTZ

In erster Linie sollte immer auf konstruktiven Holzschutz zurückgegriffen werden. Die Vorteile sind klar: Wirksamkeit über die gesamte Nutzungsdauer (kaum Wartung erforderlich), kostengünstig, kein Einsatz von umweltbelastenden Stoffen, keine gesonderte Entsorgung notwendig.

Der konstruktive Holzschutz beginnt bei der Bauwerksgestaltung. Dabei stehen drei maßgebende Bereiche im Vordergrund: DACH, FASSADE und SOCKEL. Speziell die Bereiche Dach und Sockel ergeben vielseitige Möglichkeiten, welche eine sehr große Lösungsauswahl bieten, aber auch entsprechend fehleranfällig sein können, wenn nicht die grundlegenden konstruktiven Erfordernisse des Holzbaus berücksichtigt werden. Eine Risikobewertung kann helfen, die kritischen Gebäudeteile zu analysieren. Bewährte Lösungen können den KLH®-Konstruktionsbroschüren oder fachspezifischen Planungsbroschüren entnommen werden. Weitere Hilfestellungen bieten die entsprechenden Normen oder Forschungsinstitute mit dem Fachgebiet Holzbau (siehe Literaturverzeichnis).

FASSADENSHEMA



| NUTZUNGS- KLASSE | UMGEBUNGSKLIMA | | HOLZ-AUSGLEICHS- FEUCHTE DER MEISTEN NADELHÖLZER | TRAGWERKS- BZW. GEBÄUDE-TYP |
|---------------------|----------------|--|---|--|
| | TEMPERATUR | RELATIVE LUFT- FEUCHTE ^a | | |
| 1 | 20 °C | ≤ 65 % | ≤ 12 % | Innenräume von Wohn-, Schul- und Verwaltungsbauten |
| 2 | 20 °C | ≤ 85 % | ≤ 20 % | Innenräume von Nutzbauten wie Lager-, Reit- und Industriehallen sowie überdachte Konstruktionen im Freien, deren Bauteile nicht der freien Bewitterung ausgesetzt sind (30° Regenfallswinkel) ^b |
| 3 | - | > 85 % | > 20 % | Bauwerke im Freien mit konstruktivem Holzschutz |

^aDie relative Luftfeuchte darf in der Nutzungsklasse 1 und 2 maximal für einige Wochen im Jahr die angegebenen Werte überschreiten.
^bIn Ausnahmefällen dürfen auch überdachte Bauteile und Bauteile in geschlossenen Räumen in die Nutzungsklasse 3 eingestuft werden (z. B. nicht klimatisierte Eishallen, Hallen mit befeuchtetem Lagergut).

Nutzungsklassen gemäß ÖN EN 1995-1-1 [7.2]

CHEMISCHER HOLZSCHUTZ UND ANSTRICHE

Spezielle Anforderungen können einen chemischen Holzschutz oder Anstrich als Hilfsmittel erfordern. Darunter fallen Anwendungen wie

- Änderung der Farbgebung
- UV-Schutz/Vergilbungsschutz
- Temporärer Baustellenschutz
- Schutz vor Feuchtigkeit und Pilzen
- Insektenschutz
- Brandschutz

Für Anwendungen, die die Beständigkeit betreffen, können die geltenden Holzschutzmittelverzeichnisse herangezogen werden. Darin werden die verschiedenen Gebrauchsklassen (GK 0 bis 4) und damit verbundenen Gefährdungen angeführt.

Der Einsatz von KLH®-Massivholzplatten beschränkt sich meist auf GK 0 und GK 1, die kein oder nur bedingt (regionale Zusatzanforderungen) ein Holzschutzmittel erforderlich machen. Der Sondereinsatz in der Gebrauchsklasse 2 (z. B. Schwimmbäder, Sauna, Großküchen) ist an die entsprechenden Randbedingungen (kontrolliertes Raumklima, Belüftung, Oberflächenschutz) anzupassen.



Beschichtung weiße Lasur

Bei Anstrichen spielt auch die Oberflächenqualität eine entscheidende Rolle, um eine möglichst flächendeckende und gleichmäßige Wirkung zu erzielen. Beim Transport und auf der Baustelle sind zusätzliche Maßnahmen für den Schutz von behandelten Oberflächen erforderlich.



Regenwasseraufnahme am ungeschützten Hirnholz



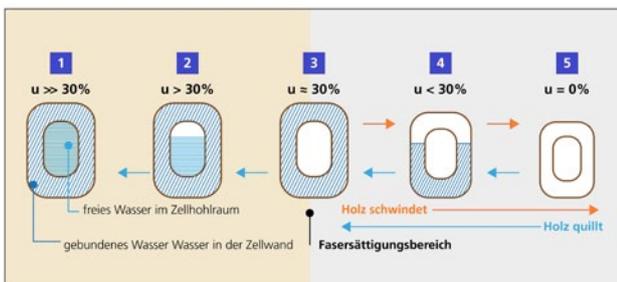
Weiß lasierte Oberfläche

02 FEUCHTESCHUTZ

- Verhindern von Feuchteschäden durch Diffusion oder ungewollte Feuchteansammlungen in Gebäudeteilen (z. B. schlechtes Lüftungsverhalten, zu hohe Einbaufeuchten)
- Schutz gegen Feuchtigkeit von außen (dichte Gebäudehülle, ausreichender Schutz von bewitterten Bauteilen, Abdichtung von bodennahen Bauteilen)
- Intelligente Haus- und Sanitärtechnik (umfasst zugängliche Leitungsführungen, Revisionsöffnungen und Kontrollmöglichkeiten)

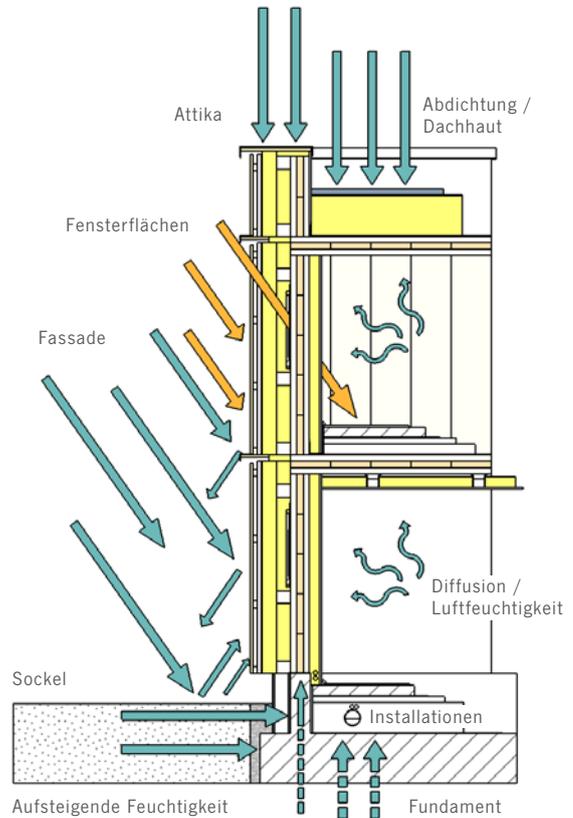
DIFFUSION

Sowohl bei der U-Wert-Berechnung als auch bei der Bestimmung des Diffusionswiderstandes ist es bei Holz notwendig, die Holzfeuchte in die Berechnung miteinzubeziehen. Die davon abhängigen Materialkennwerte (Wärmeleitfähigkeit λ , Diffusionswiderstand μ) werden wesentlich von der Holzfeuchte beeinflusst.



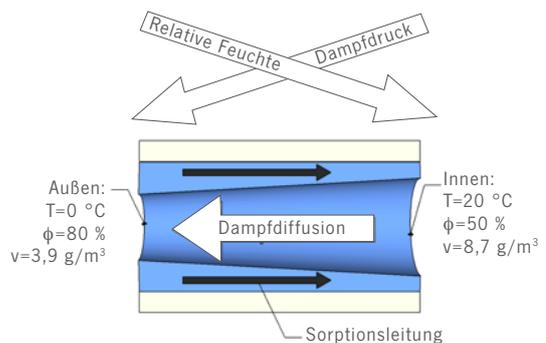
Schemadarstellung Holzzeile [7.3]

Holz verhält sich hier sehr intelligent, bei steigender Feuchtigkeit nimmt der Diffusionswiderstand ab, wodurch aufgenommenes Wasser wieder an die Umgebung abgegeben werden kann. In den Wintermonaten, bei niedriger Luftfeuchtigkeit im Innenraum, nimmt der μ -Wert zu, wodurch der Transport von Feuchtigkeit in das Bauteil gebremst wird. Dieser Effekt, verbunden mit der hohen möglichen Speicherung von Feuchtigkeit, kommt unmittelbar der Raumbehaglichkeit zugute, da hier das Holz als regulierende Schicht für die Luftfeuchtigkeit im Gebäude sorgt.



