



DIPLOMARBEIT

Bauteilkonstruktionen mit Strohdämmstoffen

Erstellung eines Bauteilkatalogs
repräsentativer Bauteilvarianten
mit nicht-tragender Strohdämmung

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des
akademischen Grades einer Diplom-Ingenieurin

unter der Leitung von
Ass.Prof.in i.R. Univ.Lektorin Dipl.-Ing. Dr.in techn.
Karin Stieldorf
E253 - Institut für Architektur und Entwerfen

eingereicht an der Technischen Universität Wien
Fakultät für Architektur und Raumplanung

von
Stefanie Hochgerner
00926526

Wien, am

Kurzfassung

In der vorliegenden Arbeit werden die Möglichkeiten des Einsatzes von Stroh als Wärmedämmung in Gebäudekonstruktionen erörtert und eine Sammlung repräsentativer Bauteilvarianten erstellt.

Dabei wird zunächst auf grundlegende Eigenschaften des nachwachsenden Rohstoffes Stroh als Bauprodukt, dessen ökologische Qualitäten sowie Vorbehalte in Bezug auf Brennbarkeit und Haltbarkeit eingegangen und die Anwendungsmöglichkeiten verschiedener zur Verfügung stehender Strohdämmstoffprodukte gezeigt.

Um die Performance der ausgewählten, strohgedämmten Aufbauvarianten gegenüberstellen zu können, werden bauphysikalische und -ökologische Kennwertberechnungen durchgeführt und die Eigenschaften unterschiedlicher Bauteilschichten betrachtet.

Die gängigen Strohbausysteme werden anhand von Best Practice Beispielen dargestellt. Bei der Analyse der Projekte und in Gesprächen mit Strohbaupert*innen wurde sichtbar, welche Bauteilvarianten sich in der Praxis bewährt haben und was die Qualitäten und Herausforderungen verschiedener Strohbauvarianten und Bauteilaufbauten im Kontext unterschiedlicher Bauaufgaben sind.

Im abschließenden Vergleich werden die gesammelten Konstruktionsvarianten am Beispiel der Außenwände aufgelistet und samt Bauteilkennwerten, Eignung und Ausführungshinweisen gegenübergestellt. So entsteht ein Katalog passivhaustauglicher Außenwandaufbauten, der den Einsatz von Strohdämmung als reelle Alternative zu konventionellen Wärmedämmstoffen aufzeigt.

Abstract

This thesis examines the possibilities of using straw as thermal insulation in building constructions and results in a collection of representative component variants.

First of all, the basic properties of the renewable raw material straw as a building product, its ecological qualities and reservations with regard to flammability and durability are discussed and the possible applications of various available straw insulation products are shown.

In order to be able to compare the performance of the selected, straw-insulated construction variants, building-physical and -ecological characteristic value calculations are carried out and the properties of different component layers are considered.

The common straw building systems are presented using best practice examples. During the analysis of the projects and in discussions with straw construction experts, it became clear which component variants have proven themselves in practice and what the qualities and challenges of different straw construction techniques and component structures are in the context of different construction tasks.

The collected component variants are described in detail and their characteristic values are calculated. The result is a catalog of exterior wall constructions suitable for passive houses, which shows the use of straw insulation as a real alternative to conventional thermal insulation materials.

Inhalt

1	Einleitung	8
1.1	Fragestellung	10
1.2	Aufbau	11
1.3	Abkürzungen	14
2	Stroh als Dämmung	16
2.1	Grundlagen	18
	Nachwachsender Rohstoff	
	Haltbarkeit	
	Brandverhalten	
2.2	Zertifizierte Strohdämmstoffe	32
	Strohballen	
	Strohhäcksel	
	Strohplatten	

3	Bauteilberechnungen	66
3.1	Bauteilkennwerte Dicke, Masse, U-Wert, Dampfdiffusion, Speicherwirksame Masse, Ökoindex	68
3.2	Baustoffliste	84
4	Bauteilvarianten – best practice	
4.1	Massivbau + Wrapping S-House	96
4.2	Rahmenbau + Infill Lopas vivihouse	106
4.3	Hybridsystem + Infill StrohSolSan StroHaus Wien	124

5	Bauteilvarianten im Vergleich	
5.1	Überblick Bauteilaufbauten	142
5.2	Vergleichsvarianten	144
5.3	Vergleiche	154
6	Literatur / Interviews	177
7	Abbildungen	184
8	Anhang	193
8.1	Berechnungen mit ArchiPHYSIK	

1

Einleitung

1.1 Fragestellung

Wie kann Stroh als Dämmstoff eingesetzt werden?
Welche Aufbauvarianten kommen in der Praxis vor?
Was sind die Qualitäten und Herausforderungen dieser Bauteile?

1.2 Aufbau

Zu Beginn werden grundlegende Eigenschaften des nachwachsenden Rohstoffes für die Verwendung als Gebäudedämmung betrachtet. Neben ökologischen Überlegungen wird auf mögliche Vorbehalte gegenüber dem pflanzlichen Rohstoff eingegangen und dabei die Haltbarkeit – diesbezüglich die bautechnisch korrekte Verarbeitung zum Schutz vor Feuchtigkeit und Befall – und das Brandverhalten von Stroh als Dämmung besprochen.

Strohdämmstoffe stehen als zertifizierte Bauprodukte in Form von Strohballen – rechteckige Kleinballen für den klassischen nicht-lasttragenden Strohballenbau –, Strohhacksel – geschnittenes, loses Stroh als Dämmung für Konstruktionszwischenräume – und Strohplatten – gebundenes, zu Dämmplatten gepresstes Stroh für die Verwendung im klassischen Wärmedämm-Verbundsystem – zur Verfügung. Zu den verschiedenen Produktformen werden die jeweilige Beschaffenheit und damit einhergehende Verarbeitungs- und Anwendungsmöglichkeiten in Bauteilkonstruktionen analysiert. Ein weiteres Augenmerk gilt der Verfügbarkeit bei Dämmstoffherstellern samt den variierenden Baustoffkennwerten.

Stroh als Dämmung

Bauteilberechnungen

Um die Wirkung verschiedener Bauteilschichten anhand bauphysikalischer und -ökologischer Aspekte bewerten und interpretieren zu können, werden im nächsten Schritt relevante Bauteilkennwerte beschrieben und deren Berechnung für einen Quadratmeter eines Bauteilaufbaus dargestellt.

Neben Bauteildicke und -masse wird die thermische Performance eines Bauteils betrachtet. Hierzu werden U-Wert, Verlauf der Dampfdiffusion durch einen mehrschichtigen Bauteilaufbau sowie die raumzugewandte, speicherwirksame Masse berechnet.

Als Indikator für den Umwelteinfluss einer Konstruktion wird der Ökoindex OI3 herangezogen, dessen drei Teilindikatoren die Auswirkungen aller Bauteilschichten auf die Emission von Treibhausgasen, das Versauerungspotenzial und den Inhalt nicht erneuerbarer Primärenergie betrachten.

Die für die Berechnungen ausschlaggebenden Baustoffkennwerte werden anschließend als Übersicht aufgelistet, die Berechnungen zu den gesamten Bauteilvarianten im Anhang dargestellt.

Bauteilvarianten
– best practice

Die im Kapitel Bauteilvarianten dargestellten Referenzprojekte bieten einen Überblick darüber, in welcher Form Strohdämmstoffe in der Praxis zum Einsatz kommen. Dabei zeigen sich unterschiedliche Zugänge zum Strohbau, die je nach Bauanforderung variieren.

Die betrachteten Projekte gliedern sich thematisch in unterschiedliche Konstruktionssysteme: Massivbau mit Stroh-Wrapping, Rahmenbau mit Stroh-Infill und Hybridkonstruktionen aus Massiv- und Rahmenbau mit Stroh-Infill-Dämmung. Dabei kommen sowohl Strohballen als auch Strohhacksel als Dämmungsvarianten zum Einsatz.

Weiters unterscheiden sich die dargestellten Konstruktionen in ihren Anwendungsmöglichkeiten bei spezifischen Anforderungen wie Sanierung oder begrenzter Flächenverfügbarkeit und in ihrem Potenzial zur Vorfertigung. Die Ausführung reicht vom klassischen Strohballen-Selbstbau bis zur industrialisierten Verarbeitung mit Strohhacksel-Dämmung. Ein weiteres Augenmerk liegt auf den Praxiserfahrungen in Bezug auf Detaillösungen und Ausführungshinweisen.

Für den abschließenden Vergleich wird anhand der Erkenntnisse aus den Referenzprojekten ein Überblick der praxiserprobten Bauteilaufbauten mit Strohdämmung geschaffen.

Bei der Betrachtung der Schichtkombinationen ergeben sich drei gängige Grundvarianten. Durch Abwandlung und Rekombination dieser entsteht eine Sammlung von neun Varianten, die anschließend in Bezug auf technische Unterschiede und Bauteilkennwerte miteinander verglichen werden.

Um den Einfluss variierender Bauteilschichtkombinationen auf die bauphysikalischen und -ökologischen Kennwerte aussagekräftig gegenüberstellen zu können, wurde für alle Vergleichsvarianten eine einheitliche, 36 cm starke Strohdämmschicht angenommen.

Bauteilvarianten
im Vergleich

1.3 Abkürzungen

ASBN	Austrian Strawbale Network / Österreichisches Netzwerk für Strohballenbau
FASBA	Fachverband Strohballenbau Deutschland
GrAT	Gruppe Angepasste Technologie, TU Wien
IBO	Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie
OIB	Österreichisches Institut für Bautechnik
ETA	European Technical Assessment / Europäische Technische Bewertung
ÖTZ	Österreichische Technische Zulassung
RL	Richtlinie
SBR	Strohbaurichtlinie

AD	Außendecke
AW	Außenwand
BO	Bodenplatte
e	exterior / außen
i	interior / innen
BG	Bilanzgrenze
GK	Gebäudeklasse
HWB	Heizwärmebedarf
TGH	Thermische Gebäudehülle
WDVS	Wärmedämmverbundsystem

2

Stroh als Dämmung

2.1 Grundlagen



Abb 1 Kleinstrohballen aus Weizenstroh (Foto: SonnenKlee / sonnenklee.at)

Nachwachsender Rohstoff

Als Stroh werden die gedroschenen, trockenen Halme von Getreide- und anderen Faserpflanzen, wie beispielsweise Flachs und Hanf, bezeichnet. Im klassischen Strohballenbau in Mitteleuropa wird für die Herstellung von geeigneten Baustrohballen vor allem Weizen- und gelegentlich Roggen- oder Dinkelstroh verwendet. Diese Strohsorten haben sich auf Grund ihrer mechanischen Eigenschaften bewährt und können, anders als weniger stabiles Hafer- und Gerstenstroh, zur Herstellung von Baustrohballen eingesetzt werden.

Die wesentlichen Bestandteile von Stroh sind Zellulose, Lignin und Kieselerde. Eine wachsartige, leicht hydrophobe Schicht umgibt die Halme und schützt sie vor äußeren Einflüssen. Im Inneren weisen die Strohhalme eine Röhrenstruktur auf, welche zum einen gute Reißfestigkeit und Elastizität bewirkt und zum anderen abgeschlossene Luftzwischenräume bildet und damit die Eignung von Stroh als Dämmmaterial ausmacht (vgl. Holzmann et al. 2012: 228).



Abb 2 Verarbeitung der Strohernte zu Strohballen (Foto: SonnenKlee / sonnenklee.at)

Nachwachsender Rohstoff

Ökologie

Als regional verfügbarer, jährlich nachwachsender Rohstoff, der beim Wachstum CO_2 speichert, und als Nebenprodukt der Getreideernte ohne zusätzliche Energieaufwendung zur Rohstoffgewinnung ohnehin anfällt, ist Stroh aus ökologischer Sicht ein idealer Dämmstoff. Für die Herstellung von Baustrohballen wird im Vergleich zu anderen Dämmmaterialien nur wenig Energie benötigt. Der zur Herstellung eines Baustoffes benötigte Primärenergieinhalt aus nicht erneuerbaren Energieträgern (PENRT) liegt bei Baustrohballen bei 0,801 MJ/kg. Im Vergleich dazu beträgt der PENRT von Holzweichfaserplatten 14,4 MJ/kg und von Zellulosedämmung 3,74 MJ/kg (Baustoffkennwerte siehe Kapitel 3.2).

Stroh als Dämmstoff ist nicht nur ressourcenschonend in der Herstellung, sondern theoretisch auch in großen Mengen verfügbar. Laut einer Erhebung des Fachverbandes Strohhallenbau Deutschland (FASBA) werden 20% der dortigen Strohernte nicht benötigt, womit jährlich bis zu 350.000 Einfamilienhäuser wärmegeklämt werden könnten (vgl. FASBA-SBR 2019: 9).

Da Strohdämmung üblicherweise ohne künstliche Zusatzstoffe verarbeitet wird, kann das Material nach Ende der Nutzungsdauer durch Kompostierung in den natürlichen Kreislauf zurückgeführt oder thermisch verwertet werden. Eine Deponierung ist nicht erlaubt (vgl. BAU-EPD-FASBA 2019: 6). Die Strohdämmung kann jedoch auch in einer anderen Konstruktion wieder als Dämmstoff eingesetzt werden, denn wenn Stroh vor äußeren Einflüssen geschützt, feuchtetechnisch korrekt in Konstruktionen eingebaut ist, bleibt die Qualität des Strohs erhalten und eine spätere Wiederverwendung des Dämmstoffes ist möglich (Interview Meingast 2018). Ob Recycling stattfindet, hängt jedoch im individuellen Fall von wirtschaftlichen und logistischen Rahmenbedingungen ab (vgl. BAU-EPD-FASBA 2019: 6).

Haltbarkeit

Schutz vor Feuchtigkeit

Wie alle nachwachsenden Rohstoffe ist Stroh feuchteempfindlich. Bei anhaltender Feuchtigkeit kann es zu Schimmelbildung sowie Verrottungsprozessen kommen. Um diese Bauschäden zu verhindern, muss der trockene Verbleib der Strohdämmung vor, während und nach der Verarbeitung sichergestellt sein. Eine kurzfristige Feuchtigkeitsaussetzung, wie sie beim Auftragen von Lehmputz auftritt, ist jedoch unproblematisch (vgl. Minke und Krick 2014: 23 f.). Bei konstanten Umgebungsbedingungen stellt sich in der Strohdämmung eine Ausgleichsfeuchte zwischen 13 und 14% ein (vgl. Gruber et al. 2012: 50). Dieser ideale, trockene Zustand ist auch für die Wärmedämmfunktion des Dämmstoffes essenziell, denn Wassereinlagerungen in den Hohlräumen des Stroh bewirken eine Steigerung der Wärmeleitfähigkeit und somit Verschlechterung der Dämmwirkung (siehe auch Kapitel 3.1). Beim Einbau der Strohdämmung darf der Feuchtegehalt maximal 15 Masseprozent betragen (vgl. Holzmann et al. 2012: 231). Strohdämmung ist als zertifiziertes Baumaterial verfügbar, bei dem der Feuchtegehalt entsprechend der bautechnischen Zulassung werkseitig überwacht wird. Vor dem Einbau kann zudem eine optische Kontrolle durchgeführt werden, denn eine goldgelbe bis blassgelbe Farbe zeigt, dass das Stroh nie über längere Zeit feucht war. Ansatzweise gräuliche Flecken können als unkritisch angesehen werden, solange das Stroh nicht modrig riecht und augenscheinlich unbeschadet und „strohtrocken“ ist (vgl. FASBA-SBR 2019: 8).

Haltbarkeit – Schutz vor Feuchtigkeit



Abb 3 Strohballe-Infill, Einbringung von außen, Verschalung mit feuchtebeständigen Holzfaser-Unterdeckplatten (Foto: Herbert Gruber / strohnatur.at)

Abb 4 Strohballen-Wrapping, S-House, Verarbeitung unter weit auskragendem Dach, Ballenlagerung im Inneren (Foto: Architekten Scheicher / scheicher.at)



Abb 5 Strohballen-Infill, Ballenlagerung und Verarbeitung im Inneren (Foto: Herbert Gruber / strohnatur.at)

Haltbarkeit – Schutz vor Feuchtigkeit

Damit die Strohdämmung bis zum Verbau in der Gebäudekonstruktion geschützt ist, muss von der Herstellung bis zur Lagerung auf der Baustelle eine ständig trockene Verwahrung gewährleistet sein. Im Idealfall wird die Dämmung bereits im Werk in vorgefertigte Elemente eingebracht. Beim Verarbeiten der Strohdämmung vor Ort kann auf der Baustelle Witterungsschutz durch Abdeckplanen und Lagerung auf Paletten erreicht werden. Besser wäre jedoch die Aufbewahrung im witterungsgeschützten Rohbau oder in Nebengebäuden. Bei Holzrahmenkonstruktionen bietet es sich an, zuerst die äußere, wetterfeste Beplankung herzustellen und danach vom Gebäudeinneren aus den Einbau der Strohdämmung vorzunehmen (vgl. Gruber et al. 2012: 48 f.). Ebenfalls weitgehend wetterunabhängig kann das Einblasen von Strohäckselndämmung erfolgen, da auch hier bereits im Vorfeld die regensichere Verschalung der Rahmenelemente fertiggestellt ist. Wenn Strohdämmung außen vorgesetzt wird, ist es von Vorteil, wenn die Arbeiten unter einem weit auskragenden Dachüberstand stattfinden können.

Trockene Lagerung vor und während der Verarbeitung

Die Strohdämmung muss dauerhaft vor Feuchtigkeit geschützt in der Konstruktion eingebaut sein. Dabei gilt, dass Strohdämmung dort Anwendung finden kann, wo auch Holz problemlos eingesetzt wird (vgl. Gruber et al. 2012: 40).

Dauerhaft geschützt durch baulichen Feuchteschutz

Konstruktive Schutzmaßnahmen betreffen aufsteigende Feuchtigkeit aus dem Erdreich, Witterungseinflüsse von außen und Dampfdiffusion aus dem Gebäudeinneren.

Feuchtigkeit von unten

Strohdämmung eignet sich für den Einsatz in Bauteilen, die genügend Abstand zum Erdreich aufweisen. Um Feuchtetransport über erdbe-rührte Bauteile zu verhindern, werden horizontale Abdichtungen zwi-schen Fundament und Holz-Strohkonstruktion eingesetzt.



Abb 6 S-House, unterlüftete Bodenplattform, Lehmputz auf Strohbällen, hinterlüftete Fassadenschalung, weiter Dachüberstand (Foto: GrAT)

Haltbarkeit – Schutz vor Feuchtigkeit

Große Dachüberstände sind ein wirkungsvoller Schutz, um Außenwände vor starker Bewitterung zu schützen. Als Fassadenabschluss eignen sich hinterlüftete Verschalungen besonders gut, da so eine Trennung von regenführender Ebene und thermischer Gebäudehülle gegeben ist. Zum Schutz vor Spritzwasser sollte Strohdämmung nur oberhalb der Sockelzone, mit einem Mindestabstand von 30 cm zum angrenzenden horizontalen Niveau, zum Einsatz kommen (vgl. Minke und Krick 2014: 21).

Witterungseinflüsse von außen

Dampfdiffusion durch Bauteilschichten erfolgt als Dampfdruckausgleich entlang des Druckgefälles vom beheizten Innenraum nach außen. Damit möglichst wenig Wasserdampf aus dem Gebäudeinneren in die Konstruktion gelangt und jedenfalls, ohne im Bauteilinneren als Kondensat auszufallen, nach außen ausdiffundieren kann, müssen die Bauteilschichten im Verhältnis zur dampfbremsenden Ebene an der Rauminnenseite nach außen zunehmend diffusionsoffener werden (vgl. Minke und Krick 2014: 22 f.). Im direkten Kontakt mit Strohdämmung ist es vorteilhaft, saugfähige Materialien wie Putze und Holzfaserdämmplatten aufzubringen, die anfallende Feuchtigkeit nach außen abtransportieren können (vgl. FASBA-SBR 2019: 15). Strohballendämmung ist mit einer geringen Diffusionswiderstandszahl von $\mu = 2,3$ (vgl. SonnenKlee o. J. a) vergleichsweise diffusionsoffen.

Dampfdiffusion von innen

Bei den bauphysikalischen Bauteilberechnungen (siehe Kapitel 3.1) wird festgestellt, ob in einem Bauteil Kondensat auftritt und dieses gegebenenfalls in der Verdunstungsperiode wieder vollständig austrocknen kann.

Schutz vor Befall

Die zur Dämmung verarbeiteten Strohhalme sind aufgrund moderner Erntetechniken nahezu frei von Getreidekörnern. Sie bieten daher keine Nahrungsgrundlage für Nagetiere oder Insekten und provozieren somit auch keinen Befall durch diese in der Strohdämmung (vgl. Gruber et al. 2012: 46). Der maximale Restkornanteil im zur Dämmung verarbeiteten Stroh ist mit einem Grenzwert von 0,4 Masseprozent definiert (vgl. Holzmann et al. 2012: 231).

Im Vergleich zu anderen Dämmstoffen besteht bei Strohdämmung auch keine erhöhte Gefahr der Bildung von Nisthöhlen. Kompakt gepresstes Stroh gilt als äußerst widerstandsfähig gegen Hohlraumbildung (vgl. Gruber et al. 2012: 46). Stroh und andere Naturfasern bieten durch deren Elastizität ein hohes Rückstellvermögen, wodurch sie Höhlenbau erschweren. Ebenso haben sie dadurch eine verminderte Neigung zur Setzung (Interview Meingast 2018).

Durch einen bautechnisch korrekten Einschluss in der Konstruktion samt sorgfältiger Ausführung der Bauteilanschlüsse muss ein Zugang zur warmen Dämmebene unterbunden werden. Dichte, rissfreie Verschalungen gelingen mit Ausbauplatten und armierten Putzen.

In der Praxis zeigte sich beim Strohbauprojekt S-House, bei dem 2018, nach etwa 13 Jahren Bestand, ein Teil der hinterlüfteten Holzfassade abmontiert und nachgesehen wurde, dass die Strohballen unter dem Lehmputz in vollkommen einwandfreiem Zustand waren. Es gab weder Schäden durch Schädlinge noch durch Feuchtigkeit (Interview Krug 2018).

Haltbarkeit – Schutz vor Befall



Abb 7 Lehmputz auf Strohballen, S-House (Foto: GrAT)

Brandverhalten

In Relation zur Rohdichte:

Loses Stroh vs.
verdichteter Strohbaustoff

Das Brandverhalten von Stroh ist eine Frage der Rohdichte, denn im Gegensatz zu losem Stroh brennen gepresste Strohballe äußerst schlecht. Eine kompakte Pressung bewirkt, dass zu wenig Sauerstoff an den Brandherd gelangt, um eine gute Verbrennung zu unterstützen. Auf der beflamnten Seite bildet sich zudem eine verkohlte Schicht, die die Luftzufuhr behindert und somit den Abbrand hemmt. Loses Stroh stellt auf der Baustelle eine Brandgefahr dar und muss regelmäßig zusammengekehrt und entfernt werden. Die fertiggestellte Strohdämmung sollte nicht lange unverkleidet bleiben. Auf fertiggestellten Strohdämmungen drückt ein erster Putzauftrag abstehende Halme an und verringert das Risiko einer Entflammung. (vgl. Gruber et al. 2012: 42; Minke und Krick 2014: 28)

Da also für eine Reduktion der Brennbarkeit, im Gegensatz zur Verbesserung der Wärmedämmwirkung, eine möglichst reduzierte Menge an Luftschlüssen im Baustoff wünschenswert ist, spielt die Mindestrohichte eine zentrale Rolle bei der Klassifizierung von Strohdämmung.

Brandverhalten Klasse E

Baustroh ab 85 kg/m^3

Die Europäische Technische Zulassung für Baustroh ETA-17/0247, sowie sämtliche Zulassungen anderer Hersteller (siehe Kapitel 2.2), klassifizieren das Brandverhalten von Strohdämmungen ab einer Rohdichte von mindestens 85 kg/m^3 als Klasse E nach EN 13501-1 (vgl. ETA-17/0247: 3-5).

Dämmstoffe der Klasse E gelten als ‚normal brennbar‘ und können gemäß der OIB-Richtlinie 2 für Brandschutz uneingeschränkt in Gebäuden der Gebäudeklasse 1 zum Einsatz kommen (vgl. OIB-RL 2 2019: 20). Die GK 1 betrifft freistehende Gebäude mit maximal drei oberirdischen Geschoßen (vgl. OIB-RL 2-E 2019: 4), und somit die meisten Einfamilienhäuser.

Brandverhalten

Brandverhalten Klasse B

Eine Verbesserung des Brandverhaltens eines Bauproduktes kann durch Putzbeschichtungen oder Plattenverkleidungen erreicht werden:

Der Fassadenaufbau des Projektes StroHaus Wien (siehe Kapitel 4.3) wurde als Bauprodukt geprüft und ermöglicht damit den Einsatz von Stroh als Fassadendämmung im innerstädtischen, mehrgeschoßigen Kontext bis zur Gebäudeklasse 5. Das zertifizierte Gesamtsystem erfüllt die Anforderung der OIB-RL 2 an Fassaden der GK 5: Brandverhalten ‚B-d1‘ (vgl. 2019: 20). Um das nötige Brandverhalten zu erreichen wurde der Wandaufbau außen mit einer 12,5 mm starken Fermacell-Brandschutzplatte abgeschlossen. Schon ohne Anbringung eines Außenputzes konnte bei der Prüfung ‚B-s1,d0‘ erreicht werden (vgl. DPM 2021: 4)

Bauprodukt mit nichtbrennbaren Beschichtungen

Feuerwiderstand
REI 120 möglich

Als Beispiel, welcher Feuerwiderstand bei strohgedämmten Bauteilen erreicht werden kann, dient die Außenwandkonstruktion von Lopas (siehe Kapitel 4.2). Die Stroh-ausgefachte Holzkonstruktion ist rauminnenseitig mit einer 4,5 cm starken, luftdichten Lehmschicht abgekapselt. Bei der Feuerwiderstandsprüfung (MA 39 – VFA 2012-0962.01) hielt die Konstruktion unter Belastung einem zweistündigen Vollbrand stand. Die Leistungskriterien Tragfähigkeit, Raumabschluss und Wärmedämmung blieben dabei erhalten. Damit erlangte die Konstruktion die Zertifizierung REI 120 (vgl. Lopas o. J.). Der Lopas-Aufbau übertrifft somit die Anforderungen der OIB-RL 2 an den Feuerwiderstand von Bauteilen sämtlicher Gebäudeklassen (vgl. 2019: 22).

2.2 Zertifizierte Strohdämmstoffe

Strohdämmstoffe werden als zertifizierte Bauprodukte in Form von Baustrohballen, loser Strohhäckseldämmung und Strohdämmplatten hergestellt. Die Zulassungen mittels Europäischer Technischer Bewertungen (ETA, European Technical Assessment) ermöglichen den problemlosen Einsatz von Stroh als Dämmstoff im Bauwesen und beziehen sich auf dessen Anwendung als nicht druckbelasteter Baustoff, der keine Aufgabe der Standsicherheit eines Gebäudes übernimmt (vgl. FASBA-SBR 2019: 15). Strohdämmstoffe können in loser oder gebundener Verarbeitungsform als ausfachende Zwischenraumdämmung in Rahmenkonstruktionen eingesetzt werden oder in Form von gebundenen Strohbällen oder -platten eine der Konstruktion vorgelagerte, homogene Dämmebene bilden. Der Einsatz verschiedener Strohdämmungsarten ist auch abhängig von deren Verfügbarkeit. Da in der Landwirtschaft vor allem Rundballen und nur noch selten die für konventionelle Strohbällenbautechniken erforderlichen rechteckigen Kleinballen hergestellt werden (vgl. IBO 2017: 203 f.), ergibt sich der Bedarf einer weiteren Verarbeitung des Stroh. Während intakte, lange Strohhalme zu geeigneten Baustrohballen neu gepresst und gebunden werden können, liegt auch die Möglichkeit nahe, Stroh zu verschiedenen, industriell gefertigten Dämmstoffprodukten wie Strohhäcksel oder Strohdämmplatten weiterzuverarbeiten. Durch den Verarbeitungsprozess wird gleichbleibende Qualität sichergestellt, jedoch auch zusätzliche Energie für die Herstellung eingesetzt.



Abb 8 Palettierte Baustrohballen und Strohhacksel-Pakete (Foto: SonnenKlee / sonnenklee.at)

Strohballen



Abb 9 Verarbeitung rechteckiger Kleinstrohballen

Strohballen

Beschaffenheit

Im nicht lasttragenden Strohballenbau werden rechteckige Kleinballen als Zwischenraumdämmung in Holzrahmenkonstruktionen (In-fill) oder als homogene Ummantelung vor massiven Konstruktionen (Wrapping) eingesetzt. Um eine dichte, fugenfreie Dämmebene herzustellen, eignen sich ebenmäßige, formstabile Ballen mit ausgeprägten Kanten und Ecken.