Einwirkungen auf die Fassade

Diffusion wird bei Brettsperrholz am häufigsten in den Dachdetails relevant. Wärmebrücken können punktuell zur Abkühlung in Eck- oder Anschlussbereichen führen, welche dann nur bedingt über den Dachaufbau rück-trocknen können. Befestigungsmittel, die die Wärmedämmung durchdringen, sind entweder thermisch zu entkoppeln oder gesondert zu beurteilen.



Feuchtettransport im Holz [7.4]

FEUCHTESCHUTZ

FEUCHTIGKEIT VON AUSSEN

Sollte so weit wie möglich durch den konstruktiven Holzschutz (Fassadengestaltung) abgedeckt werden, unterstützend können chemischer Holzschutz und Anstriche zum Einsatz kommen.

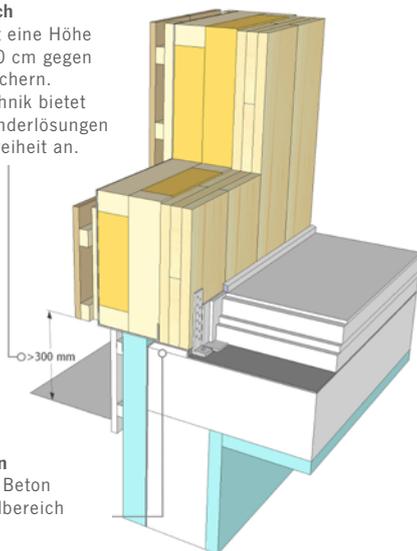
BEREICH DACH

- Hinterlüftete Varianten am robustesten
- Dichtebenen beachten, Dampfbremse oder -sperre als Notentwässerungsebene vorsehen
- Anschlussdetails Rand und Durchdringungen prüfen
- Rücktrocknungspotenzial überprüfen
- Verschattung von kritischen Bereichen (insb. Gründach) kontrollieren
- Wärmebrücken kontrollieren

SOCKELBEREICH

Spritzwasserbereich

Im Standardfall ist eine Höhe von mindestens 30 cm gegen Spritzwasser zu sichern. Der Stand der Technik bietet eine Reihe von Sonderlösungen für z. B. Barrierefreiheit an.



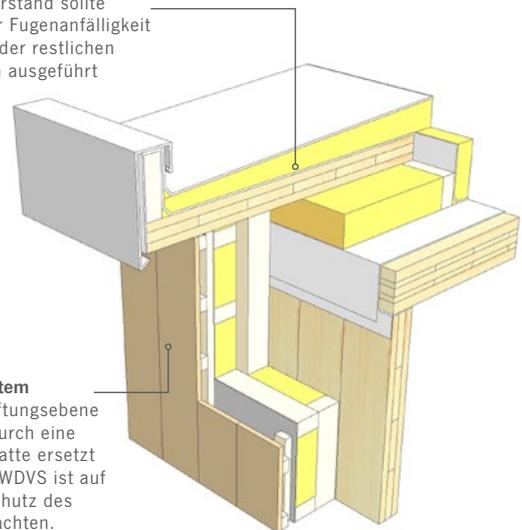
Abdichtungsebenen

Der Übergang von Beton auf Holz im Sockelbereich ist zu trennen und abzusetzen.

FLACHDACH MIT AUSKRAGUNG

Dachüberstand

Ein Dachüberstand sollte aufgrund der Fugenanfälligkeit separat von der restlichen Konstruktion ausgeführt werden.



Fassadensystem

Die Hinterlüftungsebene kann auch durch eine Putzträgerplatte ersetzt werden, bei WDVS ist auf den Schallschutz des Bauteils zu achten.

Die Planung der Bereiche - Dach, Fassade, Sockel - steht hier im Vordergrund, wobei die Fassadenfläche den unkritischeren Teil darstellt und hauptsächlich an den Übergängen (z. B. Balkonanschluss) relevant wird. Die beiden Bereiche Dach und Sockel fordern ein gewisses Maß an Grundwissen und Überlegungen und sollten sich an bewährten Lösungen orientieren.

BEREICH SOCKEL

- Höhe
- Abdichtung
- Anschluss
- Versatz/Sockelleiste

Für die Anschlussdetails an die Fassade sind die jeweiligen Normen und Unterlagen der Bauteilhersteller heranzuziehen. Bei fachgerechter Ausführung (Material, Dichtebenen, Überlappung usw.) sind hier keine weiteren Maßnahmen erforderlich.

FEUCHTESCHUTZ

FEUCHTRÄUME UND INSTALLATIONEN

Für Feuchträume und Räume mit Installationen (wasserführende Leitungen) sind präventive Maßnahmen zur Sicherung der Holzstruktur zu treffen. Bei gewöhnlicher Nutzung (Wohn/Büronutzung) sollte die Belastung durch erhöhte Luftfeuchtigkeit mithilfe der vorgesehenen Lüftung (automatisch oder manuell) geregelt werden. Bei höher beanspruchten Anwendungen (Schwimmbad, Sauna, Großküchen) müssen die Bauteile gesondert untersucht und geschützt werden.

DICHTEBENEN

- Eine flächige Abdichtung gemäß den normierten Grundlagen (Verbundabdichtung, Bauwerksabdichtung) ist in Sanitärräumen jedenfalls auszuführen.
- Zweite Dichtebene mit umseitigem Hochzug (Wanne) und separatem Entwässerungspunkt empfehlenswert.
- Ungewollt eingedrungene Feuchtigkeit sichtbar abführen, Schutz der tragenden Holzkonstruktion.

Leitungsführung

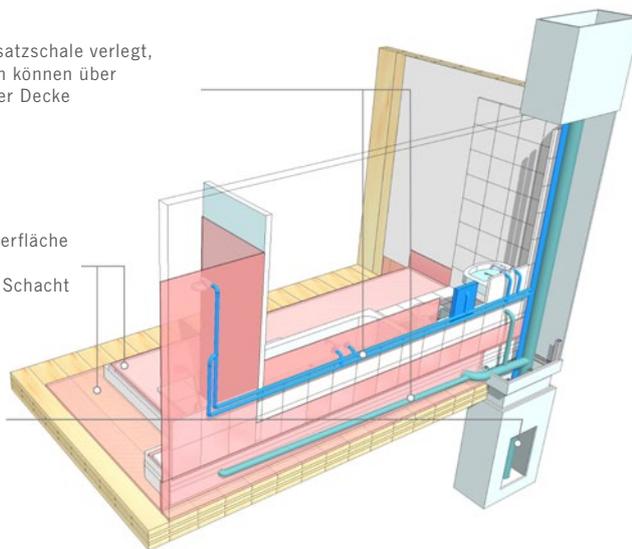
Weitestgehend in der Vorsatzschale verlegt, längere Heizungsleitungen können über Leitungskanäle oder an der Decke angebracht werden

Zwei Dichtebenen

1. Standard hinter der Oberfläche
2. Auf der KLH®-Decke, Notentwässerung über Schacht

Kontrollmöglichkeit

Unabhängig von der Kontrolle durch den Nutzer kann eine externe Kontrolle über den Schachtzugang im Stiegenhaus erfolgen



LEITUNGSFÜHRUNG

- Für Leitungsführungen im Boden (ohne zweite Dichtebene) ist eine Verlegung in Leitungskanälen oder eine „Rohr in Rohr“-Verlegung empfehlenswert.
- Kurze, kontrollierbare Leitungswege sowie eine Verlegung in Wänden und abgehängten Decken sind zu bevorzugen.

ANSCHLÜSSE

- Bei Anschlüssen und Oberflächenverkleidungen ist auf dauerelastische Fugen und „Bewegungsausgleichsschichten“ zu achten.
- Die KLH®-Plattenebene ist zwar durch die kreuzweise Verleimung sehr formstabil, Fliesen und/oder vergleichbare Beläge sollten aber nur mit entsprechender Ausgleichsschicht (Überbrückung) auf der Holzoberfläche verlegt werden.

KONTROLLMÖGLICHKEITEN

- Passive Überwachung wie Revisionsöffnungen an den kritischen und tiefsten Punkten der Dichtebene
- Einfach, günstig, maßgeblich erhöhte Nutzungssicherheit und Dauerhaftigkeit
- Aktive Überwachungssysteme mit Feuchtesensoren werden immer gebräuchlicher, Kontrolle über typisches Endgerät (Computer, Smartphone)

WÄRMESCHUTZ

03 WÄRMESCHUTZ

Wärmeschutz ist über das gesamte Jahr relevant. Für den Menschen gibt es einen Temperaturbereich, in dem er sich am wohlsten fühlt und der im Innenraum aufrechterhalten werden sollte.

DIE DAFÜR GRUNDLEGENDE ANFORDERUNGEN AN DIE GEBÄUDEHÜLLE

- Niedrige Wärmeleitfähigkeit
- Konvektionsdichtheit

Je nach Art des Wärmeschutzes (Winter oder Sommer) spielen zusätzliche Randbedingungen eine entscheidende Rolle.

Die relativ geringe Wärmeleitfähigkeit von Fichtenholz ist normativ mit 0,12 W/mK festgelegt, wobei sie in der trockenen Heizperiode auf ca. 0,10 W/mK sinken kann.

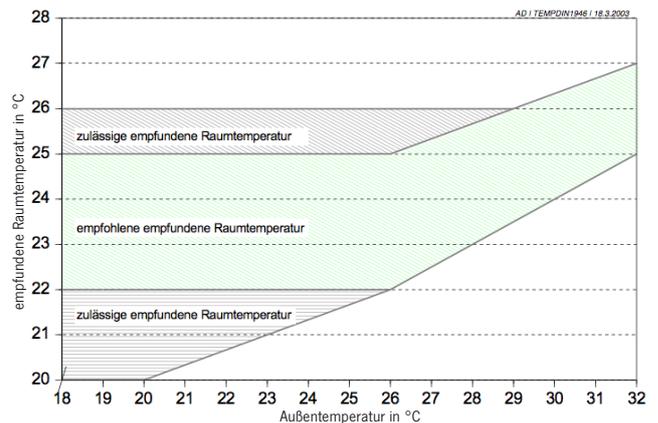
WINTERLICHER WÄRMESCHUTZ

WESENTLICHE EINFLUSSFAKTOREN

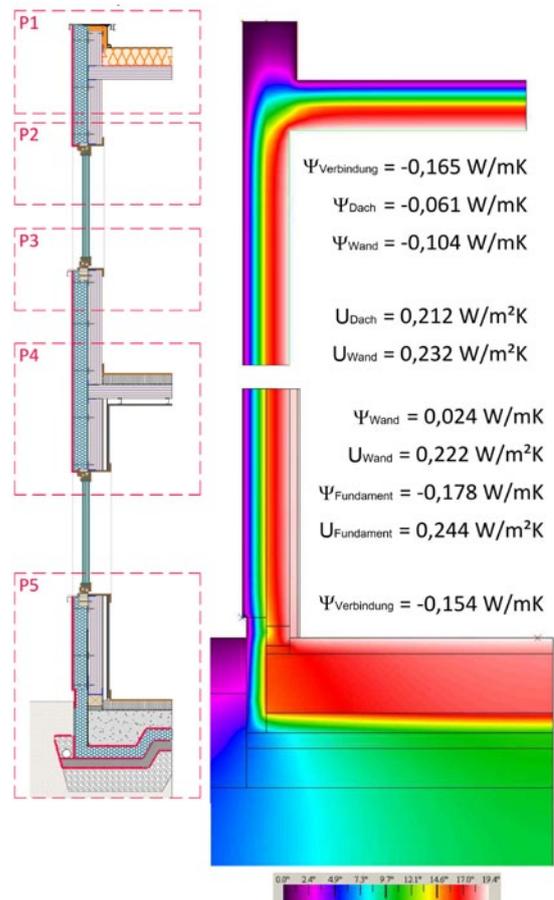
- Reduzierung der Transmissionsverluste (Wärmedurchgang durch die Bauteile, Wärme geht nach außen weg)
- Wärmeenergie von außen (Sonnenenergie durch Fensterfläche)
- Zufuhr von innerer Wärmeenergie (Heizungsenergie, Energieverbrauch im Haushalt)
- Konvektionsverluste, Art der Lüftungstechnik

Die primäre Größe hier ist der sogenannte Wärmedurchgangskoeffizient, besser bekannt als U-Wert. Der U-Wert setzt sich zusammen aus den Eigenschaften des Bauteils und der Position im Gebäude (die Wärmeübergangswiderstände $R_{s,innen}$ und $R_{s,außen}$ sind variabel).

Je kleiner der U-Wert, umso größer der Widerstand des Bauteils, Wärme in den kalten Bereich weiterzuleiten.



Empfohlene Raumlufttemperatur in Funktion mit der Außentemperatur [7.5]



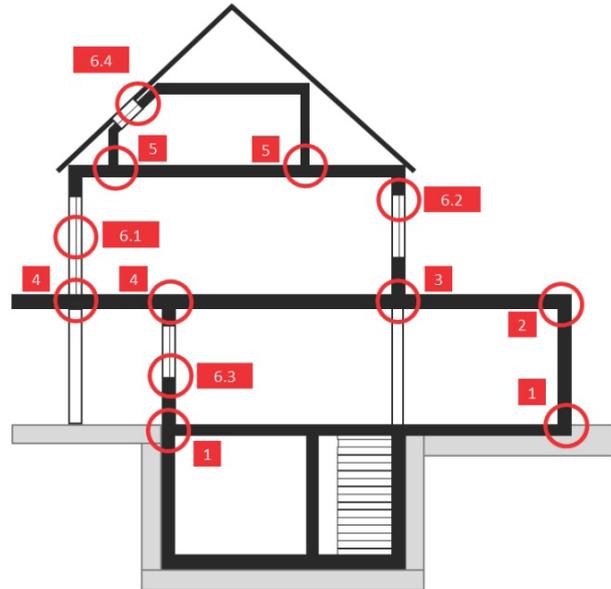
Wärmebrücken Fassade Passivhaus [7.6]

WÄRMESCHUTZ

Beispielhafte U-Werte für verschiedene Aufbauten können den KLH®-Datenblättern entnommen werden. Für geänderte Dämmstärken können die Werte wie im folgenden Beispiel ermittelt werden. Es sei darauf hingewiesen, dass eine Änderung der Dämmstärken neben dem U-Wert auch eine Änderung des Schallschutzes mit sich bringen kann.

Der Einfluss der Konvektion bezüglich der verschiedenen Gebäudestandards wird im Kapitel Luftdichtheit näher erläutert.

| | d in [m] | λ in [w/(mk)] |
|---------|----------|---------------|
| KLH® | 0,10 | 0,12 |
| DÄMMUNG | 0,20 | 0,04 |



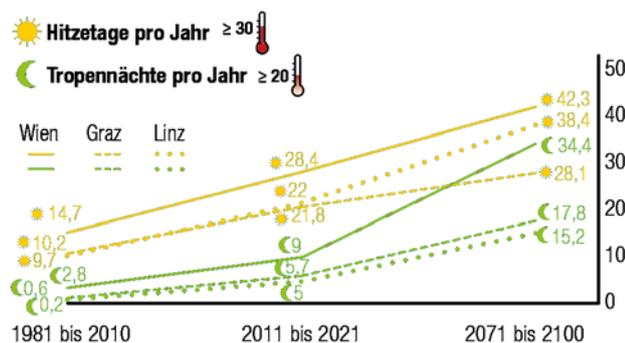
Wärmbrücken Gebäudehülle [7.7]

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum \left(\frac{d_j}{\lambda_j} \right) + R_{se}} = \frac{1}{0,13 + \left(\frac{0,1}{0,12} + \frac{0,2}{0,04} \right) + 0,04} = 0,167 \frac{W}{m^2 K}$$

| HWB in kWh/(m²·a) | Kategorie | Heizöläquivalent in l/a |
|-------------------|-----------|---|
| ≤ 10 | A++ | Passivhaus 200-300 ^(a) |
| ≤ 15 | A+ | Niedrigstenergiehaus 400-700 ^(a) |
| ≤ 25 | A | Niedrigenergiehaus 1000-1500 ^(a) |
| ≤ 50 | B | Zielwert nach Bauvorschrift 2008 1500-2500 ^(a) |
| ≤ 100 | C | alte, unsanierte Gebäude > 3000 ^(a) |
| ≤ 150 | D | |
| ≤ 200 | E | |
| ≤ 250 | F | |
| > 250 | G | |

Heizenergieverbrauch [7.8]

Der vom Wärmeschutz abhängige Verbrauch wird in kWh/(m²·a) angegeben und teilt Gebäude in entsprechende Energieklassen ein. Neben den passiven Eigenschaften kann hier auch aktive Gebäudetechnik (Wärmerückgewinnung, PV-Anlagen etc.) berücksichtigt werden.