Querschnittsabmessungen und Rohdichte der Kleinballen hängen von der bei der Herstellung verwendeten Ballenpresse ab. Die Ballenbreite und -höhe ergeben sich aus den Abmessungen des Förderkanals der Pressvorrichtung und die Länge der produzierten Ballen kann je nach Maschine unterschiedlich eingestellt werden (vgl. Holzmann et al. 2012: 231). Ein Strohballen besteht aus einzelnen, etwa 8-14 cm dicken Ballenlagen, die in Pressrichtung aneinandergesetzt werden und in Summe die Länge des Strohballens ergeben (vgl. Gruber 2017: 256). Diese Länge kann je nach verwendeter Ballenpresse eine größere Varianz aufweisen als die durch das konstante Maß des Förderkanals definierte Ballenbreite und -höhe. Die Ballenlänge wird quer zu den schichtweise verpressten Lagen mit mindestens zwei Schnüren abgebunden. Die Schnürung besteht meist aus Polypropylen, kann jedoch auch aus Hanf-, Flachs- oder anderen Pflanzenfasern hergestellt werden (vgl. Holzmann et al. 2012: 231).

Höhe:	32	bis	40	cm
Breite:	45	bis	50	cm
Länge:	50	bis	120	cm

Gängige
Kleinballenmaße

Beispiel Baustrohballen: 36 x 47 x 80 cm
Bei einer Pressdichte von 105 kg/m³ weist ein solcher Baustrohballen eine Masse von rund 14 kg auf.



Abb 10 Halmausrichtung im Strohballe (Darstellung: FASBA-SBR 2019: 15)



Abb 11 Strohballe-Infill, hochkant stehende und hochkant liegende Balle zwischen Holzstehern (Foto: Herbert Gruber / strohnatur.at)

Strohballen

„Optimale Wärmedämmung von Stroh wird mit einer überwiegenden Halmausrichtung senkrecht zum Wärmestrom erreicht. Strohballen müssen in vertikalen Bauteilen daher hochkant stehend oder hochkant liegend eingebaut werden, in Decken und Dächern flach liegend.“ (FASBA-SBR 2019: 15)

Bei Strohballen mit einer Nenndichte von 105 kg/m^3 ist bei quer zum Wärmedurchgang liegender Halmausrichtung mit einer Wärmeleitfähigkeit von $0,05 \text{ W/(mK)}$ zu rechnen. Bei parallel zum Wärmefluss verlaufenden Halmen mit einer gesteigerten Wärmeleitfähigkeit von $0,085 \text{ W/(mK)}$ (SonnenKlee o. J. a).

Halmausrichtung

Die Höhe der flach liegenden Ballen definiert die Dicke der Dämmebene sowie Tiefe der Konstruktion in die sie eingesetzt werden. Damit die Hauptausrichtung der Strohhalme quer zur Wärmeflussrichtung verläuft und damit ein größtmöglicher Strömungswiderstand besteht, werden die Ballen hochkant stehend oder hochkant liegend in vertikalen und flach liegend in horizontalen Bauteilen eingesetzt. Im fertig verbauten Zustand erkennt man die Halmausrichtung daran, dass bei quer zum Wärmedurchgang ausgerichteten Halmen die Ballenschnürung an der Oberfläche der Dämmebene sichtbar ist (siehe Abbildung links).

Bei Holzrahmenkonstruktionen muss die Konstruktionstiefe an die Dämmstärke der Ballen angepasst werden, damit kein Hohlraum zwischen Dämmung und Verschalung entsteht und keine Aufdopplung notwendig ist (siehe Verarbeitung).

Im Gegensatz zum Einsatz der Strohballen als Infill innerhalb der lasttragenden Konstruktionsebene, ergeben sich beim vor die Massivkonstruktion gelagerten Strohballen-Wrapping, bedingt durch die vom fixen Strohballenmaß vorgegebene Dämmstärke, größere Bauteildicken, die vor allem bei geringer Flächenverfügbarkeit bedacht werden müssen.

Da in der Praxis unterschiedlichste Kleinballenformate produziert werden, ist es im Vorfeld der Planung wichtig, die verfügbaren Ballenmaße abzuklären, um die Bauteildicke zu definieren und, dort wo möglich und sinnvoll, den Konstruktionsraster anzupassen.

Dämmstärke ergibt sich aus der Ballenhöhe

Eigenschaften	„Bio-Baustrohballen“, ETA-10/0032 SonnenKlee (SonnenKlee o. J. a, c)	„S-HOUSE Ballen“, ÖTZ GrAT (Wimmer et al. 2010: 19, 34-41)
Getreidesorte	Weizenstroh	Getreidestroh z.B. Weizen, Gerste, Roggen, Dinkel, Triticale
ρ Einbaudichte	105 (95-120) kg/m ³	110 (100-120) kg/m ³
λ_r Wärmeleitfähigkeit	0,050 W/(mK) / 0,085 W/(mK) je nach Einbaulage	0,049 W/(mK)
μ Diffusionswiderstandszahl	2,3	4,4
Brandverhalten nach EN 13501-1	Klasse E	Klasse E
Feuchtegehalt	< 15 %	< 14 %
Beikrautanteil	< 0,5 Gewichts-%	kein grünes Beikraut
Restkornanteil	< 0,4 Gewichts-%	< 0,5 Gewichts-%

Strohballen

Verfügbarkeit

[Baustrohballenhersteller](#)

Zertifizierte Baustrohballen werden beim niederösterreichischen Dämmstoffhersteller SonnenKlee gemäß der Bauprodukt-Zulassung ETA-10/0032 in unterschiedlichen Ballenformaten produziert.

Mittels werkseitiger Baustroh-Aufbereitungsanlage können Baustrohballen ganzjährig aus hallengelagertem Weizenstroh hergestellt werden. Der Rohstoff wird im Aufbereitungsvorgang von Restkorn- und Feinanteilen gereinigt und unter kontrollierten Bedingungen in der Fertigungshalle zu geeigneten Baustrohballen neu gepresst (vgl. SonnenKlee o. J. b).

Als kostengünstigere Variante können saisonal auch feldfallende Kleinstrohballen bestellt werden. Diese werden ebenfalls auf die Kriterien der ETA-10/0032 kontrolliert. Die Ballenlängen der direkt am Feld gepressten Kleinballen können im Vergleich zu werkseitig aufbereiteten Ballen eine größere Varianz aufweisen (vgl. SonnenKlee o. J. f).



Abb 12 Zertifizierung der Strohballen während der Ernte am Feld (Foto: SonnenKlee / sonnenklee.at)



Abb 13 Pressung geeigneter Baustrohballen beim Kunden mit mobiler Aufbereitungsanlage (Foto: SonnenKlee / sonnenklee.at)

Strohballen

Um längere Transportwege vom Baustrohballen-Hersteller zu weiter entfernten Baustellen zu vermeiden, können auch lokal produzierte Kleinballen, sofern diese den Qualitätskriterien von Baustrohballen entsprechen, direkt vor Ort durch externe Prüfung als Baustoff zertifiziert werden. Der Baustrohballen-Hersteller SonnenKlee bietet eine solche externe Zertifizierung gemäß den Kriterien der ETA-10/0032 an. Die Abnahme erfolgt, indem zuerst der Rohstoff vorab am Feld besichtigt und die Eignung der verfügbaren Kleinballenpresse begutachtet wird. Danach werden die gepressten Strohballen während der Produktion am Feld auf Einhaltung der Zertifizierungskriterien gemäß ETA-10/0032 geprüft und die Verfügbarkeit einer geeigneten Zwischenlagerstätte kontrolliert (vgl. SonnenKlee o. J. c).

Der Bezug der Strohballen muss rechtzeitig vor der Ernte organisiert und eine trockene Lagerung bis zur Verwendung auf der Baustelle sichergestellt werden. Zu einer möglicherweise günstigen, regionalen Bezugsquelle müssen also zusätzliche Kosten für Zertifizierung, Lagerung und Transport zur Zwischenlagerstätte sowie Baustelle mitgerechnet werden. Als Nebenprodukt der Getreideernte sind lokal verfügbare Strohballen ein ressourcenschonender Dämmstoff, jedoch bedingt durch die in der Landwirtschaft selten gewordenen Kleinballenpressen nicht überall verfügbar.

Für die Verwendung regional verfügbaren Strohballen, das häufig nicht in Form geeigneter Kleinballen, sondern als große Rund- oder Quaderballen vorhanden ist, kann dieses zu geeigneten Baustrohballen neu gepresst werden. Die Firma SonnenKlee bietet die Produktion zertifizierter Baustrohballen verschiedener Größen direkt vor Ort mittels mobiler Baustrohaufbereitungsanlage, die mit einem LKW zum Ort der Verwendung transportiert wird, für Großprojekte ab 300 m³ Dämmstoffbedarf an.

Für das Umpressen werden die vorhandenen Großballen geöffnet und der Maschine zugeführt. Dabei wird das Stroh entstaubt, von Restkorn befreit und zu zertifizierten Baustrohballen, variabel einstellbaren Formates neu gepresst (vgl. SonnenKlee o. J. d).

Strohballen aus der Gemeinde

Aufbereitung lokal verfügbarer
Rund- oder Quaderballen



Abb 14 a-d Strohballen-Infill mit rechteckigen Kleinballen, abgetrennten Ballenlagen und Strohbündeln (Fotos: Herbert Gruber / strohnatur.at)

Strohballen

Verarbeitung

Strohballendämmungen werden von und in Zusammenarbeit mit zertifizierten Strohballenbauer*innen oder spezialisierten Zimmereibetrieben ausgeführt. Das Arbeiten mit Strohballen ist ein handarbeitsintensiver Prozess, der erhöhten Kraft- und Zeitaufwand bedarf, bei dem jedoch, dank der Einfachheit des Materials, viel Eigenleistung erbracht werden kann. Gemeinsam mit zertifizierten Strohballenbauer*innen des ASBN können bei Baustellenworkshops die grundlegenden Techniken erlernt und ein partizipativer Selbstbauansatz verwirklicht werden (vgl. Gruber et al. 2012: 39-40).

Strohballen können als Ausfachung (Infill) oder vorgesetzte, durchgehende Dämmebene (Wrapping) eingesetzt werden. Beim Infill werden die Ballen stark verdichtet in die Zwischenräume von Holzrahmenkonstruktionen oder als Zwischensparrendämmung eingebaut, während beim Wrapping eine weitgehend wärmebrückenfreie Ummantelung der massiven Konstruktion hergestellt wird.

Beim Ausdämmen von Holzrahmenkonstruktionen ist es für das Herstellen einer lückenlosen Dämmebene vorteilhaft, wenn der lichte Konstruktionsabstand an das verfügbare Strohballenformat angepasst wird.

Die Ballen können horizontal oder vertikal in das Gefach eingefügt werden. Damit bestimmt entweder die Ballenlänge des hochkant liegenden Ballens oder die Ballenbreite des hochkant stehenden Ballens den geforderten Abstand.

Wenn die Ballen hochkant stehend in die Konstruktion eingebaut werden, kann der lichte Abstand die ein- bis zweifache Strohballenbreite betragen. Der Vorteil beim vertikalen Einbau ist, dass die Ballenbreite Produktionsbedingt ein zuverlässiges Maß ist, das eine daran angepasste Konstruktion genau ausfüllen kann. Die Ballenbreite ist jedoch nicht nur konstant, sondern auch ein Fixmaß und daher für einen genauen Konstruktionsabstand bestimmt.

Strohballen-Infill

Eingliederung in die
Konstruktion



Abb 15 Ausstopfen der Hohlräume im Bereich der Ballenstöße (Foto: Karin Haas, ASBN)

Strohballen

Die Strohballenlänge hingegen kann je nach Herstellungsart stärker variieren, ist jedoch durch das Abtrennen und Anfügen von Ballenlagen anpassbar. Somit können beim horizontalen Einbau variable Konstruktionsabstände ausgefüllt werden (vgl. Gruber 2017: 286).

Beim Ausfachen einer Konstruktion mit Strohballen muss eine dichte, wärmebrückenfreie Dämmebene hergestellt werden. Dies geschieht am einfachsten mit kompakt gepressten, rechteckigen Strohballen. Die obersten Ballenschichten werden bei Bedarf vor dem Einbau durch Zurechtziehen in Form gebracht, um so ein möglichst fugenfreies Aneinanderfügen zu ermöglichen. Verbliebene Hohlräume müssen mit Strohbindeln nachverdichtet werden. Da Strohballen leicht gerundete Ecken aufweisen, besteht dort, wo die Ecken mehrerer Ballen aufeinander treffen jedenfalls erhöhter Bedarf, den weniger dichten Bereich nachträglich mit Strohbindeln auszustopfen, um eine lückenlose Dämmebene herzustellen. Für das Befüllen von vom Strohballenmaß abweichenden Konstruktionsabständen können Strohballen aufgetrennt und einzelne Ballenlagen verwendet werden, um Hohlräume aufzufüllen. Bei kompaktem Einbau verkralen sich die rauen Strohoberflächen ineinander und die Ballenelemente sind setzungssicher und gegen Herausfallen gesichert eingebaut (vgl. Gruber 2017: 286, 293). Als Test, ob ausreichend Einbaudichte erreicht wurde, werden die Fugen zwischen den aneinandergefügt Ballen und zwischen Ballen und Holzkonstruktion kontrolliert, indem überprüft wird, ob ein händisches Zerteilen der Strohebene mit der flachen Hand nicht mehr möglich ist (vgl. FASBA-SBR 2019: 23).

Nachdem die Konstruktion befüllt wurde, wird die Schnürung der Ballen aufgeschnitten und entfernt. Dadurch dehnen sich die Ballen entlang der Ballenpressrichtung, also Längsrichtung, aus und drücken sich somit noch mehr ineinander und gegen die Konstruktion, wodurch Fugen nachverdichtet und weitgehend ausgeglichen werden (vgl. Gruber 2017: 256).

Einbaudichte



Abb 16 Glätten der Strohballenoberfläche entlang der Holzrahmenkonstruktion

Strohballen

Die Strohballen müssen die Konstruktion eben ausfüllen, einerseits um hohlraumfrei mit einer möglichen Verschalung abzuschließen, andererseits um eine ebene Putzfläche zu bieten. Bei direktem Verputz mit Lehm oder Kalk können so Mehrdicken beim Putzauftrag vermieden werden, die beim Ausgleichen buckeliger Oberflächen entstehen würden. Da natürliche Strohballenoberflächen Unebenheiten aufweisen, werden die Ballen leicht überstehend in die Konstruktion eingebaut und anschließend mit einer Heckenschere entlang der Konstruktionsebene zur planen Oberfläche angeglichen (vgl. Gruber 2017: 269).

Die ebene Strotoberfläche verhindert nicht nur Mehrdicken beim Verputzen, sondern bietet auch durch die Struktur der geschnittenen Halmen einen idealen Putzuntergrund für die mechanische Haftung von Putz. Dabei darf sich kein loses Stroh aus der stramm verbauten Strohballenoberfläche lösen. Beim Direktputz auf Strohballen ist also kein Aufdoppeln von losem Dämmmaterial möglich, die Abmessung der gebundenen Strohballen stellt die Maximaldicke der Dämmebene dar (vgl. Gruber 2017: 278).

Beim Hantieren mit Strohballen, Abtrennen von Ballenlagen und Abscheren der Strotoberfläche fällt eine große Menge an losem Stroh an, das eine erhöhte Brand- und Rutschgefahr auf der Baustelle darstellt. Das gelöste Stroh muss daher regelmäßig eingesammelt und in Bigbags aufbewahrt werden. Während aufgetrennte Strohballenelemente zum Ausstopfen von Hohlräumen verwendet werden können, eignet sich das kurz geschnittene Stroh vom Abscheren der Oberflächen als Faserzuschlag in Lehmputzen (vgl. Gruber 2017: 258 f.).

Ebene Strotoberfläche

Saubere Strohbaustelle

Strohballen-Wrapping

Beim wärmebrückenfreien Umhüllen der Konstruktion mit Strohballen müssen rechteckige, formhaltige Ballen verwendet werden, die vor der tragenden Massivkonstruktion aufgemauert und durch punktuelle Verankerung befestigt werden. Im Gegensatz zur Strohausfachung kann beim Strohballen-Wrapping nur mit gebundenen Strohelementen gearbeitet werden. Die Schnürung der Ballen wird nach dem Verbau nicht entfernt, da die Stabilität ansonsten nicht mehr gegeben wäre. Die Strohoberfläche eignet sich für Direktverputz und sollte möglichst eben sein, um Mehrdicken beim Putzauftrag zu vermeiden.

Strohballen



Abb 17 Strohballe-Wrapping vor massiver Holzkonstruktion, S-House (Foto: Architekten Scheicher / scheicher.at)

Strohhäcksel



Abb 18 Strohhäcksel dämmung (Foto: DPM Holzdesign / dpm-gruppe.com)

Strohhäcksel

Beschaffenheit

Unbehandeltes, geschnittenes Stroh kann unter Druck, mittels marktüblichen Einblasmaaschinen, in geschlossene, formstabile Hohlraumkonstruktionen eingeblasen oder in offene, liegende Elemente aufgebracht werden (vgl. DPM o. J. b, c).

Ein besonderer Vorteil in der Anwendung ergibt sich durch die Eigenschaft des losen Dämmmaterials, sich gleichmäßig und fugenlos an verschiedene Geometrien anzupassen, wodurch auch unregelmäßige Konstruktionszwischenräume ohne Verschnitt passgenau ausgefüllt werden können.

Durch ihre lose Form eignen sich Strohhäcksel als Zwischenraumdämmung in Konstruktionshohlräumen, jedoch, im Gegensatz zu gebundenen Dämmstoffen, nicht zur Herstellung homogener, durchgehender Dämmebenen oder als direkter Putzträger.

Da beim Befüllen der auszudämmenden Hohlräume kein fester Verbund mit dem Bauteil hergestellt wird, können die losen Strohhäcksel später aus der Konstruktion abgesaugt und als Dämmung wiederverwendet oder gemäß naturbelassenem Stroh verwertet werden.

Eigenschaften	„Bio-Einblasstroh“, SonnenKlee ETA-18/0305 (SonnenKlee o. J. a)	„ISO-Stroh“, DPM Holzdesign ETA-17/0559 (DPM o. J. a)
Getreidesorte	Weizenstroh	Weizenstroh
ρ Einbaudichte	Decke 105-115 kg/m ³ Wand 115-141 kg/m ³	105 kg/m ³
λ_r Wärmeleitfähigkeit	0,058 W/(mK)	0,043 W/(mK)
μ Diffusionswiderstandszahl	1,3	2,8
Brandverhalten nach EN 13501-1	Klasse E	Klasse E
Feuchtegehalt	< 15 %	
Beikrautanteil	< 0,5 Gewichts-%	
Restkornanteil	< 0,4 Gewichts-%	

Strohhäcksel

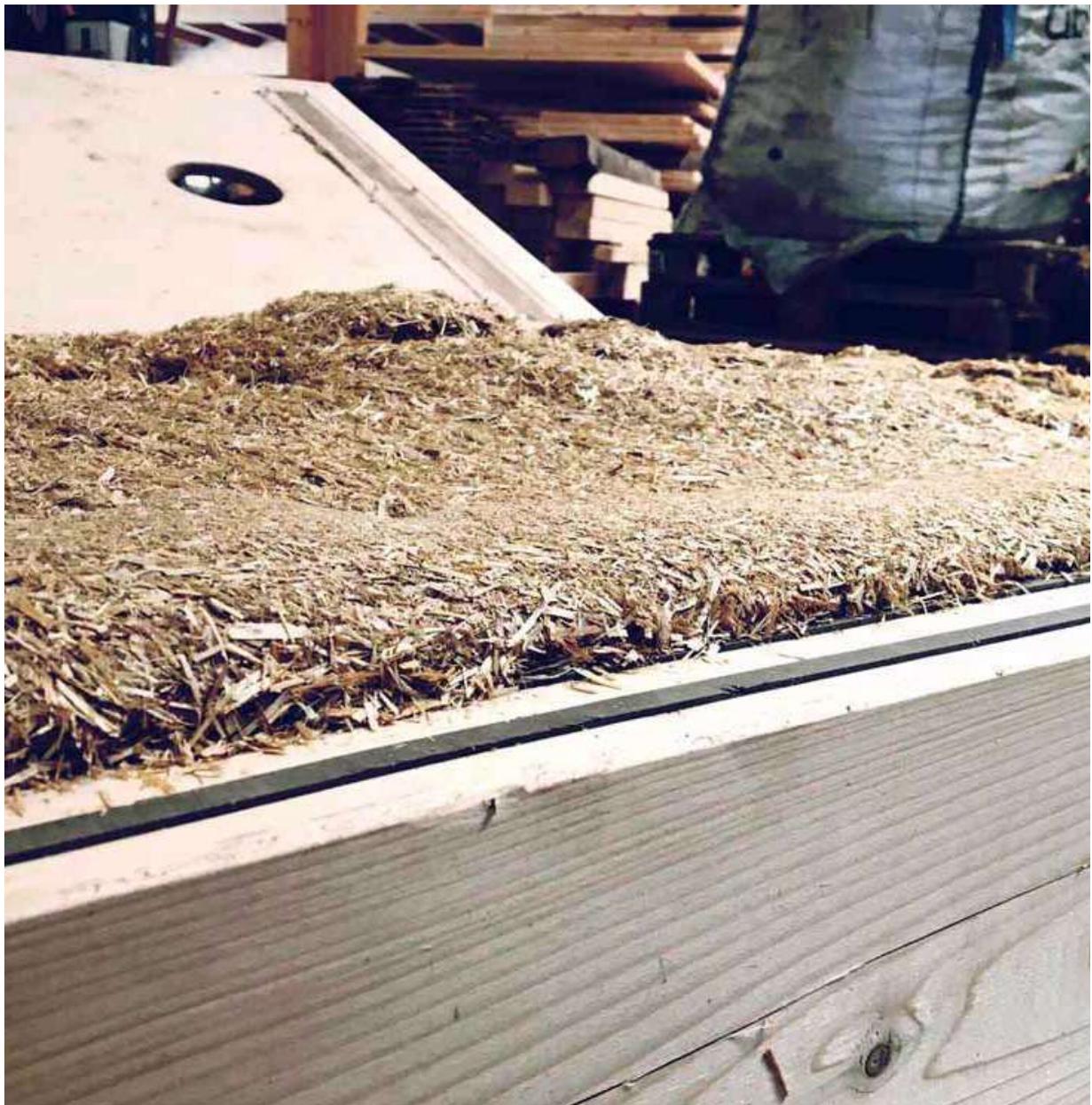


Abb 19 Strohhäcksel-Einblasdämmung in Holzrahmenelement, veranschaulicht durch geöffnete Verschalung (Foto: DPM Holzdesign / dpm-gruppe.com)



Abb 20
Befüllen der Einblasmaschine (Foto: SonnenKlee / sonnenklee.at)



Abb 21
Einblasmaschine vor der Baustelle (Foto: SonnenKlee / sonnenklee.at)

Strohhäcksel

Verfügbarkeit

Zwei niederösterreichische Firmen – DPM Holzdesign und SonnenKlee – stellen zertifizierte Strohhäcksel für die Verarbeitung als Einblasdämmung her. Beide Hersteller verfügen über eine Europäische Technische Bewertung für ihr Produkt. Die Strohhäcksel können gemäß den Verarbeitungsrichtlinien als nicht lasttragender Dämmstoff in Konstruktionszwischenräumen eingesetzt werden.

Dabei setzen beide Anbieter auf die Verarbeitung von Weizenstroh. Dieses wird geschnitten (vgl. DPM o. J. a: Länge von ungefähr 30 mm) und mehrfach entstaubt. Es werden keinerlei Zusatzstoffe, wie bspw. Salze oder andere Brandhemmer, beigefügt (vgl. DPM o. J. b und SonnenKlee o. J. e).

Verarbeitung

Um im Bauteil die gemäß Zulassung des Dämmstoffherstellers definierten Baustoffkennwerte gewährleisten zu können, erfolgt das Einblasen der Strohhäcksel durch Fachbetriebe (vgl. DPM o. J. c und SonnenKlee o. J. a). Diese müssen beim Einblasen des Stroh eine lückenlose Dämmebene herstellen und die gemäß ETA definierte Einbaudichte erreichen, um die beschriebene Wirksamkeit und Setzungssicherheit des Dämmmaterials sicherzustellen. Der dafür notwendige Einblasdruck wird mit marktüblichen Einblasmaschinen erreicht. Von einer Verarbeitungsgeschwindigkeit zwischen 4,5-9 m³ pro Stunde kann, je nach Vorrichtung und Teamleistung, ausgegangen werden (vgl. DPM o. J. b). Zum Thema Selbstbau sei angemerkt, dass in Zusammenarbeit mit den Einblas-Fachleuten nur bei Tätigkeiten wie dem Befüllen der Einblasmaschine Partizipation möglich ist. Die zu dämmenden Hohlräume werden zumeist mit Holzrahmenkonstruktionen geschaffen, die auch als Zusatzkonstruktionen an massive Bestandsmauern angefügt werden können. Ebenso können bestehende Dachkonstruktionen verschalt und mit Einblasdämmung ausgedämmt werden. Dabei müssen die Gefache mit geeigneten, formstabilen Werkstoffen, die dem hohen Druck beim Einblasen standhalten, beplankt und fugendicht abgeschlossen werden.

Da die Konstruktion schon vor dem Einblasen wetterfest verschalt wird, sind die Bauteile bereits vor Ausführung der Dämmarbeiten vor Witterung geschützt. Die Häcksel können zu einem späteren Zeitpunkt in die Konstruktion eingeblasen und sofort feuchtegeschützt eingekapselt werden.

Abb 22 a, b Thermische Fassadensanierung mit Strohhäcksel-Einblasdämmung, Verschalung außen mit Holzfaser-Unterdeckplatten (Foto: SonnenKlee / sonnenklee.at)



Abb 23 a, b Strohhäcksel-Einblasdämmung, Einbringung von innen, Bauteilinnenseite verschalt mit OSB (Foto: DPM Holzdesign / dpm-gruppe.com)

Strohhäcksel

Um ein Auswölben der Verschalungselemente durch den beim Einblasen entstehenden Druck zu verhindern, wird vom Hersteller DPM eine maximale Gefachbreite von 75 cm empfohlen. Für das vertikale Befüllen werden die Hohlräume auf maximale Füllhöhen von 3 m unterteilt (vgl. DPM o. J. c).

Der notwendige Mindestabstand der Konstruktionsbegrenzung beträgt aufgrund der technischen Vorrichtung beim Einblasen 10 cm (vgl. DPM o. J. b). Darüber hinaus können variable Dämmstärken realisiert werden, ohne auf vorfabrizierte Formate angewiesen zu sein. Je dicker die Dämmstärke, umso eher kommt der Vorteil der maschinellen Einbringung der Strohhäcksel zum Vorschein. Im Praxisvergleich ist das Hantieren mit großen Dämmplatten und Strohballen mit einem höheren Kraftaufwand verbunden. Bei Einblasdämmung werden lediglich Einblasschläuche in das Gebäude getragen, das Dämmmaterial selbst muss zur Einblasmaschine befördert werden. Da die lose Strohhäcksel-Dämmung nur beim Befüllen der Maschine und direkt vor der Einblasöffnung auftritt, kann die Baustelle weitgehend frei von losem Stroh gehalten und somit Brandlast vermieden werden.



Abb 24

Strohhäcksel-Einblasdämmung in Holzrahmenelement, veranschaulicht durch geöffnete Einblaskammer
(Foto: DPM Holzdesign / dpm-gruppe.com)

Strohplatten



Abb 25 Homogene Fassadendämmung mit Strohdämmplatten (Foto: Maxit / maxit-strohpanel.de)

Strohplatten

Beschaffenheit

Eine weitere Variante, Stroh industriell zu Dämmstoff zu verarbeiten, ist das Pressen von Strohbauplatten. Dabei wird Stroh unter Hitze einwirkung in Form gepresst. Dies kann mit oder ohne Zugabe von Bindemitteln geschehen (vgl. Holzmann et al. 2012: 234).

Die gebundenen Dämmplatten können als Putzträgerplatten im Innenausbau sowie als homogene Außendämmung vor massivem Mauerwerk im klassischen Wärmedämm-Verbundsystem eingesetzt werden.

Im Gegensatz zu Ballen ist das Stroh durch die industrielle Weiterverarbeitung zu Platten als Produkt mit konstanten Eigenschaften verfügbar. Dem entgegen muss der Mehraufwand an Herstellungsenergie sowie gegebenenfalls die Zugabe von Bindemitteln gestellt werden.

Verfügbarkeit

Eine in Entwicklung befindliche Strohdämmplatte ist die maxit Strohpanel Dämmplatte. Der Hersteller Maxit verwendet für die Pressung ein dafür entwickeltes Bindemittel auf Eiweiß-Kalk-Basis, wodurch die Dämmplatten vollständig kompostierbar sind. Stroh wird zusammen mit dem Bindemittel unter Wärmezufuhr zu Platten gepresst und getrocknet (vgl. Maxit 2020).

Die maxit Strohpanel Dämmplatte mit einer Wärmeleitfähigkeit von $0,0405 \text{ W/(mK)}$ wird in verschiedenen Dämmstoffstärken und Plattenformaten produziert (vgl. Maxit o. J. a-c).

Abb 26 Maxit Strohpanel Dämmplatten (Foto: Maxit / maxit-strohpanel.de)



Abb 27 Zuschneiden einer Strohdämmplatte mit Fuchsschwanz-Säge (Foto: Maxit / maxit-strohpanel.de)

Strohplatten

Verarbeitung

Die Anwendung der Strohdämmplatte im Wärmedämm-Verbundsystem oder als lose Dämmplatte zwischen einer Zusatzkonstruktion aus Holz erfolgt wie mit herkömmlichen Dämmplatten – wodurch sich keine eigene Bauweise wie im Strohballenbau, sondern eine standardisierte Verarbeitungsweise ergibt. Die Strohdämmplatten können mittels Band-, Kreissäge, elektrischem Fuchsschwanz oder Handsägen passgenau zugeschnitten werden (vgl. Maxit 2020). Durch die Bindung der gepressten Platten ergibt sich der Vorteil, dass beim Verarbeiten wenig loses Stroh auf der Baustelle anfällt.



Abb 28 Kleberauftrag auf die Strohdämmplatte im Punkt-Wulst-Verfahren für die Verklebung auf Mauerwerk
(Foto: Maxit / maxit-strohpanel.de)

Wärmedämm- Verbundsystem

Im Wärmedämm-Verbundsystem mit Strohdämmplatten, mineralischem Systemkleber und Verputz wird eine homogene Dämmebene hergestellt. Dabei werden die Platten durch Kleberauftrag im Punkt-Wulst-Verfahren auf die massive Außenwand aufgebracht, mit Schraubdübeln im Plattenstoßbereich zusätzlich mechanisch befestigt und anschließend beispielsweise mit zweilagigem Kalkputz versehen (vgl. Maxit 2020, Maxit o. J. a, b).



Abb 29 Aufkleben der Strohdämmplatten im Sockelbereich (Foto: Maxit / maxit-strohpanel.de)

Strohplatten

Abb 30 Strohdämmplatten verklebt, Altbausanierung Lüneburg (Foto: Maxit / maxit-strohpanel.de)



Abb 31 Strohdämmplatten mit zweilagigem Kalkputz-Auftrag, abgerundeten Laibungen und Außenecken, Altbausanierung Lüneburg (Foto: Maxit / maxit-strohpanel.de)

Zwischen Holzkonstruktion

Die Strohdämmplatten können lose zwischen einer an das Plattenmaß angepassten Zusatzkonstruktion aus Holz verlegt werden. Nach außen wird die Konstruktion winddicht mit diffusionsoffenen Holzfaser-Unterdeckplatten oder Winddichtungsbahnen abgedichtet und darauf eine hinterlüftete Verschalung hergestellt. Da die Montage der Strohdämmplatten ohne Verklebung erfolgt, ist ein einfacher Rückbau mit vollständiger Trennung der kompostierbaren Dämmplatten möglich (vgl. Maxit o. J. c).



Abb 32 Strohdämmplatten zwischen Holzkonstruktion, winddichte Verschalung mit Holzfaser-Unterdeckplatten (Foto: Maxit / maxit-strohpanel.de)

Strohplatten

Abb 33 Strohdämmplatten zwischen Holzkonstruktion geklemmt (Foto: Maxit / maxit-strohpanel.de)



Abb 34 Strohdämmplatten, zweilagig verlegt, zwischen horizontaler und vertikaler Zusatzkonstruktion, darüber winddichte Verschalung mit Holzfaserplatten, Holzmassivbau in Straden (Foto: Maxit / maxit-strohpanel.de)

3

Bauteil- berechnungen

Bauphysikalische und -ökologische Berechnungen
für einen m² eines Bauteils

3.1 Bauteilkennwerte

Bauteilkennwerte

Zur Betrachtung der bauphysikalischen und ökologischen Qualität unterschiedlicher Bauteilvarianten werden folgende **Kennwerte für einen Quadratmeter eines Bauteils** ermittelt:

d	Dicke	[cm], [m]
m'	Masse	[kg/m ²]
U	Wärmedurchgangskoeffizient	[W/(m ² K)]
$m_{w,B,A}^{(innen)}$	Speicherwirksame Masse, innen	[kg/m ²]
$\Delta OI3_{BG1}$	Ökoindex	[Pkt/m ²]

Für die Berechnung der Bauteilkennwerte sind die Beschaffenheiten der einzelnen Bauteilschichten relevant. Diese können je aus einer homogenen Baustoffschicht bestehen oder als inhomogene Schicht aus verschiedenen Materialanteilen zusammengesetzt sein. Die jeweilige Schichtdicke bestimmt ebenso wie die materialspezifischen Baustoffkennwerte den Einfluss einer Bauteilschicht auf die bauphysikalischen und -ökologischen Eigenschaften eines Bauteils.

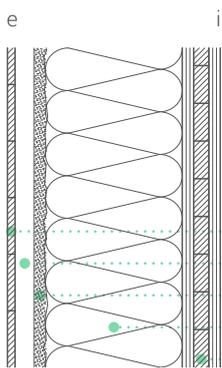
Baustoffkennwerte	ρ	Rohdichte	[kg/m ³]
	λ	Wärmeleitfähigkeit	[W/(mK)]
	c	Spezifische Wärmekapazität	[J/(kgK)]
	μ	Diffusionswiderstandszahl	[-]
	GWP	Globales Erwärmungspotenzial	[kg CO ₂ Äq./kg]
	AP	Versauerungspotenzial von Boden und Wasser	[kg SO ₂ Äq./kg]
	PENRT	Primärenergieinhalt an nicht erneuerbaren Ressourcen	[MJ/kg]

Beispielbauteil

M 1:20

AW-h

Außenwand hinterlüftet


 d_s
[cm]

2,0	Außenschalung, Lärche
5,0	Hinterlüftung / Lattung, Fichte
3,0	Lehmputz, armiert
36,0	Stroh-Wrapping
10,0	Massivholzplatte, Brettsperholz

$$U = 0,120 \text{ [W/(m}^2\text{K)]}$$

$$d = 56,0 \text{ [cm]}$$

$$m_{w,B,A}^{(\text{innen})} = 35,5 \text{ [kg/m}^2\text{]}$$

$$m' = 148,7 \text{ [kg/m}^2\text{]}$$

$$\Delta OI3_{BG1} = 20,76 \text{ [Pkt/m}^2\text{]}$$

Baustoffkennwerte

ρ	Rohdichte
λ_r	Wärmeleitfähigkeit (Bemessungswert)
c	Spezifische Wärmekapazität
μ	Diffusionswiderstandszahl
PENRT	Primärenergieinhalt an nicht erneuerbaren Ressourcen
GWP	Globales Erwärmungspotenzial
AP	Versauerungspotenzial von Boden und Wasser

Referenz – Richtwerte

	ρ [kg/m ³]	λ_r [W/(mK)]	c [J/(kgK)]	μ [-]	PENRT [MJ/kg]	GWP [kg CO ₂ Äq./kg]	AP [kg SO ₂ Äq./kg]
Nutzholz (525 kg/m ³ - zB Lärche) gehobelt	525	0,130	1600	50/20	3,94	-1,582	0,001411
Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte) rauh	475	0,120	1600	50/20	2,51	-1,499	0,000944
Lehmputz getrocknet	1700	0,810	936	10	1,49	0,092	0,000301
SonnenKlee Baustrohballen	105	0,050	1600	2,3	0,80	-1,245	0,000852
MM crosslam (Brettsperholz) Fichte	475	0,120	1600	60	7,46	-1,103	0,002263



Dicke

d Bauteildicke [cm], [m]

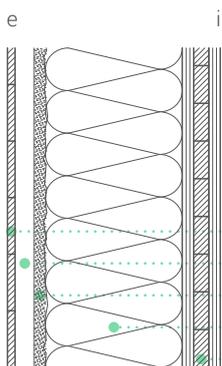


Masse

m' Masse [kg/m²]

d_s Schichtdicke [cm], [m]

ρ Rohdichte [kg/m³]



d_s [cm]		m' [kg/m ²]	ρ [kg/m ³]
2,0	Außenschalung, Lärche	10,5	525
5,0	Hinterlüftung / Lattung, Fichte (Anteil 7,8%)	1,9	475
3,0	Lehmputz, armiert	51,0	1700
36,0	Stroh-Wrapping	37,8	105
10,0	Massivholzplatte, Brettsperrholz	47,5	475

U
0,120
[W/(m²K)]

d
56,0
[cm]

$m_{w,B,A}^{(innen)}$
35,5
[kg/m²]

m'
148,7
[kg/m²]

$\Delta OI3_{BG1}$
20,76
[Pkt/m²]

Dicke, Masse

Aus der Summe aller Bauteilschichten ergibt sich die Gesamtdicke eines Bauteils, die für Flächenermittlungen im Hochbau relevant ist. Der aus der Bauteildicke resultierende erhöhte oder reduzierte Flächenverbrauch ist ein Faktor beim Vergleich verschiedener Bauteilvarianten.

Die Masse eines Quadratmeters eines Bauteils ist abhängig von Rohdichte ρ und Schichtdicke d der einzelnen Baustoffschichten und findet sich bei der Lastaufstellung für statische Berechnungen wieder. Eine geringere Bauteilmasse kann vor allem bei Projekten mit beschränkter maximaler Ausbaulast, wie beispielsweise bei Dachaufbauten, von Vorteil und für die Auswahl der Bauteilkonstruktion entscheidend sein.



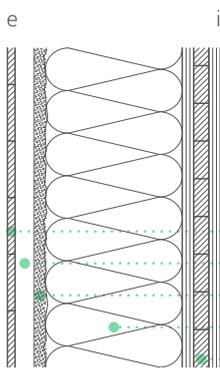
U-Wert

U Wärmedurchgangskoeffizient $[W/(m^2K)]$

d_s Schichtdicke $[cm], [m]$

λ Wärmeleitfähigkeit $[W/(mK)]$

R Wärmedurchlasswiderstand einer Bauteilschicht
 $= d_s / \lambda$ $[(m^2K)/W]$



d_s
[cm]

2,0 Außenschalung, Lärche
 5,0 Hinterlüftung / Lattung, Fichte
 3,0 Lehmputz, armiert
 36,0 Stroh-Wrapping
 10,0 Massivholzplatte, Brettsper Holz

R
 $[(m^2K)/W]$

λ_r
 $[W/(mK)]$

0,037 0,810
 7,200 0,050
 0,833 0,120

U
 0,120
 $[W/(m^2K)]$

d
 56,0
 $[cm]$

$m_{w,B,A}^{(innen)}$
 35,5
 $[kg/m^2]$

m'
 148,7
 $[kg/m^2]$

$\Delta OI3_{BG1}$
 20,76
 $[Pkt/m^2]$

U-Wert

Der Wärmedurchgangskoeffizient, U-Wert, eines Bauteils gibt an, welche Wärmemenge in einer Stunde bei einem Grad Kelvin Temperaturunterschied zwischen innen und außen durch einen Quadratmeter eines Bauteils verloren geht (vgl. Pech und Pöhn 2018: 22).

Um Transmissionswärmeverluste über die thermische Gebäudehülle zu vermeiden, soll der U-Wert der Außenbauteile möglichst klein sein. Damit ein Gebäude Passivhausstandard erreicht, gibt das Passivhaus-Institut in Darmstadt einen maximalen U-Wert von 0,15 [W/(m²K)] vor (vgl. PHI o. J.).

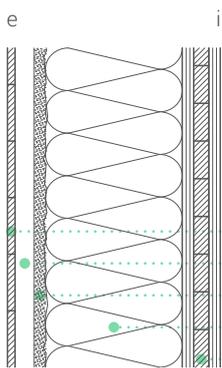
Der U-Wert ist der Kehrwert des Wärmedurchgangswiderstandes, welcher sich aus den Wärmeübergangswiderständen innen und außen, sowie den Wärmedurchlasswiderständen der einzelnen Bauteilschichten zusammensetzt. Je größer der Wärmedurchlasswiderstand R einer Schicht, desto größer ist ihr Beitrag zum Transmissionswärmeschutz. Der Widerstand einer Bauteilschicht steigt, je kleiner die Wärmeleitfähigkeit λ des Materials und je größer deren Schichtdicke d_s ist (vgl. Pech und Pöhn 2018: 20-21).

Die Wärmeleitfähigkeit λ eines Baustoffes sinkt mit abnehmender Rohdichte ρ und steigendem Porenanteil, da die in Poren eingeschlossene Luft eine geringe Wärmeleitfähigkeit besitzt. Da Wasser ($\lambda = 0,555$ W/(mK)) im Gegensatz zu Luft ($\lambda = 0,0242$ W/(mK)) ein besserer Wärmeleiter ist, muss eine Durchfeuchtung von Bauteilschichten verhindert werden. Eindringendes Wasser würde die Luft in den Poren ersetzen und somit zu einem Anstieg der Wärmeleitfähigkeit im Baustoff führen (vgl. Pech und Pöhn 2018: 18-19).

Damit kein Wärmeverlust durch Luftströmungsvorgänge über Undichtigkeiten der Gebäudehülle entsteht, sowie dabei mittransportierter Wasserdampf in die Konstruktion eindringt, müssen Außenbauteile luftdicht ausgeführt werden. Eine äußere Winddichtung ist erforderlich, damit Außenluft nicht in die Wärmedämmung strömt und damit die Dämmfunktion herabsetzt. Des Weiteren wird der Vorgang der Dampfdiffusion durch mehrschichtige Bauteilaufbauten in Zusammenhang mit den im Bauteil auftretenden Oberflächentemperaturen betrachtet und festgestellt, ob Kondensat entsteht und gegebenenfalls wieder austrocknen kann (vgl. Pech und Pöhn 2018: 47-48).

Dampfdiffusion

d_s	Schichtdicke	[cm], [m]
λ	Wärmeleitfähigkeit	[W/(mK)]
μ	Diffusionswiderstandszahl	[-]
s_d	Diffusionsäquivalente Luftschichtdicke einer Bauteilschicht = $\mu * d_s$	[m]



d_s [cm]		s_d [m]	μ [-]	
2,0	Außenschalung, Lärche			
5,0	Hinterlüftung / Lattung, Fichte			
3,0	Lehmputz, armiert	0,300	10	Dampf-diff.
36,0	Stroh-Wrapping	0,828	2,3	
10,0	Massivholzplatte, Brettsperrholz	6,000	60	OK

U
0,120
[W/(m²K)]

d
56,0
[cm]

$m_{w,B,A}^{(innen)}$
35,5
[kg/m²]

m'
148,7
[kg/m²]

$\Delta OI3_{BG1}$
20,76
[Pkt/m²]

Dampfdiffusion

– Vermeidung von Kondensat im Bauteilinneren

Bei unterschiedlichem Dampfdruck zwischen Innen- und Außenraum kommt es zum Druckausgleich durch Wasserdampfdiffusion durch die trennenden Bauteile. Bei diesem Diffusionsvorgang bewegt sich Wasserdampf von der Seite höheren zur Seite niedrigeren Dampfdrucks und schafft einen Druckausgleich durch lineare Verteilung.

Der Diffusionsvorgang durch einen mehrschichtigen Bauteil wird in Abhängigkeit der materialspezifischen Dichtigkeit der einzelnen Schichten und deren Dimensionierung gehemmt. Je dicker eine Bauteilschicht und je größer ihre baustoffbezogene Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl μ ist, umso größer ist ihr Diffusionswiderstand. Die diffusionsäquivalente Luftschichtdicke s_d kennzeichnet die relative Dampfdichtigkeit einer Baustoffschicht im Verhältnis zu einer gleich dicken Luftschicht (vgl. Pech und Pöhn 2018: 51-53).

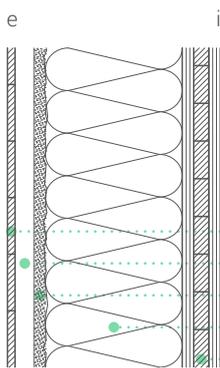
Damit Wasserdampf an der Rauminnenseite gebremst wird, jedoch allenfalls nach außen ausdiffundieren kann, soll der Diffusionswiderstand der einzelnen Bauteilschichten von innen nach außen abnehmen.

Der Wärmedurchlasswiderstand der Baustoffschichten soll hingegen nach außen zunehmen, denn die Aufnahmefähigkeit von Wasserdampf in Luft steigt mit zunehmender Temperatur. Je höher die im Bauteil vorherrschenden Schichtgrenztemperaturen, umso mehr Wasserdampf kann durch die Konstruktion diffundieren, ohne im Bauteilinneren zu kondensieren (vgl. Pech und Pöhn 2018: 63). Die maximal aufnehmbare Wasserdampfmenge ist physikalisch verbunden mit dem maximal erreichbaren Wasserdampfdruck, dem Wasserdampfsättigungsdruck. Wird dieser vom im Bauteil auftretenden, tatsächlichen Wasserdampfpartialdruck überschritten, erreicht die relative Luftfeuchte 100 % und Wasserdampf kondensiert zu Wasser (vgl. Pech und Pöhn 2018: 48-49). Neben außen liegendem Wärmeschutz ist auch die Vermeidung von Wärmebrücken entlang der Bauteilübergänge essenziell, damit auch dort kein Taupunkt entsteht. Wenn im Winter eine geringe Menge Kondensat im Bauteil auftritt, wird dies als unbedenklich eingestuft, sofern die Verdunstungsrechnungen ergeben, dass das Tauwasser in den Sommermonaten wieder vollständig austrocknet (vgl. Pech und Pöhn 2018: 63). Beim Nachweis der Bauteilberechnungen mit ArchiPHYSIK (siehe Anhang) werden die zwei Fälle – „kein Kondensat“ oder „Kondensat trocknet in den Sommermonaten vollständig aus“ – mit Dampfdiffusion ist „OK“ bewertet.



Speicherwirksame Masse, innen

$m_{w,B,A}^{(innen)}$	Speicherwirksame Masse, innen	[kg/m ²]
d_s	Schichtdicke	[cm], [m]
ρ	Rohdichte	[kg/m ³]
c	Spezifische Wärmekapazität	[J/(kgK)]



d_s [cm]		c [J/(kgK)]	ρ [kg/m ³]
2,0	Außenschalung, Lärche		
5,0	Hinterlüftung / Lattung, Fichte		
3,0	Lehmputz, armiert	936	1700
36,0	Stroh-Wrapping	1600	105
10,0	Massivholzplatte, Brettsperrholz	1600	475

U
0,120
[W/(m²K)]

d
56,0
[cm]

$m_{w,B,A}^{(innen)}$
35,5
[kg/m²]

m'
148,7
[kg/m²]

$\Delta OI3_{BG1}$
20,76
[Pkt/m²]

Speicherwirksame Masse, innen

Die der Rauminnenseite zugewandte speicherwirksame Masse eines Bauteils trägt dazu bei, Temperaturschwankungen im Raum durch langsames Aufheizen, sowie langsames Auskühlen auszugleichen. Die Wärmespeicherung nimmt im Gegensatz zur Wärmedämmung mit zunehmender Rohdichte eines Baustoffes zu. Die speicherwirksame Masse steigt mit großer spezifischer Wärmekapazität c , Rohdichte ρ und Schichtdicke d einer Bauteilschicht.

Im Sommer trägt eine möglichst große speicherwirksame Masse im Innenraum zur Vermeidung sommerlicher Überwärmung bei. Die Immissionen zufolge solarer Einstrahlung werden untertags im kühleren Bauteil gespeichert, wodurch sich die Erwärmung der Raumluft verlangsamt. Die Wärme wird so lange aufgenommen und gespeichert, bis die Umgebungstemperatur unter die Bauteiltemperatur sinkt, was bedeutet, dass eine verzögerte Wärmeabgabe über Nacht stattfindet. Um die Wärmeaufnahme durch solare Immissionen im Sommer zu reduzieren, ist eine Verschattung der Immissionsflächen essenziell. Besonders in Dachgeschoßen wäre eine große Speichermasse gegen sommerliche Überwärmung sinnvoll, jedoch kann diese auf Grund beschränkter Ausbaulasten nicht immer im wünschenswerten Maß eingesetzt werden.

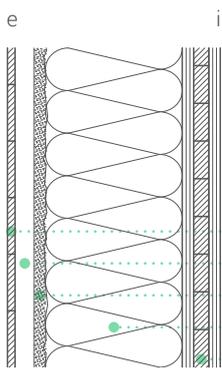
Im Winter trägt die innere, speicherwirksame Bauteilmasse dazu bei, dass beheizte Räume nicht so schnell wieder auskühlen. Solare Immissionen sind erwünscht und durch integrierte Heizungsführungen können Speichermassen aktiviert werden. Eine geringe speicherwirksame Masse ist dann sinnvoll, wenn Räume, die nur kurz benutzt werden, schnell aufgeheizt werden sollen.

(Vgl. Pech und Pöhn 2018: 67-68)



Ökoindex

$\Delta OI3_{BG1}$	Ökoindex	[Pkt/m ²]
	d_s Schichtdicke	[cm], [m]
	ρ Rohdichte	[kg/m ³]
	GWP Globales Erwärmungspotenzial	[kg CO ₂ Äq./kg]
	AP Versauerungspotenzial	[kg SO ₂ Äq./kg]
	PENRT Primärenergieinhalt nicht ern. R.	[MJ/kg]



d_s [cm]		m' [kg/m ²]	$\Delta OI3$ [Pkt/m ²]
2,0	Außenschalung, Lärche	10,5	0,59
5,0	Hinterlüftung / Lattung, Fichte	1,9	-0,07
3,0	Lehmputz, armiert	51,0	5,37
36,0	Stroh-Wrapping	37,8	-2,54
10,0	Massivholzplatte, Brettsperrholz	47,5	17,41

U
0,120
[W/(m²K)]

d
56,0
[cm]

$m_{w,B,A}^{(innen)}$
35,5
[kg/m²]

m'
148,7
[kg/m²]

$\Delta OI3_{BG1}$
20,76
[Pkt/m²]

Ökoindex

Der Ökoindex $\Delta OI3$ beurteilt mittels Punktevergabe die ökologische Qualität einzelner Bauteilschichten und in Summe des gesamten Bauteils pro Quadratmeter. Die Betrachtung der $\Delta OI3$ -Punkte je Bauteilschicht hilft dabei, eine möglichst ökologisch optimierte Baustoffwahl für die Konstruktion eines Bauteils zu treffen. Je niedriger die Punktzahl, desto geringer ist die Belastung der Umwelt (vgl. IBO 2018: 12).

In die Berechnung des Ökoindex fließen drei Umweltindikatoren mit ein: Beitrag zur Globalen Erwärmung (GWP), Versauerungspotenzial von Boden und Wasser (AP), Bedarf an nicht erneuerbarer Primärenergie (PENRT). Die ökologischen Kennwerte beziehen sich dabei auf die Herstellung eines Kilogramm eines Baustoffes. In Abhängigkeit von Rohdichte ρ und Schichtdicke d einer Baustoffschicht, errechnet sich der Umwelteinfluss je Quadratmeter. Die drei Teilindikatoren werden in ein Punktesystem umgerechnet und wirken je zu einem Drittel in die Ermittlung des Gesamtwertes $\Delta OI3$ [Pkt/m²] ein (vgl. IBO 2018: 8, 12).

Die Bilanzierung der Umweltindikatoren betrifft die Herstellungsphase eines Materials – von der Rohstoffgewinnung bis zur Fertigstellung eines Produktes. Dieser Teil der Lebenszyklusanalyse wird als „Werkbilanz“ oder „cradle to gate“-Bilanz (Module A1 bis A3 gemäß ÖNORM EN 15804) bezeichnet (vgl. IBO 2018: 8).

PENRT [MJ/m ²]	GWP [kg CO ₂ Äq./m ²]	AP [kg SO ₂ Äq./m ²]	PENRT [MJ/kg]	GWP [kg CO ₂ Äq./kg]	AP [kg SO ₂ Äq./kg]
41,44	-16,61	0,0148	3,94	-1,582	0,001411
4,64	-2,77	0,0017	2,51	-1,499	0,000944
76,05	4,70	0,0153	1,49	0,092	0,000301
30,28	-47,09	0,0322	0,80	-1,245	0,000852
354,52	-52,41	0,1074	7,46	-1,103	0,002263

$$\Delta OI3 = \frac{1}{3} \cdot \left[\frac{0,1}{MJ} \cdot (PENRT) + \frac{0,5}{kgCO_2\text{äquiv.}} \cdot (GWP) + \frac{400}{kgSO_2\text{äquiv.}} \cdot (AP) \right]$$

Abb 35 (IBO 2018: 12)

Globales Erwärmungspotenzial

[kg CO₂ Äq./kg]

Das Globale Erwärmungspotenzial, oder Treibhauspotenzial, beschreibt den Beitrag von Treibhausgasen zur globalen Erwärmung. Die Bestimmung der Treibhausgasemissionen erfolgt für einen Zeithorizont von 100 Jahren. Verschiedene Spurengase, die zum Treibhauseffekt beitragen, werden dabei relativ zu Kohlendioxid CO₂ nach ihrem Treibhauspotenzial gewertet und in kg-CO₂-Äquivalenten angegeben (vgl. IBO 2018: 9). Im Vergleich ist Methan CH₄ 21-mal treibhauswirksamer als CO₂ (vgl. IBO 2009: 16).

Für die Berechnung des Ökoindex wird der Indikator GWP-total, die Summe aus GWP-fossil und GWP-biogen, herangezogen. Gegenläufig zu den freigesetzten Emissionen werden auch die im Material gebundenen Treibhausgase gewertet (vgl. IBO 2018: 9).

Versauerungspotenzial
von Boden und Wasser

[kg SO₂ Äq./kg]

Das Versauerungspotenzial beschreibt die Tendenz eines Stoffes säurewirksam zu werden und dabei zur Versauerung von Böden und Gewässern beizutragen. In Bezug auf Schwefeldioxid SO₂ wird das Potenzial zur Säurebildung in kg-SO₂-Äquivalenten angegeben (vgl. IBO 2018: 9).

Primärenergieinhalt an nicht
erneuerbaren Ressourcen

[MJ/kg]

Der Primärenergieinhalt beschreibt die zur Herstellung eines Produktes eingesetzten energetischen Ressourcen und wird in Megajoule MJ angegeben. In die Berechnung des Ökoindex fließt jener Anteil der Herstellungenergie mit ein, der aus nicht erneuerbaren, fossilen Energieträgern gewonnen wird (vgl. IBO 2018: 8-9).

Ökoindex

Der Ökoindex für Gebäude ist Teil der klimaaktiv Gebäudezertifizierung und der Wohnbauförderungen in Kärnten, Niederösterreich, Salzburg, Steiermark, Tirol und Vorarlberg (vgl. baubook o. J.: Grundlagen – Ökoindex-Österreich).

Bei den Bauteilberechnungen in den folgenden Kapiteln wird zur ökologischen Bauteilbewertung der Ökoindex für die Bilanzgrenze 1 (BG1) $\Delta OI3_{BG1}$ ermittelt. Im Sinne der Bilanzgrenze 1 wird die vollständige Konstruktion der Außenbauteile erfasst. Das heißt, in Erweiterung zur thermischen Gebäudehülle (Bilanzgrenze 0) werden auch hinterlüftete Fassaden, Dacheindeckungen, Abdichtungsbahnen, Bodenbeläge und Trennfolien berücksichtigt. Aufgrund des Erfassungsaufwandes sind Verbindungselemente wie Schrauben, Nägel, Dübel und Armierungsgewebe von der Bilanzierung ausgenommen (vgl. IBO 2018: 13, 15-16).

Der Einfluss einzelner Bauteilschichten auf die $\Delta OI3$ -Punktezahle ist bei der Berechnungsaufstellung im Anhang ersichtlich.

3.2 Baustoffliste

Für die bauphysikalischen und ökologischen Berechnungen der in Kapitel 4 und 5 dargestellten Bauteilvarianten wurden die materialspezifischen Kennwerte aus nachfolgender Baustoffliste eingesetzt. Die Richtwerte stammen aus der Materialdatenbank der baubook-Plattform, die gemeinsam vom Energieinstitut Vorarlberg (EIV) und dem Österreichischen Institut für Bauen und Ökologie (IBO) betrieben wird. Die Produkt- und Richtwerte-Kataloge des baubook sind in verschiedenen Bauphysikprogrammen integriert und können online kostenfrei abgerufen werden (baubook o. J.: Richtwerte, Produkte). Die Kennwerte für Strohdämmung wurden einheitlich für die Berechnung aller Bauteile angenommen, um die verschiedenen konzipierten Aufbauten vergleichen zu können, auch wenn in der Praxis unterschiedliche Strohdämmvarianten ausgeführt werden, die je nach Verarbeitungsart unterschiedliche physikalische Kennwerte aufweisen können.