Zunahme der Hitzetage und Tropennächte [7.9]

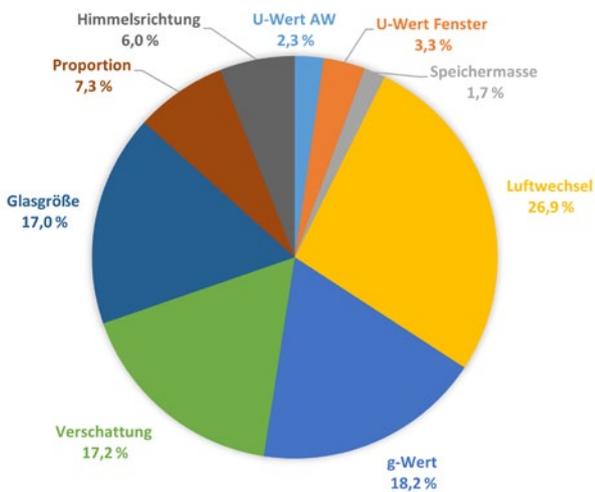
Durch die weltweite Veränderung der klimatischen Bedingungen geht der Trend in Richtung höhere Temperaturen. Die Tage der extremen Hitzeperioden werden zunehmen und rücken somit den sommerlichen Wärmeschutz stärker in den Vordergrund.

WÄRMESCHUTZ

SOMMERLICHER WÄRMESCHUTZ

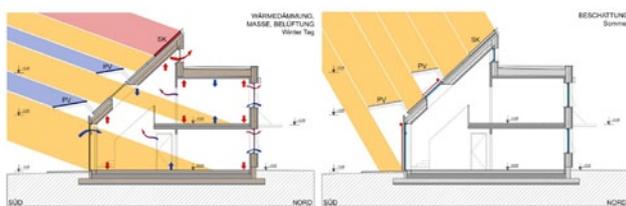
Sommerlicher Wärmeschutz erfordert eine richtige Planung und die ganzheitliche Betrachtung der drei maßgebenden Aspekte:

- Lasten
- Lüftung
- Bauweise



Einflussgrößen sommerliche Überwärmung, Vermeidung von sommerlicher Überwärmung [7.10]

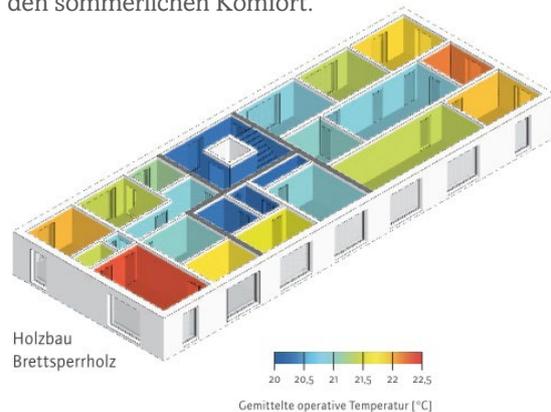
Unter dem Begriff „Lasten“ versteht man, soweit es den sommerlichen Wärmeschutz angeht, das Eindringen von Sonnenenergie über die Fensterflächen sowie die inneren Wärmequellen. Der Anteil an Wärmetransmission über die gedämmten, opaken Bauteile ist dagegen gering, sollte aber bei z. B. schwarzen Flachdachfolien nicht unterschätzt werden.



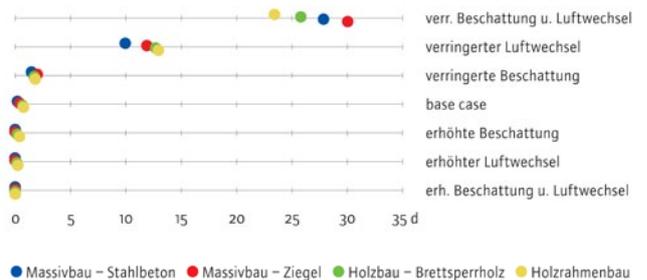
Nutzung der Sonneneinstrahlung, Solaraktivhaus [7.11]

Simulationsbeispiel eines typischen Wohnraumes mit südlicher Orientierung

Hier nicht angeführt, aber auch erwähnenswert ist die Farbgebung der Gebäudehülle. Wie bereits in Bezug auf die Flachdachfolie erwähnt, haben dunkle Oberflächen eine höhere Strahlungsabsorption. Wenn man hier die statischen Faktoren, welche bereits durch die Architektur, Nutzung und Bauteilanforderungen festgelegt sind, beiseitelässt, sind es die nutzerbedingten Punkte **Verschattung und Luftwechsel**, welche ausschlaggebend sind für den sommerlichen Komfort.



Anzahl an Überschreitungs-nächten >25 °C – Wohnnutzung



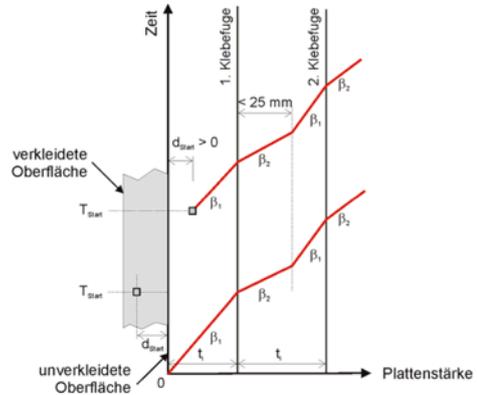
Simulation Innenraumtemperatur [7.12]

Ziel der Planung des sommerlichen Wärmeschutzes sollte es sein, ein angenehmes Innenklima zu schaffen, welches durch eine natürliche, nächtliche Lüftung (z. B. Fensterlüftung oder Lüftungskonzept) erreicht werden kann. Ein Abkühlen durch technische Geräte unter hohem Energieaufwand entspricht hingegen nicht einer nachhaltigen Planung.

BRANDSCHUTZ

04 BRANDSCHUTZ

Der Brandschutz im Holzbau wird gemäß Eurocode über den zeitlichen Verlauf des Abbrandes und über die reduzierten Eigenschaften des Holzquerschnitts ermittelt. Dabei gilt es eines der zwei angeführten Verfahren anzuwenden – „Das Verfahren mit reduziertem Querschnitt“ (vereinfachte Methode oder auch d0-Verfahren genannt) oder „Das Verfahren mit reduzierten Eigenschaften“ (genauere Methode, abhängig von den verfügbaren Grundlagen).



Abbrandverhalten mit und ohne Verkleidung, ETA-06/0138

RECHNERISCHER BRANDSCHUTZ MIT KLH®

| EIGENSCHAFTEN DES GRUNDMATERIALS | |
|----------------------------------|----------|
| KLH®-Massivholz (Nadelholz) | D-s2, d0 |
| mittlere Brennbarkeit | D |
| mittlere Rauchbildung (Smoke) | s2 |
| kein brennendes Abtropfen (Drop) | d0 |

KLH® bietet ein Berechnungstool, den KLHdesigner, zur Bestimmung der genauen Werte auf Grundlage der ETA-06/0138 an. Dieser gibt Auskunft über folgende Eigenschaften:

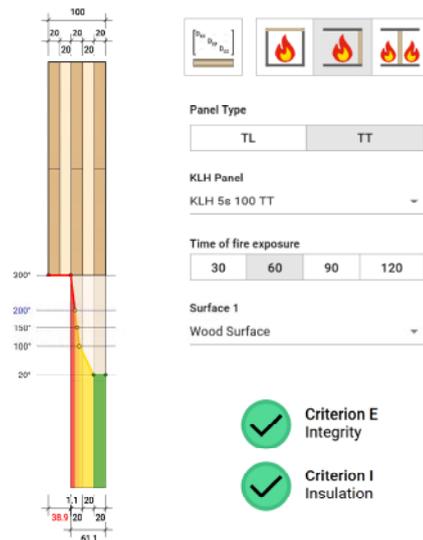
RESTQUERSCHNITT MIT VERSCHIEDENEN BRANDSITUATIONEN

- Branddauer
- Wand, einseitiger Brandangriff
- Wand, beidseitiger Brandangriff
- Decke, Brandangriff von unten
- Verschiedene Oberflächensituationen (Sicht, beplankt, Vorsatzkonstruktion)

RESTTRAGFÄHIGKEIT IM BRANDFALL

- Platte
- Scheibe
- Basis für die KLH®-Bemessungssoftware im Brandfall

ERFÜLLEN DES E- UND I-KRITERIUMS



KLHdesigner; Querschnitt im Brandfall



Untersuchungen zum Brandverhalten von Wanddeckenanschlüssen [7.13]

BRANDSCHUTZ

Genauere Hinweise zu den Grundlagen der Bemessung mit KLH®-Software sind in den zugehörigen Hilfedateien und der ETA-06/0138 zu finden. Für Beplankungen sind die entsprechenden Verarbeitungsrichtlinien zu beachten.