	Bauteilschicht	Details, Brandverhalten
Dämmstoffe	Strohdämmung	Dämmstoff aus Weizenstroh, Brandklasse: E

Baustoffkennwerte

ρ	Rohdichte
λ_r	Wärmeleitfähigkeit (Bemessungswert)
c	Spezifische Wärmekapazität
μ	Diffusionswiderstandszahl
PENRT	Primärenergieinhalt an nicht erneuerbaren Ressourcen
GWP	Globales Erwärmungspotenzial
AP	Versauerungspotenzial von Boden und Wasser

Referenz – Richtwerte

	ρ [kg/m ³]	λ_r [W/(mK)]	c [J/(kgK)]	μ [-]	PENRT [MJ/kg]	GWP [kg CO ₂ Äq./kg]	AP [kg SO ₂ Äq./kg]
SonnenKlee Baustrohballen	105	0,05	1600	2,3*	0,80	-1,245	0,000852

(baubook, Produkt: 8714 ac)

* (ETA-10/0032,
SonnenKlee o. J. a)

	Bauteilschicht	Details, Brandverhalten
Dämmstoffe	Holzweichfaserplatte	Dämm- und Putzträgerplatte aus Holzfasern, Brandklasse: E
	Zellulosedämmung	Zellulosefasern aus recyceltem Zeitungspapier, mineralische Bestandteile als Brandschutz, Brandklasse: B
Massivholz	Vollholz, Fichte, sägerau	Brandklasse: D
	Vollholz, Fichte, gehobelt	Brandklasse: D
	Vollholz, Lärche, gehobelt	Brandklasse: D
	Brettsper Holz, Fichte	Mehrschichtige, kreuzweise verleimte Massivholzplatte, Brandklasse: D

Referenz – Richtwerte	ρ [kg/m ³]	λ_r [W/(mK)]	c [J/(kgK)]	μ [-]	PENRT [MJ/kg]	GWP [kg CO ₂ Äq./kg]	AP [kg SO ₂ Äq./kg]
AGEPAN® THD N+F (baubook, Produkt: 3534 aa)	230	0,052	2100	3	14,39	-0,804	0,004000
ISOCELL Zellulosefaserdämmstoff (baubook, Produkt: 1785 ab)	54	0,038	2110	3	3,74	-1,210	0,001080
Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/ Tanne) - rauh, techn. getrocknet (baubook, Richtwert)	475	0,120	1600	50/20	2,51	-1,499	0,000944
Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/ Tanne) - gehobelt, techn. getr. (baubook, Richtwert)	475	0,120	1600	50/20	3,58	-1,438	0,001283
Nutzholz (525 kg/m ³ - zB Lärche) - gehobelt, techn. getrocknet (baubook, Richtwert)	525	0,130	1600	50/20	3,94	-1,582	0,001411
MM crosslam (Brettsper Holz) Fichte (baubook, Produkt: 8760 ab)	475	0,120	1600	60	7,46	-1,103	0,002263

Bauplatten

Bauteilschicht	Details, Brandverhalten
Dreischichtplatte, Fichte	Dreischichtige, kreuzweise verleimte Massivholzplatte, luftdicht, dampfbremmend, Brandklasse: D
OSB	Oriented Strand Board (Holzwerkstoffplatte), feuchtebeständig, luftdicht, dampfbremmend, Brandklasse: D
Holzfaser-Unterdeckplatte	Mitteldichte Holzfaserplatte, feuchtebeständig, winddicht, diffusionsoffen, Brandklasse: D
Holzspanplatte, zementgebunden	Feuchtebeständig, winddicht, diffusionsoffen, Brandklasse: B
Leichtbetonplatte	Putzträgerplatte, nicht brennbar, zementgebunden, glasfaserbewehrt, diffusionsoffen, Brandklasse: A1
Lehmbauplatte	Putzträgerplatte, nicht brennbar, Brandklasse: A1

Referenz – Richtwerte	ρ [kg/m ³]	λ_r [W/(mK)]	c [J/(kgK)]	μ [-]	PENRT [MJ/kg]	GWP [kg CO ₂ Äq./kg]	AP [kg SO ₂ Äq./kg]
Schwörer 3-Schichtplatte Fichte (PEFC) (baubook, Produkt: 8840 aa)	450	0,120	1600	188	9,20	-1,003	0,002881
AGEPAN® OSB/3 PUR (baubook, Produkt: 3534 ag)	600	0,130	2100	250	8,55	-1,151	0,002096
MDF-Platten mitteldichte Faserplatte (600 kg/m ³) (baubook, Richtwert)	600	0,120	1700	20/12	11,14	-1,035	0,004132
Holzspandämmplatte zementgebunden (650 kg/m ³) (baubook, Richtwert)	650	0,160	1300	8/2	3,26	-0,303	0,000977
FERMACELL Powerpanel HD (baubook, Produkt: 8700 ae)	1000	0,400	1000	40	12,80	0,965	0,003063
Lehmbauplatte (baubook, Richtwert)	500	0,140	936	10	2,94	-0,029	0,000627

	Bauteilschicht	Details, Brandverhalten
Dichtungsbahnen	Unterdeckbahn	Dreilagiges Vlies aus Polypropylen, wasser- und winddicht, diffusionsoffen, Brandklasse: E
	Winddichtung	Dreilagiges Vlies aus Polypropylen, feuchtebeständig, winddicht, diffusionsoffen, Brandklasse: E
	Dampfbremse, Baupapier	Fadenverstärktes Papier, luftdicht, dampfbremsend, Brandklasse: E
Putze	Lehmputz	Brandklasse: A1
	Kalkputz	Brandklasse: A1
	Silikatputz	Brandklasse: A2

Referenz – Richtwerte	ρ [kg/m ³]	λ_r [W/(mK)]	c [J/(kgK)]	μ [-]	PENRT [MJ/kg]	GWP [kg CO ₂ Äq./kg]	AP [kg SO ₂ Äq./kg]
Unterdeck- und Unterspannbahn Wütöp 170 SK (baubook, Produkt: 9352 aq)	300	0,220	792	20	85,98	2,825	0,008322
ISOCELL OMEGA Winddichtung (baubook, Produkt: 1785 ba)	300	0,220	792	34	85,98	2,825	0,008322
ISOCELL ÖKO-NATUR Dampfbremse (baubook, Produkt: 1785 aa)	500	0,170	-	26878	14,24	-0,952	0,005893
Lehmputz getrocknet (baubook, Richtwert)	1700	0,810	936	10	1,49	0,092	0,000301
Trasskalkputz / -voranspritzer (baubook, Richtwert)	1400	0,570	1000	20/5	2,04	0,248	0,000528
RÖFIX Silikatputz (baubook, Produkt: 1636 ad)	1800	0,700	1000	30	11,40	0,531	0,002785

Mauerwerk,
Schüttung,
Naturstein

Bauteilschicht

Details, Brandverhalten

Vollziegelwand

Brandklasse: A1

Stampflehm

Brandklasse: A1

Splittschüttung

Brandklasse: A1

Natursteinboden

Brandklasse: A1

Referenz – Richtwerte	ρ [kg/m ³]	λ_r [W/(mK)]	c [J/(kgK)]	μ [-]	PENRT [MJ/kg]	GWP [kg CO ₂ Äq./kg]	AP [kg SO ₂ Äq./kg]
Klinker voll + Normalmauermörtel (2100 kg/m ³) (baubook, Richtwert)	2100	0,870	1000	100/ 50	3,85	0,233	0,000369
Lehm - Massivlehm 2000 kg/m ³ (baubook, Richtwert)	2000	1,000	936	10	0,38	0,021	0,000082
Schüttungen aus Sand, Kies, Splitt (1800 kg/m ³) (baubook, Richtwert)	1800	0,700	1000	-	0,10	0,007	0,000048
Kalkstein (2750 kg/m ³) (baubook, Richtwert)	2750	2,800	820	250/ 200	4,59	0,280	0,001620

4

Bauteilvarianten best practice

4.1 Massivbau + Wrapping

S-House

Strohballen-Wrapping
Holzmassiv

4.2 Rahmenbau + Infill

Lopas

Strohhäcksel-Infill
Holzrahmen

vivihouse

Strohballen-Infill
Holzrahmen

4.3 Hybridsystem + Infill

StrohSolSan

Strohballen-Infill
Holzrahmen + Mauerwerk

StroHaus Wien

Strohhäcksel-Infill
Holzrahmen + Holzmassiv

4.1 Massivbau + Wrapping



Abb 36 S-House, Nord-Ansicht (Foto: GRAT)

S-House

Strohballen-Wrapping

Büro- und Ausstellungsgebäude, Böheimkirchen, NÖ

Holzmassiv

Fertigstellung 2005

Entwicklung: Gruppe Angepasste Technologie (GrAT), TU Wien

Architektur: Architekten Scheicher

Energiestandard: Passivhaus (5,7 kWh/(m²a), gemessener Verbrauch)

Das S-House wurde von der Gruppe Angepasste Technologie (GrAT) an der TU Wien als Forschungsprojekt im Rahmen der „Haus der Zukunft“ Reihe entwickelt. Seit der Fertigstellung 2005 dient es als Büro- und Ausstellungsgebäude der GrAT und ist Anlaufstelle für Strohbau-Interessierte und Ausgangspunkt für weitere Entwicklungen nachhaltiger Bautechniken.

Das S-House-System besteht aus tragenden Brettsperrholz-Wand- und Deckenscheiben und einer homogenen, außen vorgelagerten Strohballendämmebene. Um die gesamte thermische Gebäudehülle mit nachwachsenden Rohstoffen auszuführen und dabei auf den Einsatz technischer Abdichtungsfolien zu verzichten, wurde die Luftdichtheit der Passivhauskonstruktion mit Lehmputz und Dichtungsbändern zwischen den Holzbauelementen hergestellt (vgl. Wimmer et al. 2006: 38, 77-81). Bei laufenden messtechnischen Begleituntersuchungen im S-House wurde bestätigt, dass das Gebäude mit einem gemessenen Heizwärmeverbrauch von 5,7 kWh/(m²a), mit Vermerk auf die Nutzung als Bürogebäude, Passivhausstandard erreicht (vgl. Wagner et al. o. J.: 56).

Projekt

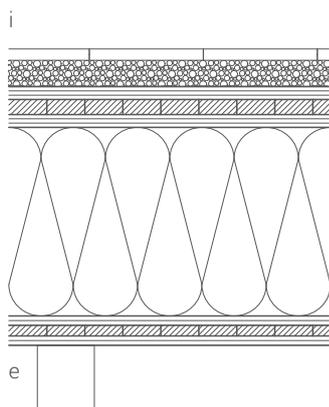
Abb 37 a-d S-House, Unterlüftete Bodenplattform mit Strohballendämmung zwischen zwei Brettsperrholzplatten, Strohballenwand auf unterster, auskragender Brettsperrholzplatte errichtet (Fotos: GrAT)



B0 S-House

d_s Außendecke unterlüftet
[cm]

(GrAT, Krug 2018)



3,0 Natursteinboden
7,0 Splittschüttung auf Baupapier
10,8 Brettsperrholz, Fichte

- Installationsebene
- luftdicht, dampfbr., verklebt

50,0 Strohballedämmung

7,8 Brettsperrholz, Fichte

- winddicht, verklebt

U
0,083
[W/(m²K)]

d
78,6
[cm]

$m_{w,B,A}^{(innen)}$
169,21
[kg/m²]

m'
349,4
[kg/m²]

$\Delta OI3_{BG1}$
64,70
[Pkt/m²]

S-House

Konstruktionsablauf

Punktfundamente

Die tragende Vollholzkonstruktion aus vorgefertigten Brettsperrholz Wand- und Deckenelementen wurde auf Punktfundamenten errichtet. Durch die Ausführung einer punktuellen Gründung anstelle einer vollflächigen Bodenversiegelung konnte einerseits der Einsatz von Stahlbeton und andererseits das Aufkommen von Aushubmaterial stark reduziert werden. Der anfallende Bodenaushub wurde direkt weiterverwertet, indem das lehmige Aushubmaterial von der oberen Humusschicht getrennt, gesammelt und später zum Lehmgrobputz für den Außenverputz der Strohwände aufbereitet wurde. Der durch die Fundamente generierte Abstand zum Erdreich ermöglicht außerdem den vor Feuchtigkeit geschützten Einsatz nachwachsender Rohstoffe schon ab der untersten Geschoßdecke in Form einer unterlüfteten Bodenplattform (vgl. Wimmer et al. 2006: 60).

Bodenplattform

Für die Errichtung der Bodenplattform wurden Brettsperrholzplatten direkt auf den Punktfundamenten aufgelagert. Durch die luftdichte Ausführung der Plattenstöße war der äußere winddichte Abschluss des unterlüfteten Aufbaus gegeben. Zwischen dieser unteren Massivholzplatte und einer zweiten Oberen wurde eine 50 cm starke Strohdämmebene ausgeführt. Dafür kamen Holzträger im Bereich der lastabtragenden Oberkonstruktion zum Einsatz, die den auszdämmenden Zwischenraum abgrenzten, der mit Strohballen dicht ausgefacht und mit der oberen Brettsperrholzlage luftdicht abgeschlossen wurde (vgl. Wimmer et al. 2006: 74-77). Nach der Fertigstellung des Rohbaus folgte auf der Bodenplatte ein mineralischer Fußbodenaufbau für erhöht speicherwirksame Masse im Innenraum, um Temperaturschwankungen auszugleichen. Über einer Schicht aus mit Kalkcasein-Fliesenkleber gebundenem Steinsplitt wurden Natursteinplatten mit besonders hohem Wärmespeichervermögen verlegt (vgl. Wimmer et al. 2006: 90-91). Im Winter speichert der Boden den Wärmeeintrag, der über die großflächige Südverglasung – welche im Sommer vom weit auskragenden Dachüberstand verschattet wird – gewonnen wird. Zwischen Steinsplitt und Steinplatten kann zusätzlich ein Mörtelbett mit Fußbodenheizung aufgebracht werden. Beim S-House war das nicht erforderlich, da das Gebäude über die unter den Decken geführten Zuluftkanäle aus Zirbenholz erwärmt wird (vgl. Wimmer et al. 2006: 96).



Abb 38 Dämmung der obersten Geschoßdecke
(Foto: GrAT)



Abb 39 Massivholzdecke mit abgehängter Kabel-
führung

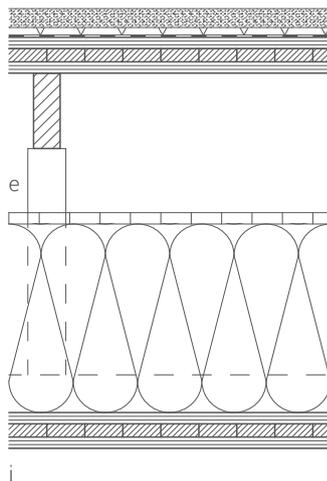


Abb 40 Tragende Massivholz-Zwischenwand

AD S-House

Außendecke zu Kaltdach

(GrAT, Krug 2018)



Kaltdachaufbau

d_s
[cm]

Hinterlüftung

3,0 Holzweichfaserplatte, gewachst

- winddichte Ausführung

50,0 Strohballendämmung

9,5 Brettsperholz, Fichte, Sicht

- luftdicht, dampfbr., verklebt

U
0,086
[W/(m²K)]

d
62,5
[cm]

$m_{w,B,A}^{(innen)}$
35,83
[kg/m²]

m'
104,5
[kg/m²]

$\Delta OI3_{BG1}$
19,08
[Pkt/m²]

S-House

Über der Bodenplattform wurden die geschoßhohen Brettsperrholzplatten der Außen- und Innenwände sowie der Zwischen- und Außen- decke luftdicht montiert. Der passivhaustaugliche innere Raumabschluss konnte durch Verklebung der Plattenstöße ohne technische Folien als unverputzte, sichtbare Massivholzebene hergestellt werden (vgl. Wimmer et al. 2006: 77-81). Die Installationen wurden aus dem zentralen Haustechnikschacht in Vorsatzschalen und abgehängten Kabeltrassen – Ausführung ebenfalls mit Vollholz – vor den tragenden Massivholzwänden und -decken geführt. Für die flexible Nutzung des Bürogebäudes verläuft die Stromversorgung in Kabelkanälen zu den durch mobile Zwischenwände getrennten Büroräumen. Von den Kanälen werden, dort wo benötigt, Versorgungsmodule mit Steckdosen und Leuchten abgehängt (vgl. Wimmer et al. 2006: 96, 101, 105).

Massivholzbox –
luftdichte Ebene auf Sicht

Auf der obersten Massivholzplatte wurde das Tragwerk für eine weit auskragende, auf Pendelstützen gelagerte, hinterlüftete Dachkonstruktion errichtet. Der große Dachüberstand ist – neben der vom Erdreich abgehobenen Konstruktion – ein weiterer konstruktiver Bautenschutz gegen Feuchtigkeitseinwirkung. Vor der Fertigstellung des Daches wurde die oberste Massivholzgeschoßdecke mit Strohbällen gedeckt und darauf eine winddichte, diffusionsoffene Ebene mit abgedichteten Holzfaserplatten hergestellt. Darüber bildet ein hoher Luftraum die Hinterlüftungsebene zum wasserführenden Dach (vgl. Wimmer et al. 2006: 70-71).

Dach

Abb 41

Befestigung der Hinterlüftungslattung mit Treeplast-Schrauben direkt in der Strohballenebene (Foto: GrAT)



Abb 42

Hinterlüftete Holzverschalung, LehmDirektputz auf Strohballedämmebene (Foto: GrAT)



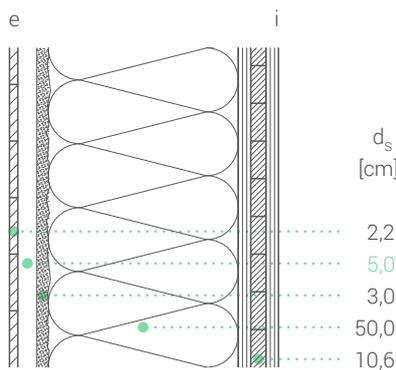
Abb 43

Strohballen-Wrapping S-House, punktuelle Befestigung mit Ankern (Foto: GrAT)

AW S-House

Außenwand hinterlüftet

(GrAT, Krug 2018)



- befestigt mit Treeplast-Strohschrauben
- winddicht, diffusionsoffen
- luftdicht, dampfbr., verklebt

U
0,089
[W/(m²K)]

d
70,8
[cm]

$m_{w,B,A}^{(innen)}$
35,3
[kg/m²]

m'
167,4
[kg/m²]

$\Delta OI3_{BG1}$
19,76
[Pkt/m²]

S-House

Die Fertigstellung der Außenwände mit Strohballenummantelung und Lehmverputz konnte bereits witterungsgeschützt unter dem weit auskragenden Dachvorstand erfolgen.

Die, der Holzbox vorgesetzte, 50 cm breite Strohballenwand wurde auf der rundum auskragenden untersten Brettsperrholzplatte des Bodenaufbaus errichtet. Damit ist die vertikale Dämmung ebenso wie die gesamte Bodenplattform vom Erdreich abgehoben und so vor aufsteigender Feuchtigkeit und Spritzwasser im Sockelbereich geschützt. Zur Lagesicherung wurden die Strohballen zwischen den einzelnen Ballenreihen mit Holzspießen gegen seitliches Verrutschen gesichert und mittels Hanfschnüren und Holzdübeln in der Massivholzwand verankert (vgl. Wimmer et al. 2006: 72-73).

Die fertiggestellte Strohballenwand wurde anschließend mit einer ungefähr 3 cm starken Lehmputzschicht versehen. Dabei wurde der aus dem Aushubmaterial aufbereitete Lehmputz maschinell direkt auf die raue, als Putzträger gut geeignete, ebene Strotoberfläche aufgespritzt und glattgestrichen (vgl. Wimmer et al. 2006: 66-68). Der Lehmputz bildet die äußere, winddichte Schicht vor der Hinterlüftungsebene. Für dauerhafte Rissfreiheit muss der Putz mit Armierungsgewebe versehen werden. Die dichte Lehmschicht stellt ohne den Einsatz zusätzlicher Winddichtungsbahnen die passivhaustaugliche Abdichtung der Konstruktion her (vgl. Wimmer et al. 2006: 38). Die Lehmbeschichtung hält zudem durch ihre hohe Sorptionsfähigkeit die darunterliegende Strohdämmung trocken und trägt als nicht-brennbare Schicht zum Brandschutz der Konstruktion bei (vgl. Wagner et al. o. J.: 32).

Die Unterkonstruktion der hinterlüfteten Holzfassade wurde mittels Treeplast-Strohschrauben direkt in der lehmverputzten Strohballenmauer verankert. Da bei dieser Art der Montage die Strohballendämmebene nicht vollständig durchdrungen wird, gelang es, einen weitestgehend wärmebrückenfreien Aufbau herzustellen (vgl. Wimmer et al. 2006: 63-64).

Die Treeplast-Schrauben, eine Innovation der GrAT, werden aus Biokunststoff aus Lignin und Holzfasern im Spritzgussverfahren hergestellt. Sie ermöglichen verschiedenste Montagen auf – innen oder außen – direkt verputzten Strohballenwänden. Der breite Schraubenkopf kann auch als Ankerpunkt in der Wand für weitere Montagen mit Holzschrauben verwendet werden (vgl. GrAT o. J.: 1).

Die Treeplast-Schrauben wurden im Zuge der Entwicklung zur Serienreife gebracht und können bei der GrAT erworben werden (Interview Krug 2018).

Außenwände

Strohballen-Wrapping

Lehmputz

Holzfassade



S-House

Zusammengefasst ist die Konstruktion aus nachwachsenden Rohstoffen durch den Abstand zum Erdreich, den weiten Dachüberstand und die hinterlüftete Holzverschalung vor Witterungseinflüssen gut geschützt. Auch ist der Schichtaufbau nach außen diffusionsoffen und der Lehmputz hält durch seine kapillare Leitfähigkeit die Strohdämmung trocken. Dass die gesamten bautechnischen Maßnahmen zum Feuchteschutz der Konstruktion wirksam sind, zeigte eine Kontrolle im Jahr 2018, als ein Teil der Fassadenverschalung abgenommen und der Zustand hinter der Holzfassade kontrolliert wurde. Die Strohballen waren einwandfrei und vollkommen trocken erhalten, obgleich sich in der schützenden Lehmschicht Risse gebildet hatten. Entgegen der heute üblichen Standards für Lehmputz, wurde der Putz beim Aufbringen auf die Strohballenwand des S-Houses nicht armiert. Für zukünftige Ausführungen des S-House-Systems, hielt Erwin Krug, technischer Experte bei der GrAT, im Interview 2018 fest, wäre es empfehlenswert, ein Armierungsgewebe in die Lehmschicht einzulegen. Dies stelle auch keinen großen Mehraufwand bei der Verarbeitung des Lehmputzes dar. Zudem hänge die Ausführbarkeit des Bausystems mit geeigneten Kleinballen von der zukünftigen Verfügbarkeit von Kleinballenpressen ab (Interview Krug 2018).

Erfahrungen mit dem System

Abb 44

Strohballen werden mit Ankern an die Massivholzwand gebunden (Foto: Architekten Scheicher / scheicher.at)

Abb 45

Lehmaußenputz direkt auf Strohballebene, S-House (Foto: GrAT)

4.2 Rahmenbau + Infill



Abb 46 Lopas-Prototyp Tattendorf, SW-Ansicht

Lopas

Strohhäcksel-Infill

Individuelle Fertighäuser

Holzrahmen

Vorgefertigte Elemente

Planung: Lopas GmbH

Energiestandard: Passivhaus, Niedrigenergie (je nach Wunsch)

Das Lehm-Passiv-Bürohaus der Firma Lopas in Tattendorf entstand 2004 im Rahmen der Forschungsreihe „Haus der Zukunft“ als Prototyp für die Entwicklung einer luftdichten Lehm-Passivhauskonstruktion mittels Lehm-Vlies-Abdichtungstechnik sowie für die darauffolgende Weiterführung zum marktfähigen Fertighausssystem.

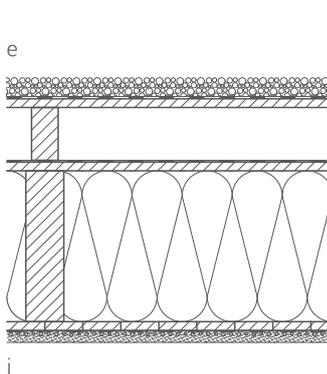
Die thermische Gebäudehülle des Demonstrationsgebäudes besteht aus strohgedämmten Holzrahmenelementen, deren Dämmstärke 40 cm in der Bodenplattform und den Außenwänden und 60 cm in der obersten Geschoßdecke beträgt. Die Rahmenelemente wurden samt Lehm-Vlies-Abdichtung und Lehmputz als geschoßhohe Wand- und Deckenmodule vorgefertigt. Vor Ort erfolgte die Montage der Fertigelemente sowie die Konstruktion des Daches innerhalb von fünf Tagen (vgl. Meingast 2005: 18). Nach Fertigstellung des Bürogebäudes wurde eine energietechnische Begleituntersuchung gestartet. Das Monitoring-Projekt zeigte nach zwei Messjahren einen gemittelten, auf Standardklima bereinigten, Heizwärmeverbrauch von 7,7 kWh/(m²a). Der gemessene Wert liegt somit unter dem für Passivhäuser geforderten maximalen Heizwärmebedarf von 15 kWh/(m²a) und bestätigt die Passivhaustauglichkeit der erprobten Gebäudehülle (vgl. Wagner et al. 2008: 43).

Prototyp

AD Lopas

Außendecke zu Kaldt Dach

(Meingast 2018)



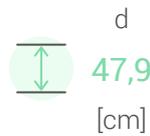
d_s [cm]	Material / Layer
0,1	Kaltdachaufbau Hinterlüftung
2,3	Unterdeckbahn
2,3	Rauschalung, diagonal, Fichte
40,0	Strohhäckselddämmung / Holzrahmen, Fichte
2,3	Rauschalung, diagonal, Fichte
0,2	Lehm-Vlies
-	Putzträger, Schilfstuckatur
3,0	Biofaserlehmputz, zweilagig

- wasser- u. winddicht, diff.offen, verklebt

- Konstruktion im Gefälle > 3 %

- luftdicht, dampfbremsend

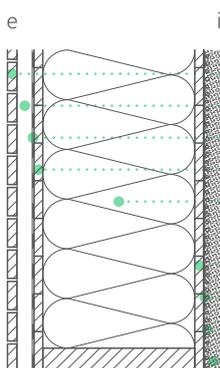
- Installationsebene



AW Lopas

Außenwand hinterlüftet

(Meingast 2018)



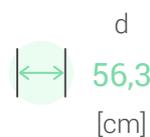
d_s [cm]	Material / Layer
2,5	Außenschalung, Lärche
4,0	Hinterlüftung / Lattung, Fichte
0,5	Lehm-Vlies mit Lehmschlämme
2,3	Rauschalung, diagonal, Fichte
40,0	Strohhäckselddämmung / Holzrahmen, Fichte
2,3	Rauschalung, diagonal, Fichte
0,2	Lehm-Vlies
-	Putzträger, Schilfstuckatur horiz.
4,5	Biofaserlehmputz, zweilagig

- oder verputzte Trägerplatte

- winddicht, diffusionsoffen

- luftdicht, dampfbremsend

- Installationsebene



Lopas

Kernstück des Lopas-Fertigteilsystems ist der patentierte Wandaufbau aus Holzrahmenelementen mit Stroh-Zwischenraumdämmung und beidseitiger Rauschalung mit Lehm-Vlies-Abdichtung und Biofaserlehmputz.

System

Eine Kombination aus Flachsvlies und Lehm wird auf Rauschalung aufgetragen und bildet zu beiden Seiten des Bauteils eine luftdichte, kapillar leitfähige Ebene. An der Bauteilaußenseite dient die dünne Lehmhülle aus Lehm-Vlies und Lehmschlämmputz als Winddichtung und wird mittels vorgelagerter, hinterlüfteter Fassadenschalung vor Witterungseinflüssen geschützt. Im Innenraum bildet das Lehm-Vlies zusammen mit einer dicken Lehmputzschicht eine luftdichte, dampfbremsende Ebene. Die Lehm-Vlies-Technik ersetzt damit die sonst üblichen technischen Folien, die zur Bauteilabdichtung eingesetzt werden (vgl. Meingast 2005: 49, 52).

Lehm-Vlies-Technik
+ Lehmputz

Im Vorfeld zur Entwicklung des Lehm-Passiv-Bürohauses in Tatten-dorf wurde die Luftdichtheit der Lehm-Vlies-Technik anhand eines Testwandaufbaus aus 1 mm Lehm-Vlieslage und 10 mm Biofaser-Lehmputz auf Rauschalung getestet. Dabei wurde beim Drucktest mit 50 Pa Druckdifferenz ein n_{50} -Wert von 0,06/h für ein fiktives zweigeschoßiges Einfamilienhaus berechnet. Das Ergebnis liegt bei einem Zehntel der maximal tolerierbaren Leckrate $n_{50} = 0,6/h$ im Passivhaus. Die sehr gute Luftdichtheit der Lehm-Vlies-Technik konnte damit im Laboraufbau festgestellt werden.

In der Praxis zeigte sich nach Fertigstellung des Demonstrationsgebäudes eine Leckrate von $n_{50} = 0,41/h$. Dabei wurden charakteristische Stellen für Undichtheit, wie etwa Rohrdurchführungen, festgestellt, deren Abdichtungen anschließend nachgebessert werden konnten (vgl. Meingast 2005: 49, 50). Es zeigte sich, dass die Herausforderung in der Ausführungsgenauigkeit einzelner, komplexer Bauteilübergänge liegt, für deren Abdichtung in der Praxis auch konventionelle Dichtbänder eingesetzt werden. Dass der Lehmputz neben seiner Funktion als luftdichte Schicht auch als Installationsebene genutzt wird, erhöht die erforderliche Sorgfalt in der Bauausführung.



Abb 47

Unterlüftete Bodenplattform, Lopas-Prototyp in Tattendorf (Foto: Architekturbüro Reinberg / reinberg.net)



Abb 48

Außenwände mit Lehm-Vlies-Abdichtung, Lopas-Prototyp in Tattendorf (Foto: Architekturbüro Reinberg / reinberg.net)

Lopas

Der Lehmputz im Inneren funktioniert zudem als Wärmespeichermasse, die Temperaturschwankungen ausgleicht und durch Wand- oder Deckenheizung und -kühlung aktiviert werden kann.

Als nicht brennbare Schicht trägt die rundumführende Einkapselung mit Lehm und die Einbettung der Installationen im Lehm dickputz zum Brandschutz bei. Bei der Prüfung durch die MA 39 erreichte die Lopas-Außenwand unter Belastung den Feuerwiderstand REI 120 (vgl. Lopas o.J.).

Die Einkapselung zwischen zwei Lehmschichten trägt zur ständigen kapillaren Entfeuchtung der Holz-Stroh-Konstruktion bei. Im Gegensatz zu technischen Dampfbremsbahnen ermöglicht die Lehmschicht an der Rauminnenseite eine, der Dampfdiffusion gegenläufige, Feuchtigkeitsbewegung aus dem Inneren der Konstruktion zur Bauteiloberfläche (vgl. Meingast 2005: 48-49). Diese kapillare Transportleistung ist jedoch nicht verallgemeinerbar, da die am Markt verfügbaren Lehmbaustoffe unterschiedliche Sorptions- und Desorptionseigenschaften aufweisen (vgl. Meingast 2005: 51).

Die feuchtetechnische Sicherheit der Lopas-Konstruktion wurde während jahrelang begleitender Kontrollmessungen in der Dämmebene des Demonstrationsgebäudes überprüft. Die Feuchtemessungen zeigten, dass sich die Dämmung stets im erwarteten Bereich der Gleichgewichtsfeuchte von Stroh befand (Interview Meingast 2018).

Die unterlüftete Bodenplattform beim Prototyp in Tattendorf funktioniert wie ein liegendes Außenwandelement, ebenfalls mit Lehm-Vlies-Abdichtung, auf dem zusätzlich ein Fußboden aufgebaut wurde. Die Elemente der Bodenplattform wurden auf Streifenfundamenten aufgelagert, wodurch der Einsatz von Stahlbeton für die Gründung in einem minimalen Ausmaß gehalten werden konnte. Im Unterschied zum Forschungsprojekt werden in der Praxis der Errichtung von Lopas-Fertighäusern jedoch fast ausschließlich vollflächige Betonfundamentplatten ausgeführt, da der hohe Einsatz von Beton dennoch günstiger ist, als vorgefertigte Holzrahmenelemente als unterlüftete Bodenplattform auf Punkt- oder Streifenfundamenten zu errichten. „Beton ist ein Paradebeispiel dafür, dass er die wirklichen ökologischen Kosten nicht im Entferntesten tragen muss“ (Interview Meingast 2018).

Unterlüftete Bodenplatte
als Kostenfrage



Abb 49

Schnitt durch einen Lopas-Außenwandaufbau mit Blick auf den Lehminnenputz

Abb 50

Lopas-Strohhäckseldämmung

Abb 51

Montage vorgefertigter Wandmodule, Lopas-Prototyp in Tattendorf (Foto: Architekturbüro Reinberg / reinberg.net)



Lopas

Eine der Weiterentwicklungen des Lopas-Systems, die nach der Entwicklung des Prototyps stattfanden, betrifft die Art der Strohdämmung. Wurden in Tattendorf noch Strohballenteile in die Konstruktion eingebracht, entwickelte Lopas danach die selbst hergestellte Strohhäckselämmung. Dabei wird während der Vorfertigung geschnittenes, entstaubtes Stroh unter Druck in die Kammern der liegenden Holzrahmenelemente eingebracht. Die Dichte der eingepressten Strohhäcksel ist ausschlaggebend für die Setzungssicherheit im Bauteil (Interview Meingast 2018). Bei weiteren Forschungsschritten wurde der Effekt der Halmausrichtung innerhalb der Dämmebene genauer betrachtet. Bei einem Test unter theoretischen Idealbedingungen wiesen exakt normal zum Wärmestrom ausgerichtete Halme eine um den Faktor 2,21 bessere Dämmeigenschaft als exakt parallel ausgerichtete Halme auf (vgl. Kirl und Meingast 2011: 35).

Die Dämmebene der vorgefertigten Lopas-Außenwände wird in 24, 30 oder 40 cm Dämmstärke ausgeführt (vgl. Lopas o.J.), je nachdem, welcher Energiestandard erreicht werden soll oder wie sehr, zum Beispiel bei einem Kleingartenhaus, Wandstärke gespart werden muss.

Die Lopas-Elemente werden im Werk als steckfertige, geschoßhohe Wand- u. Deckenelemente vorgefertigt. Unter den kontrollierten Bedingungen der Werkshalle kann die Strohhäckselämmung garantiert trocken in die Konstruktion eingebracht und darin eingeschlossen werden. Bei der Vorfertigung werden die Bauteile bereits rundum mit der fertigen Lehm-Vlies-Abdichtung umhüllt. An der Innenseite der Wandelemente wird auch schon die erste Lehmschicht, eine 4 cm starke Grobputzschicht, aufgetragen (Interview Meingast 2018). Dachelemente werden ohne Vorverputz zur Montage gebracht – eine Vorgehensweise, die sich bei der Ausführung des Prototyps in Tattendorf als praktikabler erwiesen hat (vgl. Meingast 2005: 54).

Die Montage eines üblichen Einfamilienhauses erfolgt in drei bis vier Tagen. Dabei werden die Fertigteile an den Elementstößen verbunden, abgedichtet und eine wetterfeste Gebäudehülle wird hergestellt. Durch die Vorfertigung der Elemente ist das wetterabhängige Risiko während der Errichtung auf eine möglichst kurze Zeitspanne reduziert. Im bereits frostgeschützten Inneren der Passivhaushülle können die Dachflächen mit Lehm verputzt und gemeinsam mit allen vorverputzten Wandinnenoberflächen mit 0,5 cm Lehmfeinputz fertiggestellt werden (Interview Meingast 2018).

Weiterentwicklung
vom Strohballen zur
Strohhäckselämmung

Vorfertigung und Montage

Abb 52 vivihouse, 3-geschoßiger Prototyp (Foto: vivihouse.cc)



Abb 53 vivihouse-Wandmodul, innen, Lehmputz



Abb 54 vivihouse-Wandmodul, außen, Holzfaser-Unterdeckplatten und hinterlüftete Holzfassade



Abb 55 vivihouse-Wandmodule in Vorfertigung

vivihouse

Strohballen-Infill

3-geschoßiger Prototyp (2020)

Holzrahmen

Vorgefertigte Elemente

Entwicklung: Nikolas Kichler, Paul Adrian Schulz,
Mikka Fürst, Karin Stieldorf

Das vivihouse-System besteht aus modular vorgefertigten, flexibel gestaltbaren Wand- und Deckenmodulen, die in eine Holzskelett-Primärkonstruktion eingefügt werden. Ein Anliegen der vivihouse-Initiatoren ist es, das Knowhow für ein modulares, ökologisches Bausystem bereitzustellen, das durch die Einfachheit einzelner Einheiten die Möglichkeit zum gemeinschaftlichen Selbstbau auch im mehrgeschoßigen, urbanen Kontext bietet.

Das Grundgerüst eines jeden Moduls ist eine Holzrahmenkonstruktion, die sich in ihren Außenabmessungen nach dem vorgegebenen Konstruktionsraster des Skelettbaus richtet. Je nach Erfordernis werden die Rahmen ausgefacht und mit beliebigen Funktionen bespielt. Daraus ergibt sich ein Katalog unterschiedlichster Bauteilvarianten, der laufend erweitert wird.

Das Prinzip des Raumregals ermöglicht anpassungsfähige Grundrisse und Fassaden, da die eingehängten Module ausgetauscht und je nach ihrer Programmierung an anderer Stelle wieder eingesetzt werden können. Das Beispiel des ersten vivihouse-Prototyps, ein eingeschößiges Testgebäude, das 2018 errichtet wurde, zeigt, wie variabel und individuell das System eingesetzt werden kann: Erweitert durch neugefertigte Module ist ebendieses vivihouse zum 3-Geschoßer gewachsen und wird seit Herbst 2020 in Floridsdorf als Teil der Internationalen Bauausstellung Wien gezeigt.

Nach erfolgter Zertifizierung der vivihouse-Module als Bauprodukt sollen in Zukunft bis zu 6-geschoßige Gebäude errichtet werden (vivihouse-Bauworkshop 2019).

System



vivihouse

Bei Bauworkshops 2018 entstanden die ersten vivihouse-Module, zunächst für den eingeschößigen Prototyp und 2019 die Ergänzung mit neuen Modulen zum dreigeschößigen vivihouse. Unter Anleitung des ASBN wurden die mit Strohballen gedämmten Module der Außenwände, obersten Geschosßdecken sowie Zwischen-, Eck- und Attika-Elemente von Studierenden der TU Wien in Vorfertigung angefertigt. Dabei zeigte sich, dass das System durch die Einfachheit der Materialien Stroh, Holz und Lehm viel Potenzial für die Beteiligung von Laien bietet. Vor allem der hohe handwerkliche Aufwand beim Ausfachen und Verschalen der Elemente erfordert viel Arbeitskraft, wodurch eine kollektive Beteiligung im Selbstbau ökonomische Vorteile bringt. Die Vorfertigung der Holzrahmenelemente nach vorgegebenem Konstruktionssystem kann von jedem Zimmereibetrieb ausgeführt und in Zusammenarbeit mit Stroh- und Lehmbauexpert*innen fertiggestellt werden.

Für den dreigeschößigen Prototyp wurden bei Bauworkshops im Herbst 2019 etwa 3,4 x 2,8 m große Fassadenelemente und etwa 5,6 x 2,8 m große Deckenelemente in einer Werkshalle in Niederösterreich angefertigt. Für die Ausfachtung der Holzrahmenkonstruktion wurden zertifizierte Baustrohballen der Firma SonnenKlee eingesetzt. Dabei übernahmen Trainer*innen des ASBN die Anleitung der studentischen Ausführungsworkshops bei der vollständigen Vorfertigung der Gebäudeelemente.

Vorfertigung der Module

Bauworkshops 2019

Abb. 56 a-e Vorfertigung dreieckiger, aus der Fassade kippender Außenwandmodule



vivihouse

Konstruktion
Fassadenelemente

Für die Vorfertigung der Fassadenelemente wurde die jeweilige Holzrahmenkonstruktion liegend montiert und zunächst mit der Wandaußenseite nach oben gerichtet mit diffusionsoffenen, feuchtebeständigen Holzfaser-Unterdeckplatten beplankt. Die Plattenstöße sowie die Bauteilübergänge, wie beispielsweise Fensterlaibungen, wurden mit technischen Klebebändern abgedichtet. Dadurch wurde eine winddichte, regensichere Ebene fertiggestellt und darauf die Holzlattung für die Hinterlüftungsebene, die Konterlattung und die vertikale Fassadenschalung montiert.

Unterdeckplatten als
diffusionsoffene
Winddichtung

Anschließend wurde das Modul gewendet und mit Strohballen befüllt. Der maximale Zwischenraumabstand der Holzrahmenkonstruktion wurde mit 85 cm gemäß der vom Produzenten angegebenen Strohballenlänge ausgewählt. Die verwendeten Strohballen waren in etwa 85x36x50 cm groß, wobei die Länge in Pressrichtung der Ballen leicht variierte. Die Holzrahmen wurden dicht mit Strohballen und abgeteilten Ballenlagen ausgefacht und Hohlräume mit Strohbindeln ausgestopft. Die ausreichende Verdichtung im Bereich der Ballenstöße und zwischen Strohballen und Holzrahmen wurde händisch überprüft, indem kontrolliert wurde, dass kein einfaches Zerteilen der Übergänge mit der flachen Hand mehr möglich war. Die Schnüre der abgebundenen Strohballen wurden danach aufgeschnitten und entfernt, wodurch sich die Ballen in Pressrichtung ausdehnten und damit noch dichter ineinander pressten. Die überstehende, unregelmäßige Oberfläche der Ballen wurde anschließend entlang der Holzrahmenkonstruktion mit Heckenscheren abrasiert. Dieser zu glättende Ballen-Überstand ist wichtig, da beim Glätten Vertiefungen der Ballenoberfläche ausgeglichen werden und eine ebene Fläche entsteht. Somit können Hohlräume zwischen Strohdämmung und Bauteilver Schalung vermieden werden.

Strohdämmung

Abb 57 a-e

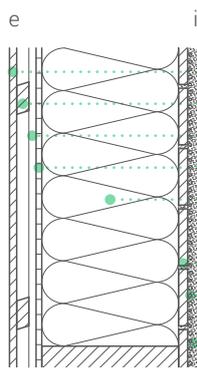
Vorfertigung eines vivihouse-Außenwandmoduls: Holzfaser-Unterdeckplatten und hinterlüftete Fassadenschalung außen, Strohdämmung in Holzrahmenzwischenräumen, Rauschalung und Lehmputz auf Schilfstuckatur, Einputzbänder für luftdichten Übergang von Lehm zu Holzrahmen



AW vivihouse

d_s Außenwand hinterlüftet
[cm]

(vivihouse, Bauworkshop 2019)



- 1,9 Außenschalung, vertikal, Lärche
- 3,2 Lattung horiz., Rhombus Lärche
- 1,9 Hinterlüftung / Lattung, Fichte
- 1,5 Unterdeckplatte, Holzfaser
- 36,0 Strohballedämmung / Holzrahmen, Fichte
- 2,4 Rauschalung, diagonal, Fichte
- Putzträger, Schilfstuckatur horiz.
- 2,2 Lehm-grobputz, armiert
- 0,5 Lehmfeinputz

- winddicht, diff.offen, verklebt

- Fugen mit Lehm verspachtelt

- Installationsebene

- luftdicht, dampfbremsend

U
0,145
[W/(m²K)]

d
49,6
[cm]

$m_{w,B,A}^{(innen)}$
61,7
[kg/m²]

m'
131,2
[kg/m²]

$\Delta OI3_{BG1}$
10,51
[Pkt/m²]

vivihouse

Die Rauminnenseite der Holzrahmenmodule wurde mit einer diagonalen Rauschalung aus Fichtenbrettern verschalt. Zwischen den einzelnen Brettern wurde ein Abstand von einem Zentimeter freigelassen, der im Zusammenhang mit der darauffolgenden Lehmputzschicht zum einen die Ausdehnung des Holzes und zum anderen den Kontakt zwischen Lehm und Strohdämmung ermöglicht. Beim Auftragen des nassen Lehmputzes dehnen sich die Holzbretter bei Aufnahme von Feuchtigkeit parallel zur Holzfaser in der Breite aus. Die Zwischenräume der Rauschalung wurden mit Lehmgroßputz verspachtelt. Dieser, zwischen die Bretter greifende, Lehmputz trägt durch seine kapillare Leitfähigkeit dazu bei, die Strohdämmung im Bauteilinneren dauerhaft trocken zu halten.

Für die Abdichtung zwischen Holz und Lehmputz wurde an den Bauteilrändern, entlang der Rauschalung, ein luftdichtes Klebeband aufgebracht, das danach mit Lehm überputzt wurde. An dieser Grenze wurde anschließend ein temporärer Putzrahmen montiert, der sich mit seiner Rahmenhöhe an die zu erreichende Großputzstärke von 2,2 cm über der Rauschalung richtete. Vor dem Auftragen des Lehmputzes wurden Leerverrohrungen in die Ebene der Rauschalung eingelegt und mit Lehm verspachtelt. Da der Lehmputz neben der Installationsebene gleichzeitig die luftdichte, dampfbremende Schicht bildet, müssen die Durchdringungen mit großer Sorgfalt ausgeführt werden.

Auf der Rauschalung wurden Schilfmatten als Putzträger mit Metallklammern befestigt, darauf der Lehmgroßputz bis zum Anputzrahmen aufgetragen und ein Glasfaser-Armierungsgitter mit 1x1 cm Maschenweite eingelegt.

Schlussendlich wurde der temporäre Putzrahmen entfernt und durch eine finale Holzrahmung ersetzt. Für die Lagerung wurden die Fassadenmodule aufgerichtet und nach der Trocknung des Großputzes mit einer 5 mm starken Lehmfeinputzschicht fertiggestellt.

Der zweilagige Lehmputz stellt die luftdichte und dampfbremende Schicht an der Rauminnenseite dar. Deshalb ist es besonders wichtig, dass rissfreie Flächen mithilfe von Armierungsgewebe im Lehmputz, sauber ausgeführte Installationsdurchbrüche in der Lehmschicht sowie luftdichte Übergänge zwischen Lehmputz und Holzkonstruktion mit technischen Abdichtungsbändern hergestellt werden.

Rauschalung

Lehmputz als Luftdichtebene

Abb 58

Verspachtelung der Fugen zwischen den Rauschalungsbrettern, dadurch direkter Kontakt zwischen Lehmputz und Strohdämmung

Abb 59

Schilfstuckatur als Putzträger, Befestigung mit Metallklammern

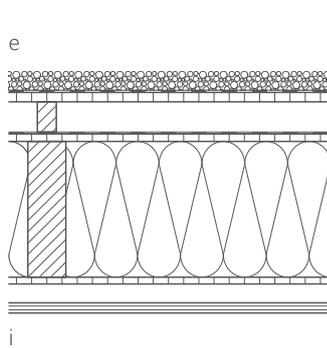
Abb 60

Auftragen des Lehmputzes, Angleichen auf Höhe des Anputzrahmens

AD vivihouse

Außendecke zu Kaltdach

(vivihouse, Bauworkshop 2019)



d_s [cm]	
	Kaltdachaufbau
	Hinterlüftung
0,1	Unterdeckbahn
2,0	Unterdeckplatte, Holzfaser
36,0	Strohballendämmung / Holzrahmen, Fichte
1,8	Schalung, OSB
5,0	Abhängung
2,7	Dreischichtplatte, Fichte

- wasser- u. winddicht, diff.offen, verklebt
- diffusionsoffen
- luftdicht, dampfbr., verklebt
- Installationsebene

U
 0,139
[W/(m²K)]

d
 47,6
[cm]

$m_{w,B,A}^{(innen)}$
 35,3
[kg/m²]

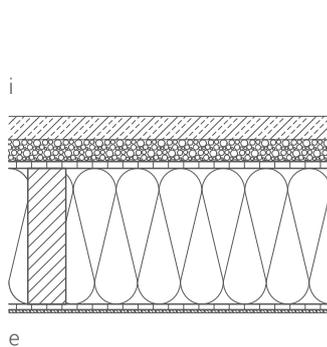
m'
 87,9
[kg/m²]

$\Delta OI3_{BG1}$
 19,43
[Pkt/m²]

BO vivihouse

Außendecke unterlüftet

(vivihouse, Bauworkshop 2019)



d_s [cm]	
6,2	Stampflehm Boden, versiegelt
5,8	Splittschüttung
1,8	Schalung, OSB
36,0	Strohballendämmung / Holzrahmen, Fichte
1,5	Unterdeckplatte, Holzfaser
0,8	Holzspanplatte, zementgebunden

- Installationsebene
- luftdicht, dampfbr., verklebt
- winddicht, diff.offen, verklebt
- Feuchteschutz Unterboden

U
 0,141
[W/(m²K)]

d
 52,1
[cm]

$m_{w,B,A}^{(innen)}$
 163,0
[kg/m²]

m'
 306,0
[kg/m²]

$\Delta OI3_{BG1}$
 14,99
[Pkt/m²]

vivihouse

Äquivalent zu den Fassadenmodulen wurden die Holzrahmenelemente der Decken ebenfalls an der Bauteilaußenseite winddicht mit diffusionsoffenen Holzfaserplatten verschalt und mit Strohdämmung ausgefacht. Gefällekeile auf der Rahmenkonstruktion der obersten Geschosdecke erzeugen das Gefälle für ein erhöht regensicheres Unterdach, auf dem zusätzlich zu den Holzfaser-Unterdeckplatten diffusionsoffene Unterdeckbahnen aufgelegt und verklebt wurden.

Die innere luftdichte und dampfbremsende Ebene, sowohl der Boden als auch der Dach- und Zwischendeckenelemente, wurde – im Gegensatz zu den Lehm verputzten Wandmodulen – mit an den Stößen abgeklebten OSB-Platten hergestellt. Zur Rauminnenseite folgt auf der Bodenplattform der Fußbodenaufbau und an der Unterseite der Dachelemente eine abgehängte Deckenkonstruktion, in der technische Installationen Platz finden. Alternativ kann an der OSB-Schalung der Decke auch Lehmputz auf Schilfstuckatur aufgebracht werden.

Konstruktion
Deckenelemente

Abb 61

Verschalung der strohgedämmten Außendecke mit Holzfaser-Unterdeckplatten (Foto: Karin Haas, ASBN)

4.3 Hybridsystem + Infill



StrohSolSan

Strohballen-Infill

Einfamilienhaus, Kleinebersdorf, NÖ

Holzrahmen

Fertigstellung 2013

+

Bestandsmauerwerk

Planung: ATOS Architekten – DI Heinrich Schuller

Energiestandard Sanierung: Niedrigenergie (62 kWh/(m²a), nach OIB)

Energiestandard Aufstockung: Passivhaus (10 kWh/(m²a), nach OIB)

Beim Umbau-Projekt StrohSolSan (STROHballen, SOLarnutzung, SANierung) wurde ein altes, bereits zum Wohnhaus ausgebautes Stallgebäude saniert und erweitert. Das Ziel, den Bestand weitestgehend zu erhalten und bei der Erneuerung und Aufstockung eine Holzrahmenkonstruktion mit Strohballendämmung auszuführen, konnte dank des guten Zustandes der vorhandenen Bausubstanz realisiert werden: „Wesentliche Voraussetzung für den Einsatz von Stroh als Dämmung des Bestandsmauerwerks war die offensichtliche Funktionstüchtigkeit der Horizontalisolierung. Es gab keinerlei sichtbare Feuchteschäden durch aufsteigende Feuchte.“ (Schuller o. J.)

Projekt

Abb 62

Aufstockung über Bestandsgebäude mit vorgefertigten Holzrahmenelementen (Foto: ATOS Architekten / atos.at)

Abb 63

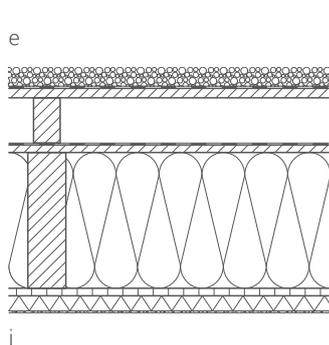
Zusatzkonstruktion zur thermischen Sanierung des Bestandsmauerwerks (Foto: ASBN / baubiologie.at)



AD StrohSolSan

Außendecke zu Kaltdach

(Schuller o. J.)



- d_s [cm] Kaltdachaufbau
- Hinterlüftung
- 0,1 Unterdeckbahn
- 2,0 Rauschalung, Fichte
- 36,0 Strohballedämmung / Holzrahmen, Fichte
- 2,0 Schalung, OSB
- 4,0 Putzträgerplatte, Holzweichfaser
- 0,5 Lehm dünnputz, armiert

- wasser- u. winddicht, diff.offen, verklebt

- luftdicht, dampfbr., verklebt

- Installationsebene

U
0,132
[W/(m²K)]

d
44,6
[cm]

$m_{w,B,A}^{(innen)}$
24,7
[kg/m²]

m'
92,1
[kg/m²]

$\Delta OI3_{BG1}$
13,11
[Pkt/m²]

StrohSolSan

Konstruktion Aufstockung

Für die Aufstockung des Bestandes wurden vorgefertigte Holzrahmen-Wandelemente aufgestellt. Diese waren außen bereits mit regensicheren Unterdeckplatten beplankt, die – nach Fertigstellung des Daches – eine spätere, witterungsgeschützte Ausfachung der Holzrahmen vom Gebäudeinneren aus ermöglichten.

Unterdeckplatten als
diffusionsoffene
Winddichtung

Um möglichst schnell die wasserführende Ebene herzustellen, wurden die Dämmarbeiten am Dach direkt von den Zimmerleuten ausgeführt. Da das Einbringen der horizontalen Ballenlage nur von oben und somit außen erfolgen kann, ist dieser Teil des Baustellenablaufes von Schönwetter abhängig. Diese Wetterabhängigkeit könnte durch gänzliche Vorfertigung der Elemente in der Zimmerei vermieden werden – eine vorteilhafte Lösung, die allerdings mit Mehrkosten verbunden ist (Interview Schuller 2019).

Strohdämmung

Eine kostensparende Maßnahme bei der restlichen Ausführung war die Veranstaltung eines Strohbau-Workshops mit Herbert Gruber vom ASBN. Durch die Unterstützung von zwölf Helfern konnte die übrige Dämmung innerhalb eines Tages in die Außenwände eingebracht werden. Die Dämmstärke aller Neubaelemente beträgt 36 cm, ein durch die Strohballendicke bedingtes Maß. Die Neubau-Aufstockung erreicht mit 10 kWh/(m²a) Passivhausstandard (vgl. Schuller o. J.).

Abb 64

Oberste Geschoßdecke mit OSB-Schalung innen, Wände werden später von innen mit Strohbällen befüllt

(Foto: ATOS Architekten / atos.at)

Abb 65

Strohballenausfachung von oben und Rauschalung

(Foto: ATOS Architekten / atos.at)

Abb 66

Unterdeckbahnen als erhöht regensicheres Unterdach

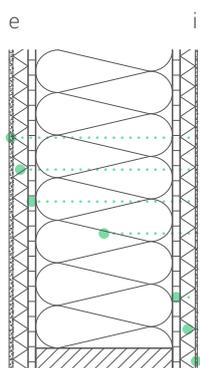
(Foto: ATOS Architekten / atos.at)



AW StrohSolSan

Außenwand, Aufstockung

(Schuller o. J.)



d_s [cm]	Material / Layer
1,0	Außenputz, Silikat
4,0	Putzträgerplatte, Holzweichfaser
2,0	Unterdeckplatte, Holzfaser
36,0	Strohballendämmung / Holzrahmen, Fichte
2,0	Schalung, OSB
4,0	Putzträgerplatte, Holzweichfaser
0,5	Lehmdünnputz, armiert

- winddicht, diffusionsoffen

- diffusionsoffen

- luftdicht, dampfbr., verklebt

- Installationsebene

U
0,119
[W/(m²K)]

d
49,5
[cm]

$m_{w,B,A}^{(innen)}$
24,7
[kg/m²]

m'
121,5
[kg/m²]

$\Delta OI3_{BG1}$
44,37
[Pkt/m²]

StrohSolSan

Eine aussteifende Innenbeplankung der Holzleichtbauelemente mit OSB als Dampfbremse stellt die für den Energiestandard wichtige Luftdichtheit des Bauteils her. Dabei müssen die Plattenstöße sorgfältig abgedichtet werden.

OSB als
Luftdichtebene

Die darauffolgende Schicht aus verputzten Weichfaserplatten ermöglicht als Installationsebene eine Leitungsführung vor der Dichtebene (OSB) ohne diese zu durchbrechen. Die Trennung der Installations- und Luftdichtebene ist ein Vorteil gegenüber Systemen, bei denen der Lehmputz die Luftdichtheit übernimmt. Letzteren steht Schuller kritisch gegenüber und wirft die Frage auf, ob es in der Praxis möglich sei, ausschließlich mit Lehmputz, der an der Rauminnenseite auch die Installationsebene bildet, eine dauerhaft rissfreie, luftdichte Schicht herzustellen. Die Problematik liege nicht im Regelquerschnitt, sondern in der Ausführung von Bauteilanschlüssen und Installationsdurchbrüchen (Interview Schuller 2019).

Installationsebene

Aus oben genannten Gründen, sowie Kostenersparnis, wurde bei diesem Projekt auf einen klassischen Lehmputz verzichtet und stattdessen eine dünne Lehmspachtelung auf den Putzträgerplatten ausgeführt. Der Dünnputz ist eine fertige Oberfläche, die nicht übermalt werden muss. Obwohl die dünne Lage Lehm zum Raumklima nicht wesentlich beitragen kann, ergibt sich zumindest die ästhetische Qualität des Lehms und ein nachhaltiger Vorteil bei der Instandhaltung, denn der Lehmputz kann aufgrund seiner Farbechtheit bei Beschädigung an der jeweiligen Stelle mit einer kleinen Menge Lehm ausgebessert werden, ohne eine ganze Wand neu streichen zu müssen (Interview Schuller 2019).