KONSTRUKTIVER BRANDSCHUTZ

Darüber hinaus gilt es, konstruktive Maßnahmen (brandabschnittsbildende Bauteile, Durchdringungen, Brandschutzeinrichtungen) sowie die Bestimmungen der aktuellen Baugesetze und Richtlinien einzuhalten. Diese brandschutztechnischen Maßnahmen können am besten einschlägiger Literatur zum Brandschutz im Holzbau entnommen werden oder über ein darauf spezialisiertes technisches Büro bezogen werden.

Speziell durch die von der Region abhängigen Anforderungen gibt es keine allgemein gültigen Konzepte oder Lösungsansätze. Der bauteilbezogene, geprüfte oder kalkulierte Brandschutz stellt die Basis für die geforderten Maßnahmen dar.

KONSTRUKTIVE DETAILPUNKTE

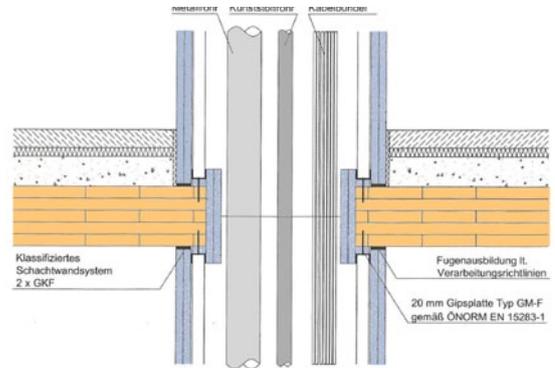
(Durchbrüche/Schächte/Brandabschottungen)
 Konstruktive Detailpunkte müssen entsprechend dem geforderten Bauteilwiderstand versiegelt bzw. geschützt werden. Dazu können verschiedene Beplankungen, Dämmungen, Schachtsysteme oder dafür zulässige Brandschotts eingesetzt werden.

FUGENAUSBILDUNG/ABDICHTUNGEN

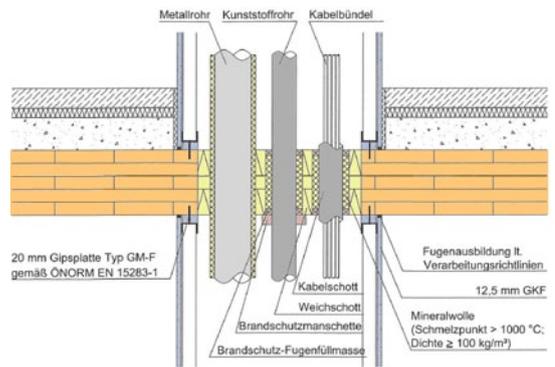
Fugen zwischen brandschutzrelevanten Bereichen und Bauteilen müssen entsprechend abgedichtet werden. Dazu kommen entweder brandhemmende Materialien zum Einsatz oder die angedachten Details bieten bereits ausreichende Sicherheit.

VERBINDUNGSMITTELSCHUTZ

Die maßgebenden Verbindungsmittel müssen sich über die geforderte Brandschutzdauer in einer geschützten Position befinden oder durch zusätzliche Maßnahmen geschützt werden.



Schachtausführung A; Brandabschottung im Holzbau [7.14]



Schachtausführung B; Brandabschottung im Holzbau [7.14]

| Variante a) Gipsmörtel-Ummantelung | Variante b) Kasten-Ummantelung | Variante c) Hohlraumfreie Ummantelung mit Mineralwolle ¹⁾ |
|---------------------------------------|-----------------------------------|---|
| | | |
| | d | $\geq 150 \text{ mm}$ $\geq 150 \text{ mm}$ $\geq 50 \text{ mm}$ |
| | d | $\geq 150 \text{ mm}$ d $\geq 50 \text{ mm}$ |

d = erforderliche Schichtdicke
 1) Schmelzpunkt $\geq 1000^\circ\text{C}$; Rohdichte $\geq 26 \text{ kg/m}^3$; grgm Verschieben/Herausfallen grichtet
 2) Keine Anforderung bei nicht tragenden Bauteilen

Ummantelung von Hohlraumdosens [7.15]

Für viele Detailpunkte gibt es bereits Systembauteile (Brandschutzdosen, Formbausteine), die den geforderten Brandschutz erfüllen. Weitere Maßnahmen können Dämmschichtbildner oder intumeszierende Anstriche sein.

SCHALLSCHUTZ

05 SCHALLSCHUTZ

WICHTIGE GRÖSSEN IM SCHALLSCHUTZ

Der Schallpegel (Intensität einer Schallquelle) und auch der Schalldämmwert von Gebäudeteilen werden in Dezibel [dB] angegeben. Dieser logarithmische Schallpegelmaßstab beschreibt die Änderung des Luftdrucks durch Schallwellen und wird energetisch addiert bzw. subtrahiert. Hinweis für den Vergleich zwischen Werten: Eine Erhöhung von 3 dB entspricht einer zweiten Quelle derselben Intensität. Eine Erhöhung von 10 dB würde eine Verdopplung der empfundenen Lautstärke bedeuten.

ADDITION UND SUBTRAKTION VON SCHALLPEGELN

Addition

$$L_{p,ges} = 10 \cdot \log \sum_{j=1}^n 10^{0,1 \cdot L_{p,j}}$$

Subtraktion

$$L_{p,I} = 10 \cdot \log \left[10^{0,1 \cdot L_{p,ges}} - \sum_{i=2}^n 10^{0,1 \cdot L_{p,i}} \right]$$

Ein wichtiges Thema beim Schallschutz von Gebäuden ist das persönliche Empfinden der Nutzer. Die Normen und Richtlinien orientieren sich an gemittelten Einzahlangaben, die ein typisches Spektrum von Schallquellen abfangen sollen. Individuelle Ansprüche können sich aber stark von diesen Vorgaben unterscheiden.

LUFTSCHALLSCHUTZ

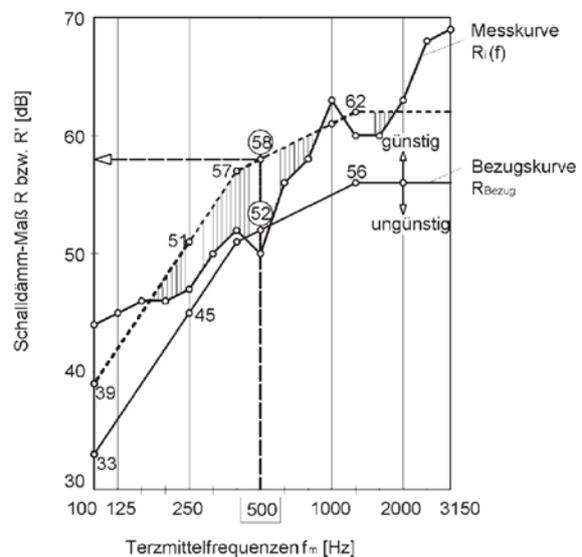
Luftschall entsteht durch typische Schallquellen wie z. B. Sprache, Musik oder Verkehrsgeräusche. Luftschallschutz wird bei Bauteilen in der Regel mit dem Schalldämmmaß R_w angegeben. Im eingebauten und kombinierten Zustand wird die Schallpegeldifferenz $D_{nT,w}$ angeführt. Dabei werden auch Flanken, Öffnungen und Geometrie in Rechnung gestellt.

| | GERÄUSCH | SCHALLDRUCK-PEGEL L_p [DB] |
|----|--|------------------------------|
| 1 | Hörschwelle | 0 |
| 2 | Leises Blätterrauschen | 15 bis 20 |
| 3 | Ruhige Wohnlage | 30 bis 40 |
| 4 | Leise Unterhaltung, ruhiges Büro | 40 bis 50 |
| 5 | Normale Unterhaltung | 50 bis 60 |
| 6 | Starker Straßenverkehr | 70 bis 80 |
| 7 | Rufen, Schreien | 80 bis 85 |
| 8 | LKW in Vorbeifahrt | 80 bis 90 |
| 9 | Druckerei, Presslufthammer in 10 m Distanz | 90 bis 100 |
| 10 | Schnellzug in Vorbeifahrt | 100 bis 110 |
| 11 | Kesselschmiede | 110 bis 120 |
| 12 | Propellerflugzeug in 3 m Distanz | 120 bis 130 |

Pegelwerte unserer Umgebung [7.16]

| | ÄQUIVALENTER DAUERSCHALLPEGEL (UNTERGRENZE) [DB(A)] | AUSWIRKUNG AUF DEN MENSCHEN |
|---|---|--------------------------------------|
| 1 | 30 bis 40 | Schlafstörungen |
| 2 | 40 bis 85 | Kommunikationsstörungen |
| 3 | 45 bis 85 | Konzentrationsstörungen |
| 4 | 45 | Bevölkerungsreaktionen (20 %) |
| 5 | 60 bis 85 | Vegetative Wirkungen |
| 6 | 65 | Bevölkerungsreaktionen (30 bis 70 %) |
| 7 | 85 | Gehörschäden |

Auswirkung von Lärm [7.16]



Beispiel für die Ermittlung des Luftschalldämm-Maßes [7.16]

SCHALLSCHUTZ

TRITTSCHALLSCHUTZ

Trittschall oder auch Körperschall soll den entstehenden Schall durch mechanische Vorgänge in benachbarten Nutzungseinheiten beurteilen. Typischerweise entsteht dieser durch Bewegung (laufen, gehen) oder durch Vorgänge wie z. B. Möbelrücken, Fallgeräusche oder mechanische Erregung (Ventilator, Pumpen). Dieser wird mit dem Norm-Trittschallpegel $L_{n,w}$ bei einzelnen Bauteilen und mit dem Standard-Trittschallpegel $L_{nT,w}$ im kombinierten Zustand nach dem Einbau angegeben.

ALLGEMEINE REGELN FÜR DEN SCHALLSCHUTZ

SCHNITTPUNKT STATIK

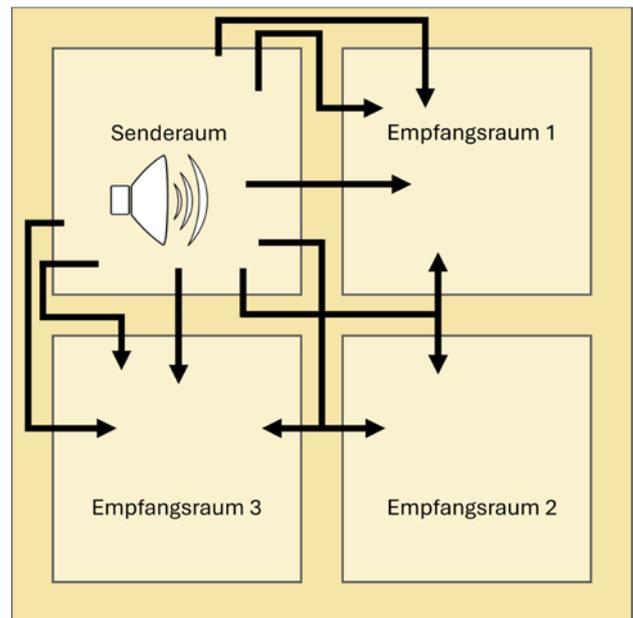
- Abstimmung mit Statik erforderlich
- Vorteilhafte Konstruktionen für die Statik (durchlaufende Decken und Wände, steife Verbindungen, hohe Anzahl von lastabtragenden Bauteilen) haben oft negative Auswirkungen für den Schallschutz
- Gemeinsamer Planungsprozess

TRENNEN VON NUTZUNGSEINHEITEN

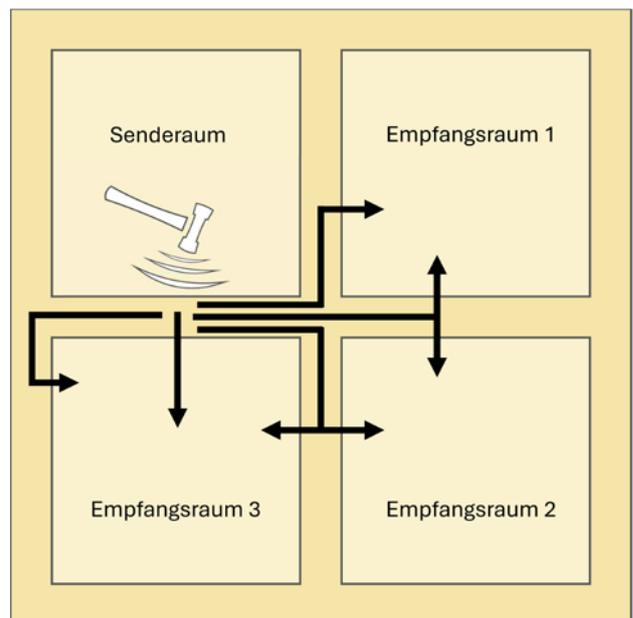
- Verknüpft mit Statik (Verbindungsmittel)
- Wirksame Trennung der maßgebenden Anschlusspunkte
- Elastische Lagerung, Trennfugen, mehrschichtiger Aufbau

RESERVEN EINPLANEN

- Nicht auf das Minimum (Richtlinien) planen
- Über erhöhten Schallschutz und unterschiedliche Niveaus aufklären
- Prognose kann nicht alle Gegebenheiten abdecken
- Reserven für höhere Sicherheit und Nutzerzufriedenheit



Flanken Luftschall



Flanken Trittschall

SCHALLSCHUTZ

SCHALLSCHUTZ IM MASSIVHOLZBAU

Massiv und doch leicht: Vorteile, die bei der Statik sehr gelegen kommen, können beim Schallschutz auch zu umfangreicheren Maßnahmen führen. Es ist bereits eine Vielzahl von Lösungsansätzen für Trennbauteile vorhanden, dabei kommen sowohl schwere als auch leichte Varianten zum Einsatz. Massige Bauteilkombinationen kommen mit relativ wenig Schichten aus, bei leichten Aufbauten wird eine höhere Schichtvarianz miteinander kombiniert und möglichst entkoppelt ausgeführt.

Um den gewünschten Bauteilkennwert auch im eingebauten Zustand zu erreichen, spielen die Flanken eine entscheidende Rolle. Steife, durchgehende Knoten führen zu einer hohen Übertragung und können dies oft nur mit hohen Massen kompensieren. Trennschnitte der Bauteile führen bereits zu erheblichen Verbesserungen, die mithilfe verschiedener Trennstreifen und Lager noch optimiert werden können.



Mockup, Schallschutzlager



Deckenprüfstand KLH®



Befestigung Wand – Decke



Inselmessung Trittschall

SCHALLSCHUTZ

BAUTEILWERTE

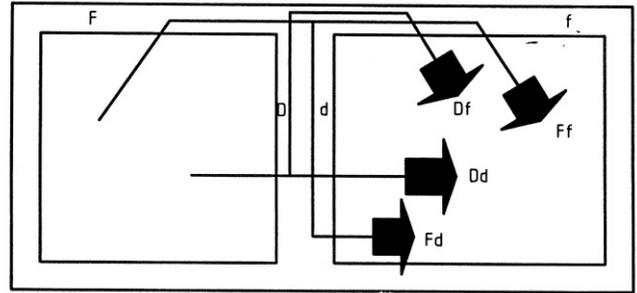
| | |
|-------------|--|
| R_w | bewertetes Schalldämm-Maß (gibt die Einzahlangabe laut Labormessung wieder, als R'_w inklusive Flankenübertragung) |
| $D_{nT,w}$ | bewertete Standard-Schallpegeldifferenz (schließt die Dimensionen und Flanken des Raumes mit ein) |
| $L_{n,w}$ | bewerteter Norm-Trittschallpegel (gibt die Einzahlangabe laut Labormessung wieder, als $L'_{n,w}$ inklusive Flankenübertragung) |
| $L'_{nT,w}$ | bewerteter Standard-Trittschallpegel (berücksichtigt die Nebenwege und Raumgeometrie) |

FLANKEN-/STOSSSTELLENDÄMM-MASS

| | |
|-----------|--|
| $R_{i,j}$ | Flankendämm-Maß (gibt die Dämmung der jeweiligen Flankensituation an) |
| $K_{i,j}$ | Stoßstellendämm-Maß (ein wesentlicher Bestandteil der Flankendämmung, beschreibt den für die Übertragung hauptverantwortlichen Knoten/Stoßstelle) |

Der schlechteste Wert hat den größten Einfluss. Durch die große Vielzahl von Kombinationen mit Verbindungsmitteln, Lagenaufbau und Materialeigenschaften können immer nur bereits geprüfte Kombinationen mit hoher Sicherheit prognostiziert werden. Entsprechend werden weniger bekannte Kombinationen mit Sicherheitsreserven belegt.