Lehmdünnputz

Abb 67

Witterunggeschütztes Befüllen der Holzrahmen vom Gebäudeinneren aus (Foto: ASBN / baubiologie.at)

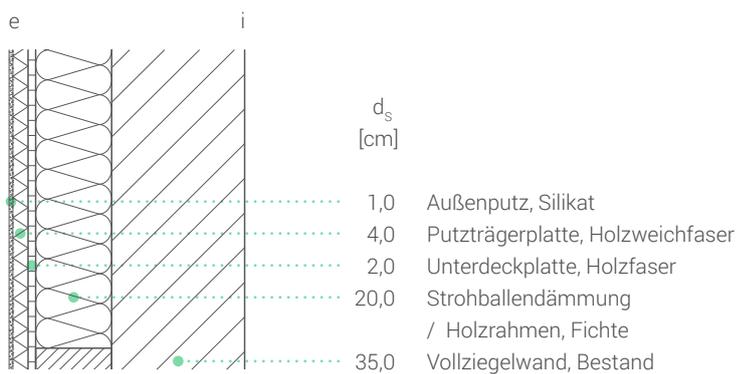
Abb 68

Abgedichtete Verschalung mit OSB innen (Foto: ATOS Architekten / atos.at)



AW-san StrohSolSan Sanierung Bestandsmauerwerk

(Schuller o. J.)



- winddicht, diffusionsoffen

- diffusionsoffen

U
0,198
[W/(m²K)]

d
62,0
[cm]

$m_{w,B,A}^{(innen)}$
151,0
[kg/m²]

m'
803,4
[kg/m²]

$\Delta OI3_{BG1}$
31,49
[Pkt/m²]

StrohSolSan

Bei der Sanierung des Bestandes wurde das Mauerwerk mit einer 20 cm starken Strohdämmung ummantelt und mit neuen Passivhausfenstern ausgestattet. Somit konnte für das Erdgeschoß mit 62 kWh/(m²a) Niedrigenergiestandard erreicht werden.

Um das Dämmmaterial an der Außenwand anzubringen, wurde eine Hilfskonstruktion aus Fichtenstehern vorgelagert. Der Abstand zwischen Konstruktionsholz und unebenem Mauerwerk wurde dicht mit Stroh ausgestopft. Durch Beplanken mit liegenden, 60 cm breiten Unterdeckplatten wurde sukzessive von unten nach oben die Schalung für das Einstopfen der Strohdämmung angebracht (vgl. Schuller o. J.).

Die Unterdeckplatten erfüllen beim Ummanteln der Bestandsmauern die Funktion einer „verlorenen Schalung“. Im ersten Stock fungieren sie als regensichere Außenbeplankung, die ein wetterunabhängiges Befüllen der Holzrahmenelemente vom Inneren aus ermöglichen. Zudem bilden sie mit der Überdämmung aus Holzweichfaser-Putzträgerplatten eine doppelte Schicht, in der im Sockelbereich der Anschluss zur Feuchtigkeitsabdichtung hergestellt werden kann. Dazu wird die Sockelabdichtung auf der Unterdeckplatte über die Schwelle des Holzriegels hochgezogen und angeklebt. Wäre der Holzrahmen direkt mit der Putzträgerplatte beplankt, würde dieser Übergang eine größere Herausforderung darstellen (Interview Schuller 2019).

Konstruktion Sanierung

Unterdeckplatten mit vielfältigem Nutzen

Abb 69

Sukzessives Befüllen der vorgelagerten Konstruktion mit Stroh, Montage der Holzfasertafeln von unten nach oben (Foto: ASBN / baubiologie.at)

Abb 70

Anschluss der Sockelabdichtung zwischen Holzfasertafeln Unterdeckplatte und Holzweichfaser-Putzträgerplatte (Foto: ASBN / baubiologie.at)



Abb 71 Studienprojekt StroHaus Wien (Visualisierung: Peter Schubert)

StroHaus Wien

Strohhäcksel-Infill

5-geschoßiger Wohnbau, Wien

Holzrahmen

Studienprojekt

+

Holzmassiv

Planung: capital[A]architects – DI Peter Schubert

Mit dem Studienprojekt „StroHaus Wien“ untersuchte der Architekt Peter Schubert die Möglichkeit Stroh als Dämmstoff im mehrgeschoßigen, urbanen Raum einzusetzen. Um dabei beim Bauen in der Stadt einen schnellen, einfachen Baustellenablauf zu ermöglichen, suchte er nach bestehenden, erprobten Technologien und fügte sie zu einem Bausystem auf Basis nachwachsender Rohstoffe zusammen. Im Interview mit Peter Schubert (11.10.2019) kristallisierten sich folgende Herausforderungen und Vorgehensweisen für den Einsatz von Stroh als Wärmedämmung im städtischen Kontext heraus:

Projekt

Wegweisend für die Planung des Projektes war die Erfüllung der OIB-Richtlinie 2 - Brandschutz. Bei sonstigen Strohbauprojekten handelt es sich meist um Gebäude der Gebäudeklasse 1, freistehend mit maximal drei oberirdischen Geschoßen, für die die OIB-RL 2 keine gehobenen Anforderungen an die Materialwahl stellt. Um ein Bausystem für innerstädtisches Bauen zu entwickeln, müssen jedoch die Anforderungen an die Gebäudeklasse 5 für das Errichten von bis zu sechs oberirdischen Geschoßen erfüllt werden. Dabei ist der Anspruch an tragende Bauteile, mindestens Feuerwiderstand R90 (vgl. OIB-RL 2 2019: 22) zu erreichen, durch zertifizierte Holzbausysteme verschiedenster Hersteller gedeckt. Die größere Herausforderung besteht darin, Stroh als Dämmstoff in der GK 5 einzusetzen. Gemäß der OIB-RL 2 (vgl. 2019: 20) müssen Dämmstoffe in Fassaden- und Dachkonst-

Brandschutz



Abb 72
Strohhäcksel-Einblasdämmung in Holzrahmenkonstruktion (Foto: DPM Holzdesign / dpm-gruppe.com)



Abb 73
holzius einstoffliche Vollholzwand, 18 cm (Foto: holzius / holzius.com)

StroHaus Wien

ruktionen in dieser Gebäudeklasse beim Brandverhalten mindestens Klasse B nach EN 13501-1 erreichen, was den Einsatz von unbehandelten Strohdämmstoffen (Brandklasse E) ausschließen würde. Für Fassadenkonstruktionen sieht die RL 2 jedoch eine Ausnahme vor: Wenn das Gesamtsystem die Anforderung B-d1 erfüllt, ist die Klassifizierung der einzelnen Materialien nicht relevant (vgl. OIB-RL 2 2019: 20). Somit kann Stroh als Dämmung in zertifizierten Wandkonstruktionen auch in der GK 5 eingesetzt werden. Für Dachkonstruktionen sieht die OIB Richtlinie jedoch keine Ausnahmeregelung vor, hier ist also keine Strohdämmung möglich.

Konstruktiver Ausgangspunkt des Studienprojektes sind vorgefertigte Massivholzelemente, die den oben geforderten Feuerwiderstand R 90 erfüllen. In der Planung wurde dabei eine einstoffliche, also leim- und metallfreie, Ausführung angedacht, wie sie beispielsweise die Firma holzius herstellt. Hier erreicht eine 18 cm starke Vollholzwand die Klassifizierung REI-M 90. Eine 12 cm Vollholzwand mit 3 cm Lehm auf der beflamnten Seite erlangt sogar REI-M 120 und übertrifft damit die Forderung der Brandschutz-Richtlinie (vgl. holzius 2017: 89 f.). Das bedeutet für das Projekt, dass sowohl eine 18er Wand in Sichtqualität als auch eine raumseits mit Lehm verputzte 12er Wand ausgeführt werden können.

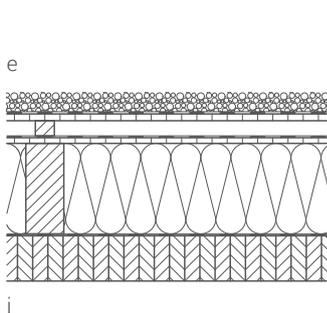
Bei der darauffolgenden Überlegung, wie nun Stroh als Dämmmaterial außen an den Massivholzwänden angebracht werden kann, kam Schubert zu dem Ergebnis, dass Stroh in Form von Einblasdämmung den Herausforderungen des städtischen Bauens am besten begegnet (siehe nachfolgender Abschnitt ‚Strohhäcksel Einblasdämmung‘). Für das Einblasen von Dämmstoff muss den Massivholzelementen eine Holzrahmen-Ebene vorgelagert werden, die mit abschließender Außenbeplankung die auszudämmenden Kammern bildet. Aus der ausführungstechnischen Notwendigkeit entsteht somit ein statisches Hybridsystem aus Holzmassiv- und Holzrahmenbau, das Spielraum in der Dimensionierung bietet. Bei größerer Dämmstärke und somit tieferen Holzrahmenelementen kann die Massivholzplatte – mit Bedacht auf die Anforderung an den Feuerwiderstand – schlanker dimensioniert, bzw. die Breite und der Achsabstand der Holzrahmenelemente verändert werden.

Hybridsystem

AD StroHaus

Außendecke zu Kaltdach

(Schubert 2019)



d_s [cm]	Layer Description	Properties
0,1	Kaltdachaufbau Hinterlüftung	- wasser- u. winddicht, diff.offen, verklebt - diffusionsoffen
1,5	Unterdeckbahn	
1,5	Unterdeckplatte, Holzfaser	
24,0	Dämmung, Zellulose / Holzrahmen, Fichte	
<0,1	Dampfbremse	- luftdicht, dampfbr., verklebt
12,0	Brettstapeldecke, Fichte, Sicht	

U
0,153
[W/(m²K)]

d
37,6
[cm]

$m_{w,B,A}^{(innen)}$
34,8
[kg/m²]

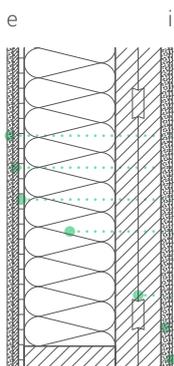
m'
90,6
[kg/m²]

$\Delta OI3_{BG1}$
12,52
[Pkt/m²]

AW StroHaus

Außenwand

(Schubert 2019)



d_s [cm]	Layer Description	Properties
1,5	Außenputz, Kalk, zweilagig	- winddicht, diffusionsoffen
1,5	Putzträgerplatte, Leichtbeton	- diffusionsoffen
1,5	Unterdeckplatte, Holzfaser	- diffusionsoffen
24,0	Strohhäckseldämmung / Holzrahmen, Fichte	
12,0	Massivholz, einstofflich, Fichte	- luftdicht, dampfbr., verklebt
2,2	Lehmbauplatte	- Installationsebene
0,8	Lehmdünnputz, armiert	

U
0,174
[W/(m²K)]

d
43,5
[cm]

$m_{w,B,A}^{(innen)}$
39,9
[kg/m²]

m'
161,7
[kg/m²]

$\Delta OI3_{BG1}$
30,87
[Pkt/m²]

StroHaus Wien

Die 12 cm starke Vollholzwand von holzius ist ohne zusätzliche Folien luftdicht (vgl. holzius 2017: 95) und bildet gemeinsam mit dem Lehmputz an der Rauminnenseite eine dampfbremsende Ebene. Nach außen wird die Konstruktion diffusionsoffener. Der Massivholzwand sind 24 cm tiefe Fichtensteher vorgelagert und durch Beplankung mit diffusionsoffenen Holzfaser-Unterdeckplatten entstehen Kammern für eine Stroh-Infill-Dämmung. Es wäre zwar grundsätzlich möglich, auf der Außenseite der Holzrahmen direkt Putzträgerplatten zu montieren, jedoch bedarf es einer Beplankung, die dem hohen Druck beim Einblasen standhält. Für die Druckaufnahme eignen sich beispielsweise Holzfaser-Unterdeckplatten. Darauf können Putzträgerplatten oder eine Hinterlüftungsebene folgen. Bei der Planung des Stadthauses „StroHaus Wien“ wurde als Putzträger eine zementgebundene, diffusionsoffene Brandschutzplatte (fermacell Powerpanel) ausgewählt.

Mit diesem Fassadensystem wurde dann eine Klassifizierung zum Brandverhalten durchgeführt, um, wie oben beschrieben, das von der OIB-Richtlinie 2 geforderte Brandverhalten zu belegen und somit den Weg für die Einreichung des Projektes zu ebnen. Der Wandaufbau wurde von der Firma DPM Holzdesign als Bauprodukt „ISO-Stroh C15“ bei der MA39 zur Zertifizierung gebracht. Dieser besteht aus: fermacell Powerpanel H₂O (12,5 mm), DHF-Platte (21 mm), Fichtensteher (240 mm x 80 mm), ISO-Stroh 043 Einblasdämmung (240 mm), OSB/3 (18 mm). Dabei erreichte das Bauprodukt beim Brandverhalten die Klassifizierung B-s1,d0 (vgl. DPM 2021). Die von der OIB RL 2 geforderte Mindestanforderung B-d1 an das Gesamtsystem ist somit erfüllt und der Fassadenaufbau darf beim innerstädtischen Bauen in der Gebäudeklasse 5 ausgeführt werden.

Zertifiziertes
Fassadensystem

Klassifizierung
Brandverhalten
B-s1,d0

Strohhäcksel
Einblasdämmung

Saubere Verarbeitung

Im Vergleich zur Außendämmung mit Strohballen-Wrapping, wie beim Projekt S-House ausgeführt wurde, sprechen bei diesem Studienprojekt folgende Gründe für Stroh-Einblasdämmung:

-

Da im Bauprozess kein Baumaterial, also auch kein loses Stroh, von der Baustelle auf die Straße oder benachbarte Grundstücke gelangen darf, kam Peter Schubert zu dem Schluss, dass das Einblasen von Dämmmaterial in abgekapselte Hohlräume – abgesehen von vollständig vorgefertigten Elementen, deren Vorfabrikation jedoch durch die erforderliche Werkshalle teurer wäre – die sauberste Ausführungsmöglichkeit darstelle. Die Strohhäcksel werden in Säcken geliefert und direkt in die Einblasmaschine verfüllt. Im Vergleich dazu müssten Strohballen vor Ort gelagert und über die Baustelle transportiert werden, wobei ein Verstreuen des Materials schwer zu vermeiden wäre.

-

Übliche Bauweise

Ein weiterer Vorteil ist, dass die Verarbeitung wie bei Zellulose-Einblasdämmung erfolgt und somit von jedem Fachbetrieb für Einblasdämmung ausgeführt werden kann. Die Strohhäcksel werden dadurch zu einem herkömmlichen Baumaterial, das in einer Konstruktion, wie sie jede Zimmerei ausführen kann, zum Einsatz kommt. Dies ist Voraussetzung für ein ökonomisches Projekt, dessen Ausführung auch ausgeschrieben wird.

-

Einfache Verarbeitung

Hinzu kommen Zeit- und Kraftersparnis durch den maschinellen Einbau der Dämmung. Im Vergleich zum arbeitsintensiven Hantieren mit Strohballen ist der Vorgang beim Verarbeiten der Einblasdämmung weniger kraftaufwändig.

-

Dämmstärke

Die mit losem Dämmmaterial ausgedämmten Kammern sind in ihrer Tiefe variabel – im Gegensatz zum vorgegebenen, fixen Strohballenmaß. Um größere Dämmstärken zu realisieren ist das Arbeiten mit Einblasdämmung von Vorteil, da dickere Dämmplatten, bzw. Strohballen in der Verarbeitung unhandlich sind.

StroHaus Wien

Abb 74 Befüllen der Einblasmaschine mit Strohhäckseln (Foto: SonnenKlee / sonnenklee.at)



Abb 75 Einbringen der Strohhäcksel von außen, Verschalung mit Holzfaser-Unterdeckplatten (Foto: SonnenKlee / sonnenklee.at)

5

Bauteilvarianten im Vergleich

5.1 Überblick Bauteilaufbauten

Außenabschluss

winddicht

Schalung

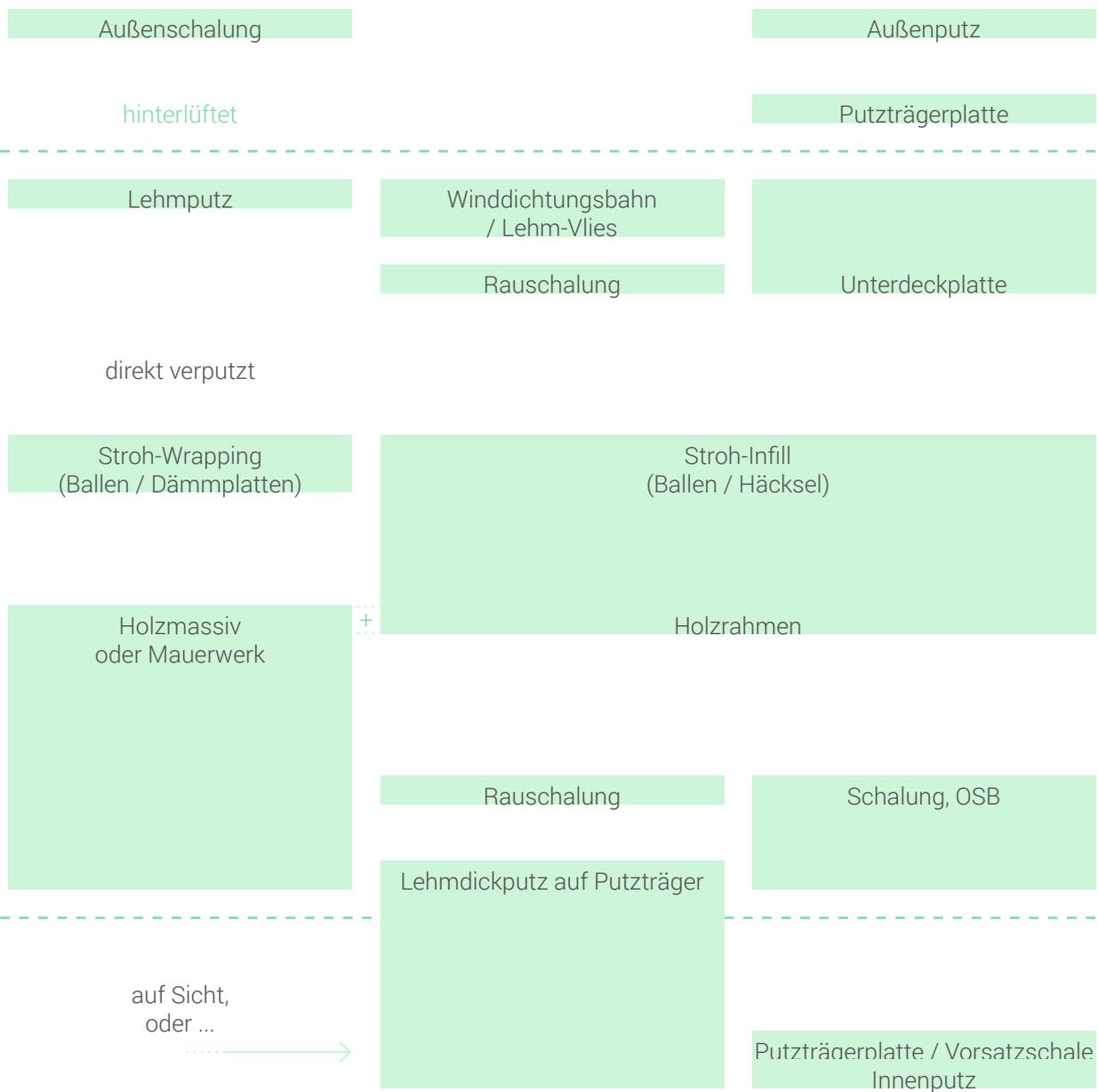
Dämmebene

Konstruktion

Schalung

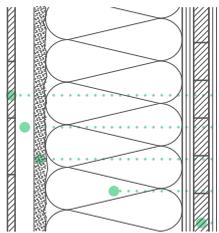
luftdicht

Installationsebene



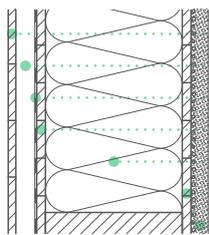
Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
 The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

5.2 Vergleichsvarianten



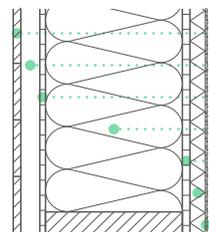
2,0	Außenschalung, Lärche
5,0	Hinterlüftung / Lattung, Fichte
3,0	Lehmputz, armiert, auf Strohbällen
36,0	Stroh-Wrapping
10,0	Massivholzplatte, Brettsperrholz / oder: einstofflich

AW V1, hinterlüftet



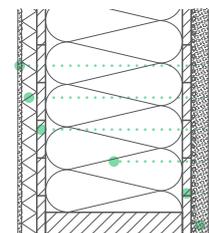
2,0	Außenschalung, Lärche
5,0	Hinterlüftung / Lattung, Fichte
0,5	Winddichtungsbahn, Lehm-Vlies mit Lehmschlämme
2,3	Rauschalung, Fichte
36,0	Stroh-Infill / Holzrahmen, Fichte
2,3	Rauschalung, Fichte
4,5	Lehmputz, armiert, auf Schilfstuckatur

AW V2, hinterlüftet



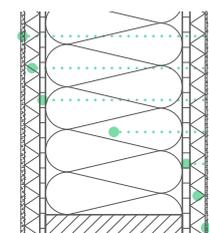
2,0	Außenschalung, Lärche
5,0	Hinterlüftung / Lattung, Fichte
1,5	Unterdeckplatte, Holzfaser
36,0	Stroh-Infill / Holzrahmen, Fichte
2,0	Schalung, OSB
4,0	Putzträgerplatte, Holzweichfaser
0,5	Lehmdünnputz, armiert

AW V3, hinterlüftet



1,0	Außenputz, Silikat
4,0	Putzträgerplatte, Holzweichfaser
2,3	Rauschalung, Fichte
36,0	Stroh-Infill / Holzrahmen, Fichte
2,3	Rauschalung, Fichte
4,5	Lehmputz, armiert, auf Schilfstuckatur

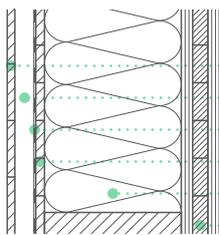
AW V2b, überdämmt



1,0	Außenputz, Silikat
4,0	Putzträgerplatte, Holzweichfaser
1,5	Unterdeckplatte, Holzfaser
36,0	Stroh-Infill / Holzrahmen, Fichte
2,0	Schalung, OSB
4,0	Putzträgerplatte, Holzweichfaser
0,5	Lehmdünnputz, armiert

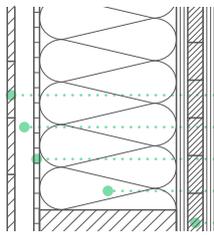
AW V3b, überdämmt

Hybridkonstruktionen:



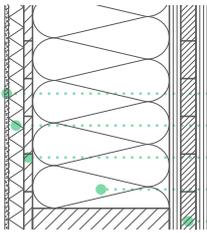
- 2,0 Außenschalung, Lärche
- 5,0 Hinterlüftung / Lattung, Fichte
- 0,5 Winddichtungsbahn, Lehm-Vlies mit Lehmschlämme
- 2,3 Rauschalung, Fichte
- 36,0 Stroh-Infill / Holzrahmen, Fichte
- 10,0 Massivholzplatte, Brettsperrholz / oder: einstofflich

AW V1 + 2



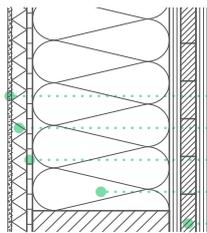
- 2,0 Außenschalung, Lärche
- 5,0 Hinterlüftung / Lattung, Fichte
- 1,5 Unterdeckplatte, Holzfaser
- 36,0 Stroh-Infill / Holzrahmen, Fichte
- 10,0 Massivholzplatte, Brettsperrholz / oder: einstofflich

AW V1 + 3



- 1,0 Außenputz, Silikat
- 4,0 Putzträgerplatte, Holzweichfaser
- 2,3 Rauschalung, Fichte
- 36,0 Stroh-Infill / Holzrahmen, Fichte
- 10,0 Massivholzplatte, Brettsperrholz / oder: einstofflich

AW V1 + 2b



- 1,0 Außenputz, Silikat
- 4,0 Putzträgerplatte, Holzweichfaser
- 1,5 Unterdeckplatte, Holzfaser
- 36,0 Stroh-Infill / Holzrahmen, Fichte
- 10,0 Massivholzplatte, Brettsperrholz / oder: einstofflich

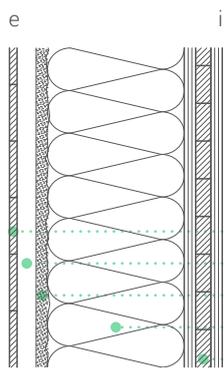
AW V1 + 3b

Holzmassiv + Stroh-Wrapping

AW V1

Außenwand hinterlüftet

Vergleichsprojekt:
S-House



d_s [cm]	
2,0	Außenschalung, Lärche
5,0	Hinterlüftung / Lattung, Fichte
3,0	Lehmputz, armiert, auf Strohballen
36,0	Stroh-Wrapping
10,0	Massivholzplatte, Brettsper Holz / oder: einstofflich

$\Delta OI3$ [Pkt/m ²]
0,59
-0,07
5,37
-2,54
17,41 / 2,42

U
0,120
[W/(m²K)]

d
56,0
[cm]

$m_{w,B,A}^{(innen)}$
35,5
[kg/m²]

m'
148,7
[kg/m²]

$\Delta OI3_{BG1}$
20,76 / 5,77
[Pkt/m²]

AW V1

Eignung

/ Stroh-Wrapping: gebundene, formstabile Strohballen und Strohdämmplatten, punktuell befestigt oder klassisches WDVS mit Strohdämmplatten

- homogene Dämmebene

/ Vorfertigung geschoßhoher Massivholzelemente, Stroh-Wrapping vor Ort

/ Luft- und winddichte Konstruktion ohne Kunststofffolien mittels Massivholzplatten-innen und Lehmputz-außen

- Dichtbänder für Bauteilübergänge

/ Trennung von Installations- und Luftdichtebene
Installationsführung unabhängig vor der dampfbremsenden, luftdichten Ebene (Massivholzplatte)

/ Massivholzwand innen

- fertige Sichtoberfläche
- keine erhöhte speicherwirksame Masse an der Bauteilinnenseite (kann mit Lehm dickputz innen ergänzt werden)

/ Lehmputz außen

- Direktputz auf Strohballen/-platten
- kapillar leitfähige Schicht, hält die Strohdämmung trocken
- erhöhter Brandschutz

Ausführungshinweise

/ Witterungsschutz bei Stroheinbau
Stroh-Wrapping wird vor Ort an der exponierten Bauteilaußenseite ausgeführt. Weit auskragende Dachüberstände bieten schon während dem Anbringen der Strohdämmung Witterungsschutz

/ Vorfertigungsmöglichkeit: Kastenelemente, bei denen dünne Stege als Rahmenkonstruktion an die Massivholzelemente angefügt werden. Strohballendämmung kann dadurch bereits während der Vorfertigung eingefügt werden

/ Strohballen-Wrapping abhängig von der Verfügbarkeit geeigneter, rechteckiger und ausreichend formstabiler Kleinballen oder Strohdämmplatten

/ Direktputz auf homogener Strohballenebene als idealer Putzuntergrund. Ebene Strohoberfläche zur Vermeidung von Mehrdicken beim Putzauftrag. Für Rissfreiheit ist das Einlegen eines Armierungsgewebes essenziell

/ Installationsführung in Kanälen und Vorsatzschalen vor der luftdichten Massivholzebene oder in vorgefertigt eingefrästen Kanälen unter der inneren Sichtholzlage

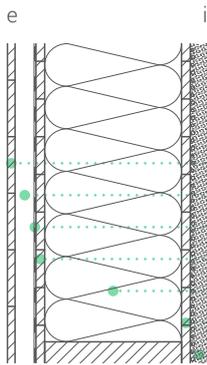
/ Fassade: hinterlüftete Fassadenschalung schützt den Lehmputz vor direkter Bewitterung

Holzrahmen + Stroh-Infill

AW V2

Außenwand hinterlüftet

Vergleichsprojekt:
Lopas, vivihouse-innen



d_s [cm]		$\Delta OI3$ [Pkt/m ²]
2,0	Außenschalung, Lärche	0,59
5,0	Hinterlüftung / Lattung, Fichte	-0,07
0,5	Winddichtungsbahn, Lehm-Vlies mit Lehmschlämme	0,89
2,3	Rauschalung, Fichte	-0,44
36,0	Stroh-Infill / Holzrahmen, Fichte	-1,29
2,3	Rauschalung, Fichte	-0,44
4,5	Lehmputz, armiert, auf Schilfstuckatur	8,05