Derzeit gibt es noch keine einfachen Regelwerke zur Bewertung des Schallschutzes im Massivholzbau, es kann jedoch bereits auf einschlägige Literatur und die Beratung durch darauf spezialisierte Institute und Büros zurückgegriffen werden. Ansätze für die rechnerische Prognose werden immer zuverlässiger.



Bezeichnung der Übertragungswege

$$R_{Ff,w} = \frac{R_{F,w} + R_{f,w}}{2} + \Delta R_{Ff,w} + K_{Ff} + 10 \lg \frac{S_s}{l_o l_f} \text{ dB}$$

$$R_{Fd,w} = \frac{R_{F,w} + R_{s,w}}{2} + \Delta R_{Fd,w} + K_{Fd} + 10 \lg \frac{S_s}{l_o l_f} \text{ dB}$$

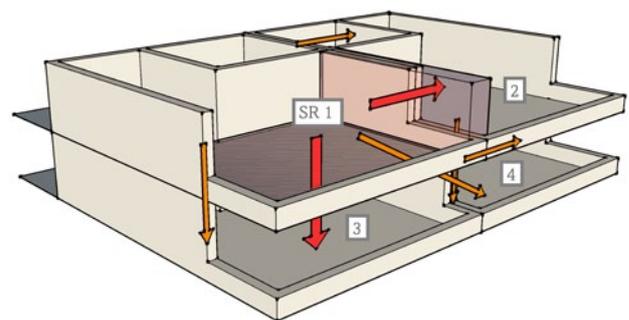
$$R_{Df,w} = \frac{R_{s,w} + R_{f,w}}{2} + \Delta R_{Df,w} + K_{Df} + 10 \lg \frac{S_s}{l_o l_f} \text{ dB}$$

Rechnerisches Flankendämm-Maß

$$R'_w = -10 \lg \left[10^{-R_{Df,w}/10} + \sum_{F=f=1}^n 10^{-R_{Ff,w}/10} + \sum_{f=1}^n 10^{-R_{Df,w}/10} + \sum_{F=1}^n 10^{-R_{Fd,w}/10} \right]$$

Aufsummieren aller Übertragungswege

Wichtig ist es, neben den direkten Übertragungswegen auch alle anderen Möglichkeiten (Flanken, Schächte, Außenbauteile usw.) ausreichend zu beachten.



Typische Übertragungsmöglichkeiten in Nachbarräume

LUFTDICHTHEIT

06 LUFTDICHTHEIT

KLH®-3s-Platten sind bereits ab 60 mm Plattenstärke als luftdichter Bauteil ansetzbar. Je nach Oberfläche und Anschlussqualität sind aber Maßnahmen für die gewünschte Luftwechselzahl im Gebäude erforderlich.

Zum Erreichen eines erhöhten Luftdichtheitsstandards (z. B. Niedrigenergiehaus, Passivhaus) ist eine passende Abdichtung (Stoßverklebung, vollflächige Folie) vorzusehen. Die notwendige Luftdichtheit der Gebäudehülle, um Feuchteschäden zu vermeiden, kann auch ohne diese Maßnahmen erreicht werden. Bei kritischen Details sollte dennoch eine bauphysikalische Beurteilung stattfinden oder auf geprüfte Standarddetails zurückgegriffen werden.

Um auch die empfohlene luftdichte Stoßverklebung bei verschiedenen Bauteilanschlüssen abzudecken, wurde ein beispielhaftes Element mit den verschiedenen Situationen geprüft.

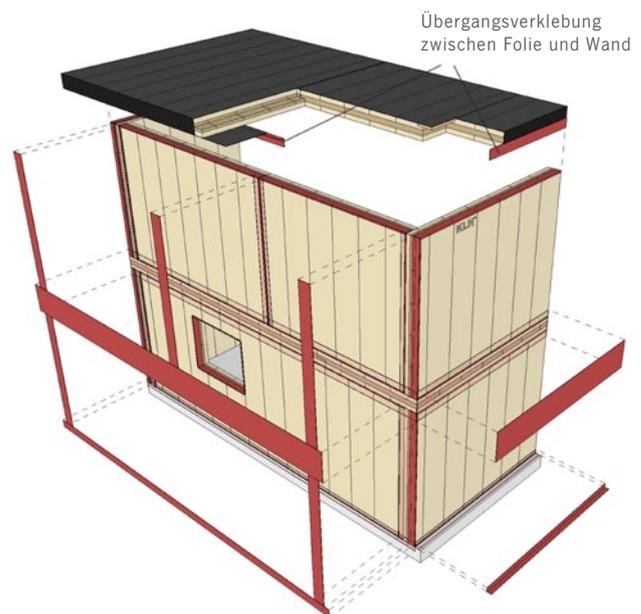
Beim Prüfergebnis nach EN 12214, mit einem Prüfdruckdifferenzbereich Δp 50 - 1000 Pa, ergibt sich als am besten veranschaulichbare Größe die äquivalente Durchlässigkeitsfläche:

$$A_L = 1,484 \text{ mm}^2$$

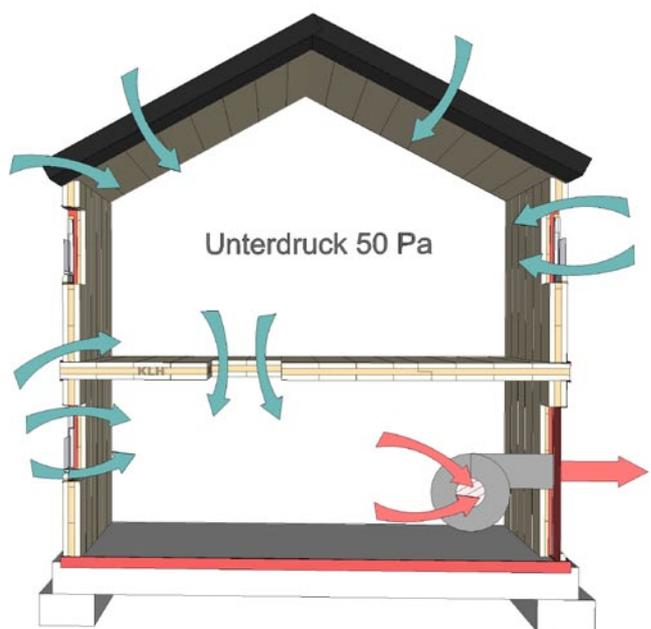
„Die äquivalente Durchlässigkeitsfläche (A_L) beschreibt die Fläche einer Öffnung (z. B. einer Bohrung) in einem fiktiven luftundurchlässigen Prüfkörper (z. B. Stahlplatte), bei welcher sich bei einer Druckdifferenz von $\Delta p=10$ Pa derselbe Luftvolumenstrom wie beim tatsächlich geprüften Prüfkörper einstellen würde.“

Die Klassifizierung nach EN 12207 ergibt für den Prüfgegenstand die bestmögliche Klasse:

Klasse 4 (geringste Referenzdurchlässigkeit,
 $Q_{100} = 0,75 \text{ m}^3/\text{hm}$)



Empfohlene Ausführung ohne vollflächige Folie



Prinzip Gebäudemessung

LUFTDICHTHEIT

Um auch einen Bezug auf die gängigen Gebäudemessungen mit Blower-Door-Test sowie Messergebnisse nach EN 13829 herzustellen, wurde aus den Ergebnissen die Luftwechselrate n_{50} ermittelt.

$$n_{50} = 0,02185 \times \frac{\text{Summe der Flächen der Elemente}}{\text{Bruttovolumen}} \text{ [h}^{-1}\text{]}$$

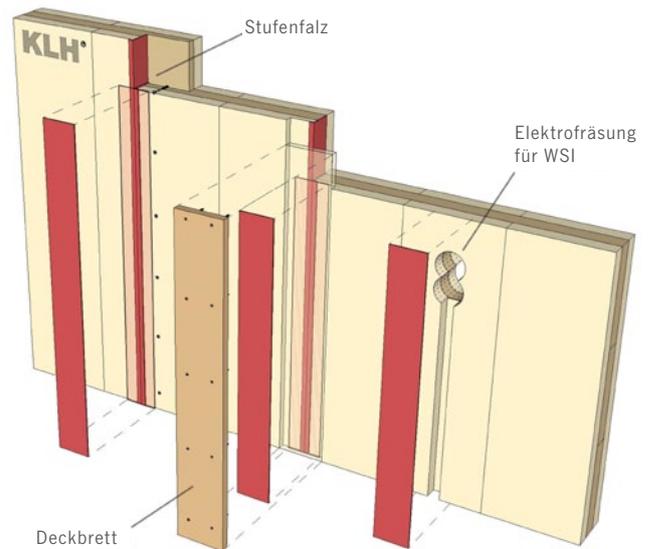
Prüfbericht-Nr.: B14.851.001.111 vom 25.07.2014

Neben der Luftwechselzahl und der damit verbundenen Dichtheitsklasse hat die Luftdichtheit aber auch noch andere Aufgaben zu erfüllen. Bei Mehrparteienhäusern sind auch die Einheiten untereinander luftdicht auszuführen. Hier gilt es, in erster Linie eine Geruchsbelästigung auszuschließen und die Rauchdichtheit sicherzustellen. Grobe Leckagen wirken sich auch direkt auf den Schallschutz aus und können diesen maßgebend reduzieren.

Auch in Bezug auf Feuchtigkeit können Leckagen ein Thema werden. Ungewünschte Konvektion kann sich vor allem dann problematisch auswirken, wenn sie zu langsamem Kondensataustritt innerhalb von Bauteilen führt. Dazu gehören z. B. die Übergänge der Wände zum Dach, Bauteildurchdringungen an der Außenhülle und Sturzbe-
reiche. Eine erhöhte Luftwechselzahl muss nicht zwangshalber zu Bauteilschäden führen, ein erhöhter Heizwärmebedarf ist aber die Folge.

Für sensible Projekte ist eine Überprüfung der Luftwechselzahl mittels Gebäudemessung empfehlenswert.

SCHEMA ANSCHLUSSFUGEN



AUSFÜHRUNG FALZBRETT



LITERATURVERZEICHNIS

07 LITERATURVERZEICHNIS

- [7.1] Architekt Seindl, 2014, Verwitterung Holzfassade, Graz
- [7.2] Nutzungsklassen gemäß ÖNORM EN 1995 -1-1, 2019, Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten - Teil 1-1: Allgemeines - Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau
- [7.3] Informationsdienst Holz, 2023, Holzschutz Bauliche Maßnahmen, Schemadarstellung Holzzeile, Berlin
- [7.4] Das Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP, 2003, Schematische Darstellung der Feuchttransportmechanismen in hygroskopischen Baustoffen, Jenseits von Glaser (quadriga)
- [7.5] Empfohlene Raumlufttemperatur in Funktion der Außentemperatur (QUELLE: SIA 382/1)
- [7.6] tistem, 2015, Passivhaus Broschüre, Wärmebrücken Fassade
- [7.7] J. Haas, J. Fechner, F. Kuchar, „Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie“, 2016, Handbuch Energieberatung, Mögliche Wärmebrücken in der Gebäudehülle, Wien
- [7.8] Energiestandards nach ÖNORM H 5055, Austria-Forum, Stand 24.03.2025, <https://austria-forum.org/af/AustriaWiki/Energiestandard>
- [7.9] ZAMG 2021, CCA 2020, VCÖ 2022, Zunahme der Hitzetage und Tropennächte
- [7.10] Doubek, 2008, Einflussgrößen sommerliche Überwärmung, Vermeidung von sommerlicher Überwärmung
- [7.11] Architekturbüro Reinberg, 2008, Solaraktivhaus, Nutzung der Sonneneinstrahlung
- [7.12] pro Holz Austria, Zuschnitt, Juni 2016, Sommerlicher Wärmeschutz im Klimawandel, Simulation der Innentemperatur, Einfluss der Bauweise und weiterer Faktoren
- [7.13] Dr. M. Teibinger, DI I. Matzinger, HFA, 2008, Untersuchung zum Brandverhalten von Wand-Deckenschlüssen, Wien
- [7.14] Dr. M. Teibinger, DI I. Matzinger, HFA, 2012, Brandabschottung im Holzbau, Planungsbroschüre, Schachtausführungen, Wien
- [7.15] Lignum-Dokumentation Brandschutz, 2014, Ummantelung von Hohlraumdosern
- [7.16] Willems, Schild, Stricker, 2016, Formeln und Tabellen Bauphysik, 4. Auflage

WEITERFÜHRENDE LITERATUR / LINKS

01 HOLZ UND KLH®

KLH®-Broschüren

<https://www.klh.at/broschueren/>

<https://www.klh.at/zulassungen-zertifikate/>

Geprüfte und gerechnete KLH®-Bauteile

<https://www.klh.at/tool-center/>

Geprüfte Holzbau-Bauteile und Bauteilfügungen

<https://www.dataholz.eu/>

KLH®-Detailkatalog, 2019

<https://www.klh.at/wp-content/uploads/2020/07/cad-detailkatalog-2020-09-08-de.pdf>

Brettspertholz-Merkblatt

<https://informationsdienst-holz.de/publikationen/brettspertholz-merkblatt>

Publikationen Holzbau

<https://informationsdienst-holz.de/publikationen>

LITERATURVERZEICHNIS

02 FEUCHTESCHUTZ

Holzschutz – Bauliche Maßnahmen

<https://informationsdienst-holz.de/publikationen/2-informationsdienst-holz-holzbau-handbuch/reihe-5-holzschutz/holzschutz-bauliche-massnahmen>

Strategien für eine bauweisengerechte Ausführung versorgungstechnischer Installationen im Holz-Massivbau, 2014

<https://repository.tugraz.at/publications/p9nnc-9jr78>

Richtlinie Sockelanschluss im Holzhausbau

<https://www.holzforschung.at/downloads/>

Feuchtemanagement – Witterungsschutz in der Bauphase

<https://informationsdienst-holz.de/publikationen/feuchtemanagement-witterungsschutz-in-der-bauphase>

Flachdächer in Holzbauweise

<https://informationsdienst-holz.de/publikationen/2-informationsdienst-holz-holzbau-handbuch/reihe-3-bauphysik/flachdaecher-in-holzbauweise>

Trocknung nach Wasserschäden im Holzbau

<https://www.holzforschung.at/downloads/>

Sanierung von hochwassergeschädigten Holzhausbauten

<https://www.holzforschung.at/downloads/>

03 WÄRMESCHUTZ

KLH®-Bauteile gerechnet mit Ubakus (<https://www.ubakus.de>)

<https://www.klh.at/tool-center/>

Wärmebrücken

<https://informationsdienst-holz.de/publikationen/2-informationsdienst-holz-holzbau-handbuch/reihe-3-bauphysik/waermebruecken>

04 BRANDSCHUTZ

Brandschutzkonzepte für mehrgeschossige Gebäude und Aufstockungen

<https://informationsdienst-holz.de/publikationen/2-informationsdienst-holz-holzbau-handbuch/reihe-3-bauphysik/brandschutzkonzepte>

Leitdetails für Bauteilanschlüsse in den Gebäudeklassen 4 und 5

<https://informationsdienst-holz.de/publikationen/leitdetails-fuer-bauteilanschluesse-gebäudeklasse-4-und-5>

Sanierung nach Brandschäden im Holzbau

<https://www.holzforschung.at/downloads/>

05 SCHALLSCHUTZ

Schallschutz im Holzbau – Grundlagen und Vorbemessung

<https://informationsdienst-holz.de/publikationen/2-informationsdienst-holz-holzbau-handbuch/reihe-3-bauphysik/schallschutz-im-holzbau>

Geprüfte und gerechnete KLH®-Bauteile

<https://www.klh.at/tool-center/>

Geprüfte Holzbau-Bauteile und Bauteilfügungen

<https://www.dataholz.eu/>

06 LUFTDICHTHEIT

Holzschutz – Bauliche Maßnahmen

<https://informationsdienst-holz.de/publikationen/2-informationsdienst-holz-holzbau-handbuch/reihe-5-holzschutz/holzschutz-bauliche-massnahmen>



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