U
0,143
[W/(m²K)]

d
52,6
[cm]

$m_{w,B,A}^{(innen)}$
85,3
[kg/m²]

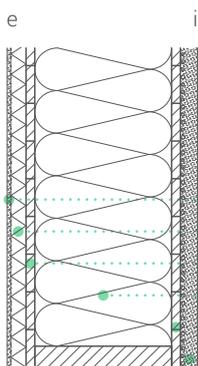
m'
171,9
[kg/m²]

$\Delta OI3_{BG1}$
7,29
[Pkt/m²]

AW V2b

Außenwand überdämmt

Vergleichsprojekt:
Lopas-innen, vivihouse-innen



d_s [cm]		$\Delta OI3$ [Pkt/m ²]
1,0	Außenputz, Silikat	15,12
4,0	Putzträgerplatte, Holzweichfaser	8,09
2,3	Rauschalung, Fichte	-0,44
36,0	Stroh-Infill / Holzrahmen, Fichte	-1,29
2,3	Rauschalung, Fichte	-0,44
4,5	Lehmputz, armiert, auf Schilfstuckatur	8,05

U
0,130
[W/(m²K)]

d
50,1
[cm]

$m_{w,B,A}^{(innen)}$
85,3
[kg/m²]

m'
178,2
[kg/m²]

$\Delta OI3_{BG1}$
29,09
[Pkt/m²]

AW V2, V2b

Eignung

/ Stroh-Infill: Strohballen sowie lose Ballenlagen und Strohhäckselämmung

/ Vorfertigung geschoßhoher, steckfertiger Elemente

/ Luft- und winddichte Konstruktion ohne Kunststofffolien mittels Lehmputz und lehmgeschlammtem Flachsvlies (Lehm-Vlies)

- Lehm-Vlies ersetzt technische Folien als Winddichtungsbahn
- Bauteilübergänge können mit Lehm-Vlies-Verklebung oder konventionellen Dichtbändern abgedichtet werden

/ Lehmeinkapselung innen und außen

- luftdichte und winddichte Hülle
- ständige kapillare Entfeuchtung der Holz-Stroh-Konstruktion
- erhöhter Brandschutz

/ Lehm dickputz innen

- luftdichte Ebene zugleich Installationsebene
- speicherwirksame Masse, Bauteilaktivierung durch eingeputzte Wandheizung/-kühlung
- fertige Sichtoberfläche, einfache Instandhaltung durch punktuellen Ausbessern des Lehmputzes

Ausführungshinweise

/ Witterungsschutz bei Stroheinbau

- Vorfertigung gedämmter, fertig verschalter Wandelemente – Einbringen der Strohdämmung in der Werkshalle
- vor Ort: wetterunabhängiges Einbringen der Strohballendämmung vom Gebäudeinneren aus, zuvor Ausführung der witterungsgeschützten Verschalung an der Außenseite

/ Vorfertigung ganzer Elemente

- inklusive Lehm-Vlies-Abdichtung und erster Lehmputzschicht an der Bauteilinnenseite
- Lehmfeinputz wird nach Montage der Elemente vor Ort aufgebracht
- Bauteilanschlüsse werden mit technischen Dichtbändern oder Lehm-Vlies-Abdichtung verklebt

/ Luftdichte Lehmputzschicht innen

- Luftdichtheit durch Rissfreiheit: Armierungsgewebe im Lehmputz
- zusätzliche Sicherheit durch Abdichtung zwischen Rauschalung und Lehmputz: Verklebung eines Lehm-Vlieses auf der Rauschalung
- sorgfältiges Abdichten von Konstruktionsübergängen: Lehm-Vlies oder konventionelle Dichtbänder werden miteingeputzt
- Installationsführung in der luftdichten Lehmputzschicht – sorgfältige Abdichtung der Installationsdurchbrüche essenziell

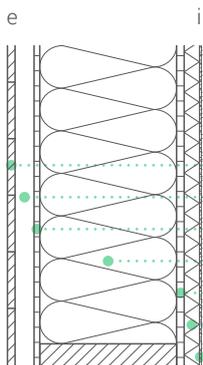
/ Fassade: hinterlüftete Fassadenschalung oder Überdämmung der Holzrahmenkonstruktion mit Putzträgerplatten

Holzrahmen + Stroh-Infill

AW V3

Außenwand hinterlüftet

Vergleichsprojekt:
vivihouse-außen, StrohSolSan-innen



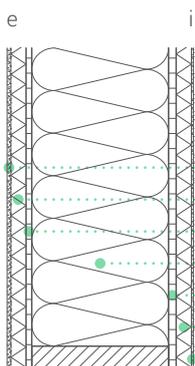
d_s [cm]		$\Delta OI3$ [Pkt/m ²]
2,0	Außenschalung, Lärche	0,59
5,0	Hinterlüftung / Lattung, Fichte	-0,07
1,5	Unterdeckplatte, Holzfaser	6,75
36,0	Stroh-Infill / Holzrahmen, Fichte	-1,29
2,0	Schalung, OSB	4,47
4,0	Putzträgerplatte, Holzweichfaser	8,09
0,5	Lehmdünnputz, armiert	0,89

U 0,131 [W/(m ² K)]	d 51,0 [cm]	$m_{w,B,A}^{(innen)}$ 24,7 [kg/m ²]	m' 103,7 [kg/m ²]	$\Delta OI3_{BG1}$ 19,43 [Pkt/m ²]
--	---------------------	---	---------------------------------------	--

AW V3b

Außenwand überdämmt

Vergleichsprojekt:
StrohSolSan



d_s [cm]		$\Delta OI3$ [Pkt/m ²]
1,0	Außenputz, Silikat	15,12
4,0	Putzträgerplatte, Holzweichfaser	8,09
1,5	Unterdeckplatte, Holzfaser	6,75
36,0	Stroh-Infill / Holzrahmen, Fichte	-1,29
2,0	Schalung, OSB	4,47
4,0	Putzträgerplatte, Holzweichfaser	8,09
0,5	Lehmdünnputz, armiert	0,89

U 0,120 [W/(m ² K)]	d 49,0 [cm]	$m_{w,B,A}^{(innen)}$ 24,7 [kg/m ²]	m' 118,5 [kg/m ²]	$\Delta OI3_{BG1}$ 42,12 [Pkt/m ²]
--	---------------------	---	---------------------------------------	--

AW V3, V3b

Eignung

/ Stroh-Infill: Strohballen sowie lose Ballenlagen und Strohhäckselämmung

/ Vorfertigung geschoßhoher, steckfertiger Elemente

/ Luft- und winddichte Konstruktion ohne Kunststofffolien mittels Holzwerkstoffplatten
- Dichtbänder für Bauteilübergänge

/ Trennung von Installations- und Luftdichtebene
Installationsführung unabhängig vor der dampfbremsenden, luftdichten Ebene (OSB)

/ Lehm dünnputz innen
- fertige Sichtoberfläche, einfache Instandhaltung durch punktuellen Ausbessern des Lehmputzes
- keine erhöhte speicherwirksame Masse an der Bauteilinnenseite
- Lehm dünnputz auf Putzträgerplatte als kostengünstigere Alternative zu Lehm dickputz. Bietet optische und haptische Qualitäten eines Lehmputzes, jedoch ohne Speicher- und Ausgleichwirkung

Ausführungshinweise

/ Witterungsschutz bei Stroheinbau
- Vorfertigung gedämmter, fertig verschalter Wandelemente – Einbringen der Strohdämmung in der Werkshalle
- vor Ort: wetterunabhängiges Einbringen der Strohballendämmung vom Gebäudeinneren aus, zuvor Verschalung der Bauteilaußenseite mit regensicheren Holzfaserver-Unterdeckplatten, wodurch Witterungsschutz schon vor Fertigstellung der Fassade besteht
- späteres Befüllen der abgeschlossenen Bauteile mit Strohhäcksel-Einblasdämmung. OSB und Unterdeckplatten sind geeignete Verschalungen, die dem Einblasdruck standhalten

/ Abdichtung der Bauteilübergänge und Plattenstöße der inneren luftdichten, dampfbremsenden (OSB) und äußeren winddichten, diffusions-offenen Ebene (Holzfaserplatte) mit technischen Klebebändern

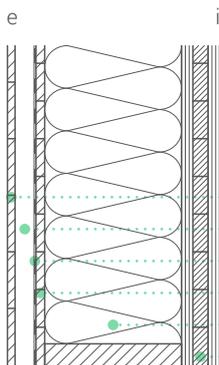
/ Fassade: hinterlüftete Fassadenschalung oder Überdämmung der Holzrahmenkonstruktion mit Putzträgerplatten

Holzmassiv + Holzrahmen + Stroh-Infill

AW V1 + 2

Außenwand hinterlüftet

Vergleichsprojekt:
Holzmassiv + Lopas-außen



d_s [cm]		$\Delta OI3$ [Pkt/m ²]
2,0	Außenschalung, Lärche	0,59
5,0	Hinterlüftung / Lattung, Fichte	-0,07
0,5	Winddichtungsbahn, Lehm-Vlies mit Lehmschlämme	0,89
2,3	Rauschalung, Fichte	-0,44
36,0	Stroh-Infill / Holzrahmen, Fichte	-1,29
10,0	Massivholzplatte, Brettsper Holz / oder: einstofflich	17,41 / 2,42

U
0,132
[W/(m²K)]

d
55,8
[cm]

$m_{w,B,A}^{(innen)}$
35,3
[kg/m²]

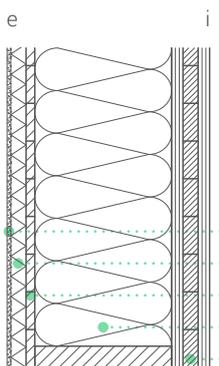
m'
131,9
[kg/m²]

$\Delta OI3_{BG1}$
17,09 / 2,10
[Pkt/m²]

AW V1 + 2b

Außenwand überdämmt

Vergleichsprojekt:
Holzmassiv + StrohSolSan-außen



d_s [cm]		$\Delta OI3$ [Pkt/m ²]
1,0	Außenputz, Silikat	15,12
4,0	Putzträgerplatte, Holzweichfaser	8,09
2,3	Rauschalung, Fichte	-0,44
36,0	Stroh-Infill / Holzrahmen, Fichte	-1,29
10,0	Massivholzplatte, Brettsper Holz / oder: einstofflich	17,41 / 2,42

U
0,120
[W/(m²K)]

d
53,3
[cm]

$m_{w,B,A}^{(innen)}$
35,4
[kg/m²]

m'
138,2
[kg/m²]

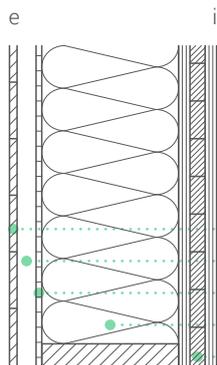
$\Delta OI3_{BG1}$
38,89 / 23,90
[Pkt/m²]

AW V1 + 2 / 2b / 3 / 3b

AW V1 + 3

Außenwand hinterlüftet

Vergleichsprojekt:
Holzmassiv + vivihouse-außen



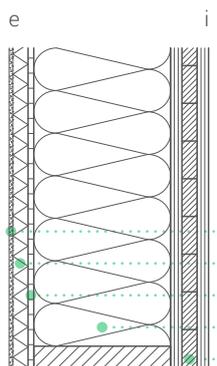
d_s [cm]		$\Delta OI3$ [Pkt/m ²]
2,0	Außenschalung, Lärche	0,59
5,0	Hinterlüftung / Lattung, Fichte	-0,07
1,5	Unterdeckplatte, Holzfaser	6,75
36,0	Stroh-Infill / Holzrahmen, Fichte	-1,29
10,0	Massivholzplatte, Brettsper Holz / oder: einstofflich	17,41 / 2,42

U 0,133 [W/(m ² K)]	d 54,5 [cm]	$m_{w,B,A}^{(innen)}$ 35,3 [kg/m ²]	m' 121,5 [kg/m ²]	$\Delta OI3_{BG1}$ 23,39 / 8,40 [Pkt/m ²]
--	---------------------	---	---------------------------------------	---

AW V1 + 3b

Außenwand überdämmt

Vergleichsprojekt:
Holzmassiv + StrohSolSan-außen



d_s [cm]		$\Delta OI3$ [Pkt/m ²]
1,0	Außenputz, Silikat	15,12
4,0	Putzträgerplatte, Holzweichfaser	8,09
1,5	Unterdeckplatte, Holzfaser	6,75
36,0	Stroh-Infill / Holzrahmen, Fichte	-1,29
10,0	Massivholzplatte, Brettsper Holz / oder: einstofflich	17,41 / 2,42

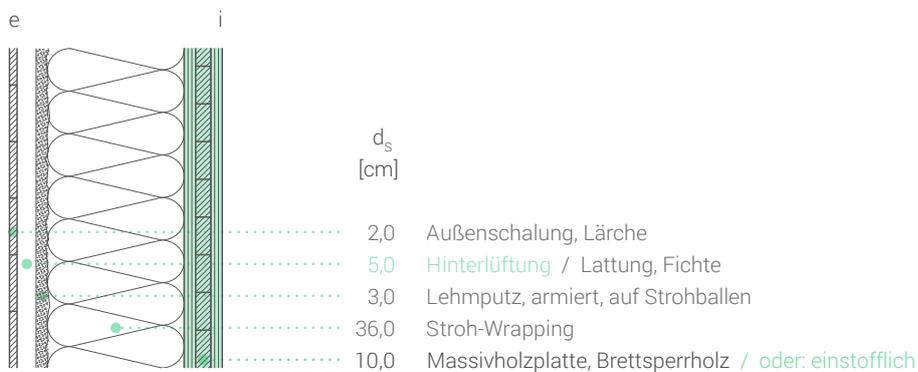
U 0,121 [W/(m ² K)]	d 52,5 [cm]	$m_{w,B,A}^{(innen)}$ 35,4 [kg/m ²]	m' 136,3 [kg/m ²]	$\Delta OI3_{BG1}$ 46,08 / 31,09 [Pkt/m ²]
--	---------------------	---	---------------------------------------	--

5.3 Vergleiche

Innen – luftdichte, dampfbremsende Ebene



AW V1



Innen – luftdichte, dampfbremsende Ebene

Bei dieser Variante bilden tragende Massivholzplatten, die an den Plattenstößen abgedichtet werden, den inneren, luftdichten und dampfbremsenden Raumabschluss, sowie eine fertige Raumbofläche aus Sichtholz.

Installationen können, wie beim Projekt „S-House“, der Massivholzebene vorgelagert, in Vorsatzschalen und Kabeltassen und -kanälen geführt werden. Dadurch ergibt sich eine Flexibilität in der späteren Nutzung des Gebäudes, da die Installationsführung jederzeit verändert werden kann.

Bei der Vorfertigung von mehrschichtigen Massivholzplatten kann die Installationsführung bereits unter der obersten Sichtholzschicht eingefräst werden, wodurch die genaue Position aller Anschlüsse schon vor Produktionsbeginn festgelegt sein muss.

Zusätzlich zur Massivholzebene kann innen auf verschiedenen Ausbauplatten, beispielsweise aus Holzweichfaser oder Lehm, eine verputzte Oberfläche hergestellt werden, die zugleich als Installationsebene dient. Lehm- und Gipsbauplatten tragen zudem zu verbessertem Brandschutz bei (siehe Projekt „StroHaus Wien“).

Massivholzplatte

AW V1 – Innen

Massivholzplatten bilden luftdichte, dampfbremsende Ebene, zugleich Tragebene und fertige Sichtoberfläche. Plattenstöße werden luftdicht verklebt. Installationsführung wird vorgelagert oder eingefräst.

Abb 76

Brettsperreholzelemente werden zu einer luftdichten Konstruktion zusammengesetzt, S-House (Foto: GrAT)

Abb 77

Brettsperreholzwände innen auf Sicht, S-House (Foto: GrAT)



Abb 78 Dichtungsbänder für Übergang zwischen Holz und Lehmputz, Schilfstuckatur als Putzträger

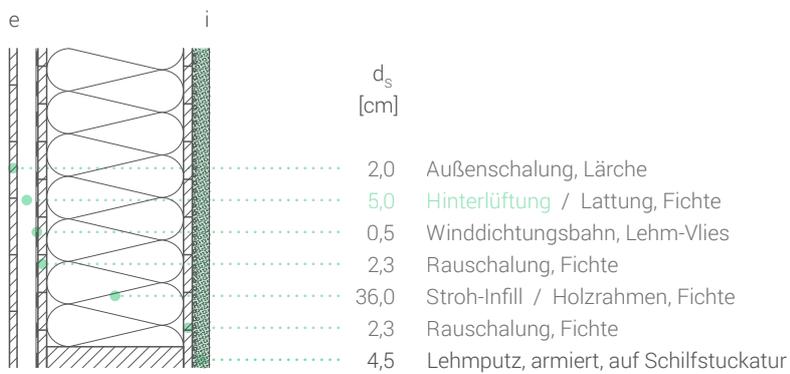


Abb 79 Lehmputz, armiert, Installationsdurchbruch in Lehm eingeputzt



Abb 80 Lehmputz auf Schilfstuckatur, Dichtungsbänder miteingeputzt

AW V2



Innen – luftdichte, dampfbremsende Ebene

Bei der Vergleichsvariante 2 bildet mehrlagiger, armierter Lehmputz eine luftdichte, dampfbremsende Schicht an der Rauminnenseite, die jedoch zugleich als Installationsebene genutzt wird. In der Fläche wird die Rissfreiheit des Lehmputzes, und damit Luftdichtheit, durch das eingesetzte Armierungsgewebe hergestellt. Bei den Bauteilen von Lopas wird zusätzlich auf der Rauschalung eine speziell entwickelte Verklebung mit Lehm-Flachsvlies aufgebracht, die unter dem Lehmputz gesondert für Luftdichtheit sorgt. Besonderes Augenmerk muss auf die saubere Ausführung von Bauteilanschlüssen und Installationsdurchbrüchen gelegt werden. Bei Bauteilübergängen, wie beispielsweise im Bereich der Fensterlaibungen, wird daher auf die Abdichtung mit technischen Klebebändern gesetzt. Als Träger des Lehmputzes dient meist Schilfstuckatur, die mit Metallklammern auf den Schalungsbrettern befestigt wird. Durch die Installation einer Wand- bzw. Deckenheizung entsteht die Möglichkeit, die Speichermasse des Lehmputzes zu aktivieren.

Lehminnenputz

AW V2 – Innen

Lehmputz ist luftdichte, dampfbremsende Schicht und zugleich Installationsebene. Durchdringungen müssen sorgfältig abgedichtet und Armierungsgewebe für Rissfreiheit eingelegt werden. Bei Übergängen von Lehmputz zu Holzkonstruktion werden Dichtungsbänder miteingeputzt.

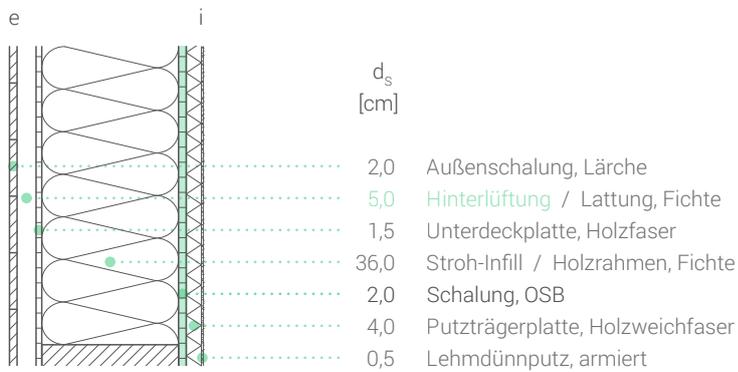


Abb 81 Einblasöffnung in OSB-Schalung innen, Bauteilübergang mit Dichtungsband (Foto: DPM Holzdesign / dpm-gruppe.com)



Abb 82 Strohballen in Holzrahmen, Verschalung innen mit OSB (Foto: Herbert Gruber / strohnatur.at)

AW V3



Innen – luftdichte, dampfbremsende Ebene

Bei der rauminnenseitigen Verschalung mit OSB stellen die Stoßverklebten Platten die luftdichte, dampfbremsende Ebene dar. Da die Platten zur Herstellung einer Sichtoberfläche beispielsweise mit Putzträgerplatten aus Holzweichfaser oder Lehm beplankt werden, die zudem die Installationsebene bilden, können die Installationen raumseits vor der luftdichten Ebene, ohne Durchdringung dieser, geführt werden.

Auf den Putzträgerplatten ist es möglich, eine dünne Lehmspachtelung auszuführen, welche die optische Qualität von Lehm bietet, jedoch im Verhältnis zu Leimdickputz kostengünstiger ausgeführt werden kann. Generell bilden Lehmputze eine fertige Oberfläche und müssen nicht noch überstrichen werden. Dadurch können bei kleineren Schäden punktuelle Korrekturen vorgenommen werden, ohne ein ganzes Wandstück neu zu streichen (Interview Schuller 2019).

OSB

AW V3 – Innen

OSB-Platten mit abgedichteten Stößen bilden luftdichte, dampfbremsende Ebene. Durch vorgelagerte Installationsführung werden Durchdringungen der Dichtebene vermieden.

Außen – winddichte, diffusionsoffene Ebene



Abb 83 Lehmputz mit hinterlüfteter Fassadenschalung, S-House (Foto: Architekten Scheicher / scheicher.at)

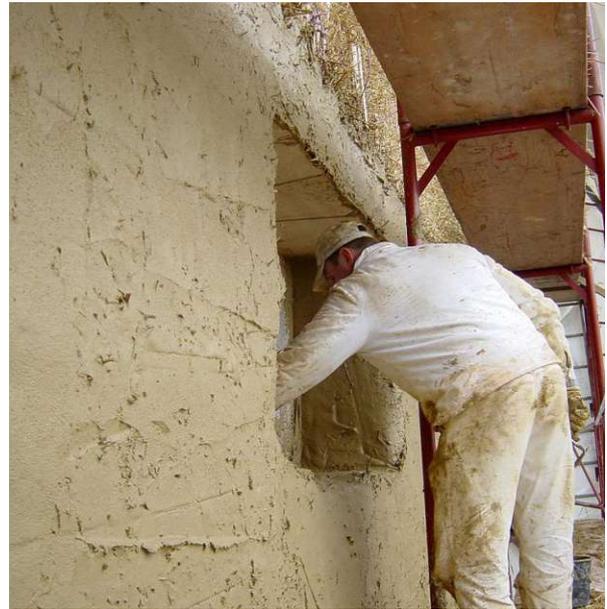
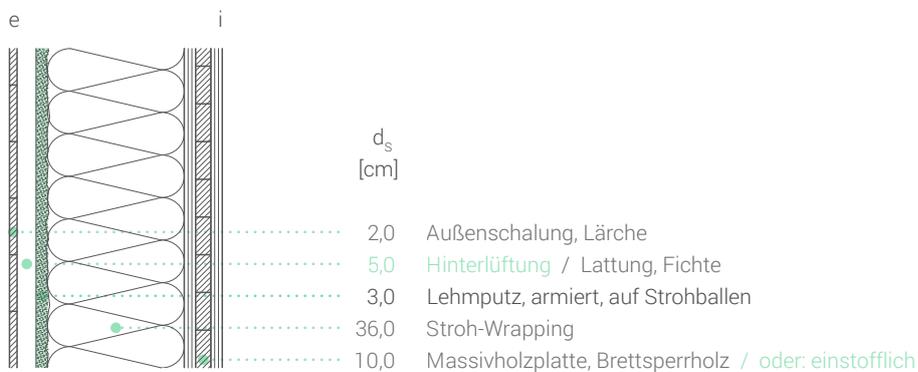


Abb 84 Lehmputz auf Strohballen-Wrapping-Dämmebene, S-House (Foto: GRAT)

AW V1



Außen – winddichte, diffusionsoffene Ebene

Lehmaußenputz

Bei der Vergleichsvariante 1 übernimmt eine Lehmaußenputzschicht die Funktion der diffusionsoffenen Windabdichtung. Der Lehm kann direkt auf ebene Strohoberflächen aufgespritzt oder händisch angeworfen werden. Die strukturierte Oberfläche der zu Ballen oder Platten gepressten Strohhalme ergibt einen idealen Untergrund für die Haftung des Lehmputzes.

Um die Luftdichtheit des Lehmputzes durch Rissfreiheit sicherzustellen, wird dieser standardmäßig mit Armierungsgewebe versehen.

Durch eine vorgesetzte Fassadenschalung bleibt der Lehmputz vor Witterungseinflüssen geschützt. Der Lehm-Direktverputz kann dank der Sorptionsfähigkeit des Lehms Feuchtigkeit aus der Strohdämmung zur angrenzenden Hinterlüftungsebene ableiten, wo diese mit der Luftströmung abtransportiert wird. Zudem trägt die nicht-brennbare Lehmschicht zum Brandschutz der Konstruktion bei (vgl. Wagner et al. o. J.: 32).

Als Außenputz ohne Verschalung sollte Lehmputz durch andere bauliche Maßnahmen, wie Dachüberstände, schützende Bepflanzung vor der Fassade oder nahestehende Nachbargebäude, vor Schlagregen geschützt werden. Um die witterungsbedingte Erosion zu verlangsamen, wird Lehmputz mittels Zuschlagsstoffen stabilisiert. Im Regelfall ist für die unverschaltete Außenanwendung jedoch Kalkputz, der auch direkt auf Strohballen aufgetragen werden kann, vorzuziehen (vgl. Minke und Krick 2014: 62).

AW V1 – Außen

Winddichtung mit Lehmdickputz, Direktauftrag auf Strohoberfläche. Rissfreiheit durch Armierungsgewebe im Lehmputz sowie homogene Oberfläche der Stroh-Wrapping-Ebene.



Abb 85
Lehmgeschlämmtes Flachsvlies auf Rauschalung,
Schaubaustelle der GrAT in Böhmeikirchen



Abb 86
Winddichtung mit Baupapier, Schaubaustelle der GrAT
in Böhmeikirchen

AW V2



Außen – winddichte, diffusionsoffene Ebene

Bei Variante 2 übernimmt eine diffusionsoffene Winddichtungsbahn die Abdichtung an der Bauteilaußenseite. Um auf herkömmliche Folien zu verzichten, wird beim Außenwand-System von Lopas ein Lehm-Flachsvlies mit Lehmschlämme auf die Rauschalung aufgetragen. Zum Schutz dieser Lehm-Abdichtung eignet sich eine vorgesezte, hinterlüftete Fassadenschalung.

Winddichtungsbahn

AW V2 – Außen

Winddicht durch Verklebung eines lehmgeschlammten Flachsvlieses auf der Rauschalung. Lehm-Vlies oder Baupapier als Alternativen zu Winddichtungsbahnen aus Kunststoff.

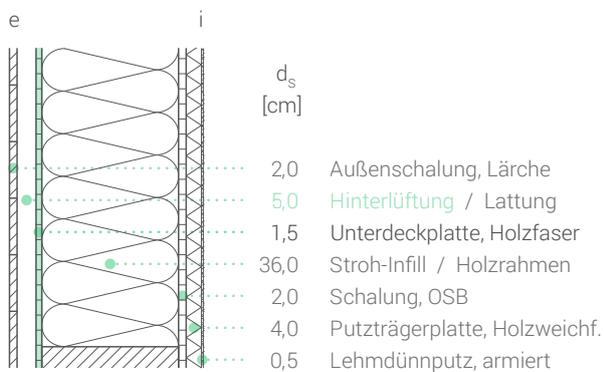


Abb 87 Sukzessives Befüllen der vorgelagerten Holzkonstruktion, Verschalung mit Holzfaser-Unterdeckplatten (Foto: ASBN / baubiologie.at)

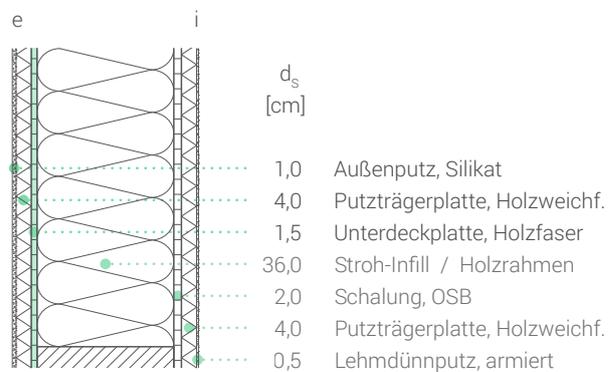


Abb 88 Befüllen der Holzkonstruktion von innen, Verschalung außen mit Holzfaser-Unterdeckplatten (Foto: Herbert Gruber / strohnatur.at)

AW V3



AW V3b



Außen – winddichte, diffusionsoffene Ebene

In der dritten Variante dient die Beplankung mit diffusionsoffenen Holzfaser-Unterdeckplatten dem winddichten Abschluss der Holzrahmenkonstruktion. Dabei werden die Plattenstöße mit technischen Klebebändern abgedichtet.

Der Fassadenabschluss wird entweder mit einer hinterlüfteten Holzschalung oder mit Außenputz auf Putzträgerplatten hergestellt. Ein möglicher Putzuntergrund aus Holzweichfaserplatten dient dabei zusätzlich als Überdämmung der inhomogen gedämmten Holzrahmenkonstruktion. Als weitere Möglichkeit können zementgebundene Putzträgerplatten zur Erhöhung des Brandschutzes, wie beim Projekt „StroHaus Wien“, ausgewählt werden.

Obwohl die Holzrahmenkonstruktion auch direkt, ohne vorheriges Anbringen von Holzfaser-Unterdeckplatten, mit Putzträgerplatten abgeschlossen werden könnte, macht es Sinn, diese zusätzliche Schicht der Holzfaserplatte zwischen Tragwerk und Putzträgerplatte einzufügen. Zum einen stellen die Holzfaserplatten eine regensichere Unterdeckung noch vor Fertigstellung der Fassade dar. Zum anderen lassen sich Abdichtungsanschlüsse zwischen Bauteilen, wie beispielsweise der Übergang von Sockelabdichtung zu Holzleichtbau, mittels Verklebung auf dieser Ebene einfach herstellen (siehe Projekt „StrohSolSan“). Auf den fertig abgedichteten Bauteilen können dann Putzträgerplatten montiert oder eine hinterlüftete Fassadenschalung vorgehängt werden.

Holzfaser-Unterdeckplatte

AW V3/b – Außen

Winddichte Verschalung mit Holzfaser-Unterdeckplatten. Abdichtung der Plattenstöße und Bauteilübergänge mit technischen Klebebändern.

Dämmung – Stroheinbaumöglichkeiten



Abb 89 Strohballe-Wrapping vor Massivholzkonstruktion, S-House (Foto: GrAT)



Abb 90 WDVS mit Strohdämmplatten auf Bestandsmauerwerk (Foto: Maxit / maxit-strohpanel.de)

AW V1



Dämmung – Stroheinbaumöglichkeiten

Stroh-Wrapping

Bei der Strohballen-Wrapping-Methode, wie sie bei der Bauteilvariante 1 gemäß dem S-House-System zur Anwendung kommt, wird der Strohdämmstoff als umhüllende, wärmebrückenfreie Schicht einer tragenden Wandscheibe vorgelagert und zugleich als homogener Putzuntergrund genutzt. Die rechteckigen Baustrohballen können somit wie im klassischen Wärmedämmverbundsystem eingesetzt werden. Als Alternative zu geeigneten Strohballen, deren Verfügbarkeit von den selten gewordenen Kleinballenpressen abhängt (Interview Krug 2018), können auch industriell gefertigte Strohdämmplatten in diesem System Anwendung finden.

Da der Dämmstoff beim äußeren Umhüllen der Konstruktion gegenüber Witterungseinflüssen exponiert ist, muss die Dämmung bis zur Fertigstellung der Fassade mittels Abdeckfolien vor Schlagregen geschützt werden. Ein weit auskragender Dachüberstand, wie beim Projekt „S-House“, bietet schon während der Errichtungsphase Schutz beim Anbringen der Außendämmung.

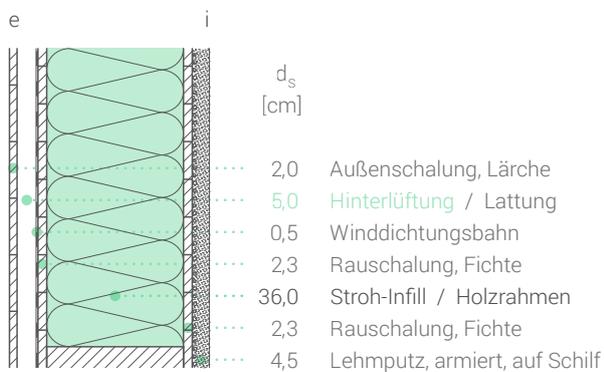
AW V1 – Wrapping

Homogene Dämmebene vor massiver Konstruktion. Ummantelung mit gebundenen Strohballen oder Strohdämmplatten. Punktuelle Befestigung. Homogene, strukturierte Oberfläche als idealer Putzuntergrund.

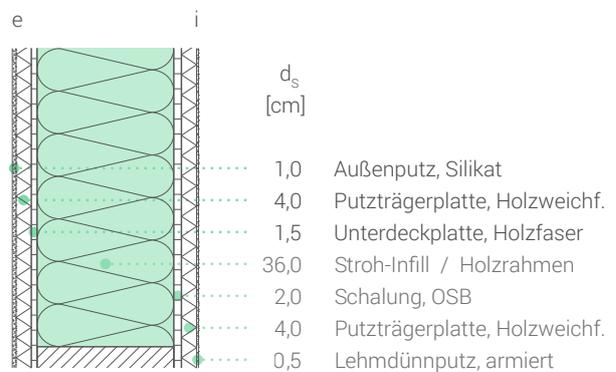


Abb 91 a, b Holzrahmen mit Strohballen-Infill und Rauschalung, Vorfertigung vivihouse-Module

AW V2



AW V3b



Dämmung – Stroheinbaumöglichkeiten

Stroh-Infill

Bei den Varianten 2 und 3 ist die Dämmung zwischen den tragenden Elementen nach dem Prinzip des Stroh-Infill eingebracht. Dafür eignen sich sowohl rechteckige Kleinballen, die auch in einzelne Ballenlagen für das Ausfüllen kleinerer Zwischenräume zerlegt werden können, als auch zu Strohhäckseln geschnittenes Stroh für Schütt- und Einblasdämmung.

Der inhomogene Bauteilaufbau einer Rahmenkonstruktion mit Zwischenraumdämmung bedeutet, dass im Bereich der Tragkonstruktion erhöhte Wärmeleitfähigkeit besteht. Ein möglicher Ausgleich ist es, den Bauteil außen mit Dämmplatten zusätzlich zu überdämmen. Der Vorteil, der sich jedoch ergibt, wenn die Dämmung innerhalb der Tragebene liegt, ist, dass der gesamte Aufbau schlanker und damit flächensparend ist.

Das Ausdämmen der Zwischenräume kann durch Vorfertigung der Bauteile witterungsunabhängig in Werkshallen erfolgen. Wenn die Dämmung vor Ort in die Rahmenkonstruktion eingebracht wird, ist es möglich, zuerst die äußere wetterfeste Verschalung – beispielsweise mit regensicheren Holzfaserverdecksplatten, wie bei Bauteilvariante 3 – herzustellen und danach witterungsgeschützt das Dämmmaterial vom Gebäudeinneren aus in die Konstruktionszwischenräume einzubringen. Ebenso unabhängig kann man beim Einblasen von Dämmmaterial vorgehen, weil auch hier die Verschalung des Bauteils den ersten Schritt bildet, bevor die Dämmung eingefüllt wird.

Anders als bei Außenwänden kann die Strohballendämmung in Dachkonstruktionen nur von oben, also vom Außenraum aus, eingebracht werden, wodurch Wetterunabhängigkeit nur durch Vorfertigung im Werk oder späteres Ausdämmen mit Einblasdämmung gegeben ist.

AW V2, V3 – Infill

Inhomogene Dämmebene zwischen Holzrahmenkonstruktion. Befüllen mit Strohballenelementen oder loser Strohhäckseldämmung. Dämmkammern werden verschalt und bei Bedarf außen zusätzlich überdämmt.

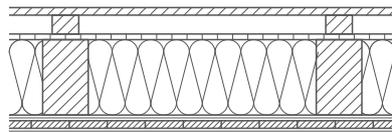
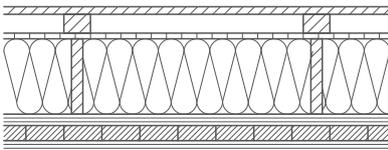
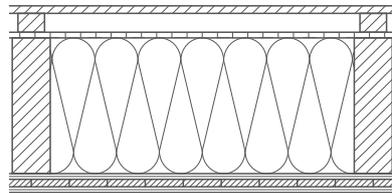
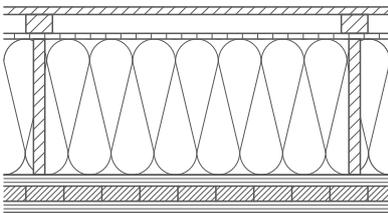
Hybridsystem



Abb 92 Strohballen-Wrapping, Ballendämmung vor massiver Holzwand, punktuell befestigt, ohne Holzrahmen (Foto: GrAT)



Abb 93 Hybridsystem Holzrahmen und Massivholzplatte, Ballendämmung zwischen Holzstegen, massive Holzrückwand als Bauteilinnenseite (Foto: Atelier Werner Schmid / atelierschmid.ch)



Hybridsystem

Der Verbund aus Holzrahmen- und Holzmassivbau ergibt ein Hybridsystem, das als kombiniertes Tragwerk Möglichkeiten bei der Dimensionierung der Querschnitte und Schichtdicken beider Elemente eröffnet.

Massivholzplatten ergänzen den Holzrahmenbau, indem sie die Funktion der aussteifenden Verschalung des Holzrahmenskelettes übernehmen und zugleich an der Innenraumseite die luftdichte, dampfbremsende Ebene, sowie eine fertige Sichtoberfläche bilden. Die inhomogene Tragwerksebene der Holzrahmenkonstruktion ist zugleich Dämmebene und definiert die Tiefe und Breite der Dämmkammern.

Nach außen kann die Rahmenkonstruktion durch verschiedene Baustoffschichtvarianten winddicht und diffusionsoffen abgeschlossen werden. Als Beispiel dienen die Bauteilvarianten AW V1 + 2/2b/3/3b.

Die Variation des Tragwerks kann einerseits durch Anpassung der Plattenstärke und andererseits durch Veränderung der Holzrahmentiefe, -breite und Achsabstände geschehen, wobei sich die Dimensionierung der Elemente nach den gegebenen statischen Anforderungen eines individuellen Bauprojektes richtet und unterschiedliche Ziele dabei verfolgt werden können:

-

Möglichst geringes Ausmaß an Wärmebrücken in der inhomogenen Dämmebene durch schlanke Holzrahmenstege und große Achsabstände. Die Tragfähigkeit ergibt sich aus größerer Massivholzplattenstärke und/oder tieferer Holzrahmen-Dämmebene.

-

Möglichst schlanker Bauteilaufbau durch Reduktion der Plattenstärke und Rahmentiefe in Abhängigkeit der gewünschten Dämmstärke. Die Tragfähigkeit kann durch Verbreiterung der Holzsteher und Verringerung der Achsabstände verbessert werden, wodurch jedoch der prozentuale Anteil der Holzkonstruktion in der inhomogenen Dämmebene steigt.

					
AW	U [W/(m ² K)]	d [cm]	$m_{w,B,A}^{(\text{innen})}$ [kg/m ²]	m' [kg/m ²]	$\Delta OI3_{BGO}$ [Pkt/m ²]
V1	0,120	56,0	35,5	148,7	20,76 / 5,77
V2	0,143	52,6	85,3	171,9	7,29
V2b	0,130	50,1	85,3	178,2	29,09
V3	0,131	51,0	24,7	103,7	19,43
V3b	0,120	49,0	24,7	118,5	42,12
V1+2	0,132	55,8	35,3	131,9	17,09 / 2,10
V1+2b	0,120	53,3	35,4	138,2	38,89 / 23,90
V1+3	0,133	54,5	35,3	121,5	23,39 / 8,40
V1+3b	0,121	52,5	35,4	136,3	46,08 / 31,09

Bauphysikalische und -ökologische Bauteilkennwerte

In den Bauteilvergleichsvarianten wurde einheitlich, als typisches Strohballenmaß, 36 cm Strohdämmung mit dem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit $\lambda_r = 0,050 \text{ W}/(\text{mK})$ eingesetzt.

Alle Vergleichsvarianten erreichen mit U-Werten zwischen 0,12 und 0,14 $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ Passivhausstandard, denn gemäß den Vorgaben des Passivhaus Institutes Darmstadt soll der U-Wert opaker Außenbauteile max. 0,15 $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ betragen (vgl. PHI o. J.). Klassische Aufbauten mit 36 cm Strohdämmung ermöglichen somit eine passivhaus-taugliche Gebäudehülle.

Werden die inhomogenen Bauteilaufbauten V2 und V3 außen zusätzlich mit 4 cm Holzweichfaserplatten ($\lambda_r = 0,052 \text{ W}/(\text{mK})$) überdämmt und verputzt (siehe V2b und V3b), reduziert sich deren U-Wert jeweils um 0,01. Die Variante 3b liegt damit, gleich wie der homogene Bauteilaufbau aus Variante 1, bei einem U-Wert von 0,12 $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$. Variante 2b erreicht den U-Wert 0,13 $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$.

Die schmalsten Aufbaustärken ergeben sich bei den inhomogenen Bauteilvarianten V2/2b und V3/3b, da die Wärmedämmung innerhalb der Konstruktionsebene liegt. Die Bauteildicken variieren je nach Abschluss der Holzrahmenkonstruktion mit verschiedenen Verschalungen und Putzausführungen. Beim äußeren Überdämmen mit verputzten Trägerplatten, wie in Variante 2b und 3b, konnte im Vergleich zur Hinterlüftungskonstruktion (V2 und V3) Bauteilstärke eingespart werden. Dieser Unterschied ist jedoch von der gewählten Überdämmungsstärke und dem Putzsystem auf der einen Seite, und der Dimensionierung der Hinterlüftungsebene und Fassadenschalung auf der anderen Seite abhängig.

Bei der Bauteilvergleichsvariante V1 ergibt sich durch die Trennung von Trag- und Dämmebene ein stärkerer Gesamtaufbau. Die Dimensionierung der tragenden Massivholzplatte variiert in der Praxis je nach statischen Erfordernissen und beeinflusst damit die Gesamtstärke des Wandaufbaus.

U-Wert

Dicke

Bauphysikalische und -ökologische Bauteilkennwerte

Speicherwirksame Masse, innen	Die flächenbezogene, speicherwirksame Masse an der Bauteilinnen-seite ist bei Vergleichsvariante V2 sowie V2b aufgrund der massiven 4,5 cm Lehminnenputzschicht mit 85,3 kg/m ² am höchsten. Mit großem Abstand folgt Variante V1, die mit der raumseitigen, 10 cm starken Massivholzplatte eine speicherwirksame Masse von 35,5 kg/m ² erreicht. Die Variante V3 sowie V3b weisen mit 0,5 cm Lehm dünnputz auf Holzweichfaserplatte innen eine speicherwirksame Masse von 24,7 kg/m ² auf.
Masse	Beim Vergleich der Masse je Quadratmeter Bauteil ergibt sich die gleiche Reihung wie bei der speicherwirksamen Masse: Bauteilvariante V2 besitzt mit 171,9 kg/m ² die größte Masse, gefolgt von Variante V1 mit 148,7 kg/m ² und V3 als leichteste Ausführungsvariante mit 103,7 kg/m ² . Bei den außen überdämmten und verputzten Varianten V2b und V3b erhöht sich die Bauteilmasse, da der Außenputz mit einer Rohdichte von 1.800 kg/m ³ eine deutliche Steigerung zur Holzfassade (Lärche, $\rho = 525 \text{ kg/m}^3$) bewirkt.
Ökoindex	Die Bauteilvarianten mit dem niedrigsten Punkte-Ergebnis bei der Ökoindex-Berechnung sind die Varianten, die konsequent aus nachwachsenden Rohstoffen bestehen und zur Abdichtung Lehmputz einsetzen. Wenn bei der Variante V1 einstoffliches Massivholz verwendet wird, kommt der Aufbau zu dem sehr niedrigen $\Delta OI3$ Ergebnis von 5,77 Punkten je Quadratmeter Bauteilfläche. Eine ähnlich gute Bewertung erhält die Bauteilvariante V2 mit 7,45 Punkten. Kommt jedoch bei der Variante V1 statt einer einstofflichen Massivholzplatte (10 cm) kreuzweise verleimtes Brettsperrholz zum Einsatz, erhöht sich der $\Delta OI3$ -Wert um 15 Punkte auf 20,76 Punkte pro m ² . Die Variante V3 schneidet mit 19,43 Punkten ähnlich wie V1-Brettsperrholz (20,76 Pkt/m ²) ab. Bei V3 sind es die Verschalungen mit Holzwerkstoffplatten (Holzfaserplatte, OSB), die, im Vergleich zu Lehm-abgedichteten, reinen Holz-Konstruktionen, zum Punkte-Anstieg führen. Der Tausch von hinterlüfteter Holzfassade (V2, V3) zu verputzter Holzweichfaserplatte (V2b, V3b) ergibt eine Erhöhung um rund 20 Punkte je Quadratmeter Bauteil: V2b 29,09 Pkt/m ² , V3b 42,12 Pkt/m ² .

Fazit

Abschließend ist festzuhalten, dass es viele Faktoren gibt, die die Auswahl eines Bauteilaufbaus beeinflussen. Die dargestellten Bauteilvarianten weisen unterschiedliche Qualitäten und Herausforderungen im Zusammenhang mit vielfältigen Anforderungsprofilen je nach Bauaufgabe auf. Neben ökologischen und bauphysikalischen Vorteilen gibt es ökonomische Überlegungen in Bezug auf Flächenverbrauch, konstruktionstechnische Praktikabilität, modulare Vorfertigung, Einfachheit einer Konstruktion und Selbstbau-Potenzial.

Die Verfügbarkeit verschiedener Strohdämmstoffe beeinflusst ebenso die Wahl des Bauteilaufbaus wie der zu einer baulichen Situation und den Bauleuten passende Zugang zum Strohbau. Von partizipativen Strohballenbauansätzen über industrialisierte Verarbeitung mittels Stroh-Einblasdämmung findet jede Dämmungsvariante ihr berechtigtes Anwendungsgebiet. Die hier angestellten Vergleiche zu den Eigenschaften der Bauteilschichten und den physikalischen und ökologischen Bauteilkennwerten können gemeinsam mit den praktischen Ausführungshinweisen der Referenzprojekte einen Anhaltspunkt bei der Wahl der Konstruktionsvariante für unterschiedliche Bauprojekte bieten.

6

Literatur / Interviews

- baubook (o. J.): Ökoindex Plattform. Grundlagen, Produkte, Richtwerte, [online] <https://www.baubook.at/oekoindex/> [13.09.2021].
- BAU-EPD-FASBA (2019): BAU-EPD-Fasba-2019-01-GaBi, Baustrohballen, Fachverband Strohballenbau Deutschland e.V., Bau EPD GmbH (Hrsg.), Wien, 10.10.2019, [online] <https://fasba.de/service/downloads/> [31.03.2022] <https://fasba.de/wp-content/uploads/2022/02/BAU-EPD-Fasba-2019-1-GaBi-Baustrohballen-20191010.pdf> [31.03.2022].
- DPM Holzdesign (2021): Klassifizierung zum Brandverhalten (Neuausstellung) „ISO-Stroh CI5“, MA 39 – 20-05797, Wien, 12.01.2021, [online] <https://www.iso-stroh.net/downloads/> [08.01.2022], <https://www.iso-stroh.net/assets/Uploads/Klassifizierungsbericht-Brandverhalten-MA39.pdf> [08.01.2022].
- DPM Holzdesign (o. J. a): Datenblatt und Leistungserklärung, ISO-Stroh, [online] <https://www.iso-stroh.net/downloads/> [08.01.2022], <https://www.iso-stroh.net/assets/Uploads/ISO-Stroh-datenblatt-2.pdf> [08.01.2022].
- DPM Holzdesign (o. J. b): ISO-Stroh Einblasdämmung, [online] <https://www.dpm-gruppe.com/leistungen/daemmstoffe/> [08.01.2022].
- DPM Holzdesign (o. J. c): Verarbeitungsrichtlinien, ISO-Stroh, [online] <https://www.iso-stroh.net/downloads/> [08.01.2022], <https://www.iso-stroh.net/assets/Uploads/Verarbeitungsrichtlinien-ISO-Stroh.pdf> [08.01.2022].
- ETA-17/0247: Baustroh. Wärmedämmstoff aus Strohballen, Europäische Technische Bewertung, Deutsches Institut für Bautechnik (Hrsg.), Berlin, 21.06.2017, [online] https://baustroh.de/pdf/ETA-017-0247_Baustroh.pdf [02.12.2021].
- FASBA-SBR (2019): Strohbaurichtlinie. SBR-2019, erste überarb. Fassung, Fachverband Strohballenbau Deutschland e.V. (Hrsg.), Verden, 26.10.2019, [online] <https://fasba.de/service/downloads/> [31.03.2022] https://fasba.de/wp-content/uploads/2022/02/Strohbaurichtlinie_2019_fasba.pdf [31.03.2022].

- GrAT (o. J.): Treeplast-Strohschraube, Infofolder V2, GrAT – Gruppe Angepasste Technologie, TU Wien, [online] <https://www.grat.at/expertise/treeplast/> [22.06.2021], https://www.grat.at/wp-content/uploads/2018/10/Treeplast-Infofolder_V2.pdf [22.06.2021].
- Gruber, H., Gruber, A., Santler, H. (2012): Neues Bauen mit Stroh in Europa, 4., völlig überarb. und erg. Aufl., Staufeu bei Freiburg: ökobuch Verlag.
- Gruber, Herbert (2017): Praxiswissen: Strohballen CUT-Wand, in: Michael Fürst, Nikolas Kichler, Paul Adrian Schulz (Hrsg.), Ein Toolkit für urbanen Selbstbau. Gemeinsam mehrgeschoßig und ökologisch bauen, Wien, S. 252-293, [online] <https://issuu.com/vivihouse> [02.12.2021].
- holzius (2017): Systemhandbuch. holzius Vollholzhaus, [online] <https://www.holzius.com/wp-content/uploads/2017/11/171130-holzius-systemhandbuch-web-de.pdf> [05.03.2020].
- Holzmann, G., Wangelin, M., Bruns, R. (2012): Natürliche und pflanzliche Baustoffe. Rohstoff - Bauphysik - Konstruktion, 2., aktualisierte u. erw. Aufl., Wiesbaden: Springer Vieweg Verlag.
- IBO (2009): IBO-Referenzdatenbank. Wesentliche methodische Annahmen. LCA-Methode Referenzdatenbank, Version 2.2, Stand Juli 2007, mit redaktionellen Überarbeitungen am 9.10.2009, IBO – Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie GmbH (Hrsg.), Wien, [online] https://www.baubook.at/m/Daten/Bilder/Infos/k3_LCAMethod-eRef.pdf [22.10.2021].
- IBO (2017): Passivhaus-Bauteilkatalog: Sanierung. Ökologisch bewertete Konstruktionen, IBO – Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie GmbH (Hrsg.), Basel: Birkhäuser Verlag.
- IBO (2018): Leitfaden zur Berechnung des Oekoindex OI3 für Bauteile und Gebäude. OI3-Berechnungsleitfaden Version 4.0, IBO – Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie GmbH (Hrsg.), Wien, [online] https://www.baubook.at/m/Daten/Bilder/Infos/k3_OI3_Berechnungsleitfaden_V4.0_20181025.pdf [22.10.2021].

- Kirl, H. und Meingast, R. (2011): Optimierung ökologischer Konstruktionskomponenten für die industrielle Serienproduktion von Fertigteilen. „System Lehm-Passivhaus Tattendorf“, bmvit (Hrsg.), Wien: Berichte aus Energie- und Umweltforschung 5/2012, [online] https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/hdz_pdf/endbericht_1205_lopas_lph_optimierung.pdf [15.06.2018].
- Krug, Erwin (2018) Interview mit Ing. Erwin Krug, Technical Expert, GrAT, 05.07.2018 in Böheimkirchen, NÖ
- Lopas (o. J.): Bauen & Wohnen – LOPAS – Bauen mit der Natur, [online] <https://www.lopas.at/bauen-wohnen/> [09.07.2020].
- Maxit (2020): Produktbroschüre, maxit Strohpel Dämmplatte, [online] <https://www.maxit-strohpel.de/anwendung-daemmung/preview-kennenlernen/> [16.03.2022], https://www.maxit-strohpel.de/fileadmin/maxit-strohpel/2_Anwendung-zur-Daemmung/flyer-strohdaemmung-alt.pdf [16.03.2022].
- Maxit (o. J. a): Strohdämmung bei der Altbausanierung, Lüneburg, maxit Strohpel Dämmplatte, [online] <https://www.maxit-strohpel.de/referenzen/> [16.03.2022], <https://www.maxit-strohpel.de/referenzen/referenz-strohdaemmung-altbausanierung/> [16.03.2022].
- Maxit (o. J. b): Strohdämmung eines Neubaus, Russbach, maxit Strohpel Dämmplatte, [online] <https://www.maxit-strohpel.de/referenzen/> [16.03.2022], <https://www.maxit-strohpel.de/referenzen/referenz-strohdaemmung-neubau/> [16.03.2022].
- Maxit (o. J. c): Strohdämmung in der Holzbauweise, Straden, maxit Strohpel Dämmplatte, [online] <https://www.maxit-strohpel.de/referenzen/> [16.03.2022], <https://www.maxit-strohpel.de/referenzen/referenz-strohdaemmung-holzbauweise/> [16.03.2022].
- Meingast, Roland (2005): Lehm-Passiv Bürohaus Tattendorf, bmvit (Hrsg.), Wien: Berichte aus Energie- und Umweltforschung 29/2005, [online] https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/hdz_pdf/endbericht_tattendorf_id2558.pdf [15.06.2018].

- Meingast, Roland (2018): Interview mit Roland Meingast, 28.05.2018 in Tattendorf, NÖ.
- Minke, G. und Krick, B. (2014): Handbuch Strohballenbau. Grundlagen, Konstruktionen, Beispiele, 3., erw. und aktualisierte Aufl., Staufen bei Freiburg: ökobuch Verlag.
- OIB-RL 2 (2019): Brandschutz. OIB-Richtlinie 2, Ausgabe April 2019, Österreichisches Institut für Bautechnik (Hrsg.), Wien, [online] https://www.oib.or.at/sites/default/files/richtlinie_2_12.04.19_0.pdf [05.03.2020].
- OIB-RL 2-E (2019): Brandschutz. OIB-Richtlinie 2 - Erläuterungen, Ausgabe April 2019, Österreichisches Institut für Bautechnik (Hrsg.), Wien, [online] https://www.oib.or.at/sites/default/files/erlaeuternde_bemerkungen_richtlinie_2_12.04.19_rev.1.pdf [05.03.2020].
- PHI (o. J.) Qualitätsanforderungen an Passivhäuser, Passivhaus Institut, Darmstadt [online] https://passiv.de/de/02_informationen/02_qualitaetsanforderungen/02_qualitaetsanforderungen.htm [13.10.2021].
- Pech, A. und Pöhn, C. (2018): Bauphysik. Wärme – Feuchte – Schall – Brand, 2. Aufl., Basel: Birkhäuser Verlag.
- Schubert, Peter (2019): Interview mit Architekt DI Peter Schubert, 11.10.2019 in Wien.
- Schuller, Heinrich (o. J.): Umbau StrohSolSan: Vom Stall zum Traumhaus, [online] <http://atos.at/stroh-sol-san/> [19.08.2021].
- Schuller, Heinrich (2019): Interview mit Architekt DI Heinrich Schuller, 05.11.2019 in Wien.
- SonnenKlee (o. J. a): Datenblatt Strohdämmung, [online] http://www.sonnenklee.at/wp-content/uploads/2020/08/2020_08_30-Datenblatt-Stroh-d%C3%A4mmung_Web.pdf [08.01.2022].
- SonnenKlee (o. J. b): Bio-Baustrohballen, [online] <https://www.sonnenklee.at/natuerliche-daemmstoffe/baustroh/bio-baustrohballen/> [08.01.2022].
- SonnenKlee (o. J. c): Service Zertifizierung: Vom Feld zum Baustroh, [online] <https://www.sonnenklee.at/natuerliche-daemmstoffe/baustroh/zertifizierung/> [08.01.2022].

- SonnenKlee (o. J. d): Mobile Baustroh-Aufbereitungsanlage, [online] <https://www.sonnenklee.at/natuerliche-daemmstoffe/baustroh/bio-baustrohballen/aufbereitungsanlage/> [08.01.2022].
- SonnenKlee (o. J. e): Einblasdämmung aus Biostroh, [online] <https://www.sonnenklee.at/natuerliche-daemmstoffe/baustroh/produktinfo-stroh-einblasdaemung/> [08.01.2022].
- SonnenKlee (o. J. f): Preisliste Natürliche Dämmstoffe, [online] <https://www.sonnenklee.at/natuerliche-daemmstoffe/preisliste-natuerliche-daemmstoffe/> [08.01.2022].
- vivihouse-Bauworkshop (2019): Bauworkshops Herbst 2019 in Untertullnerbach, NÖ, mit Nikolas Kichler, Paul Adrian Schulz und Michael Fürst. Ausführung unter der Anleitung des ASBN (austrian strawbale network).
- Wagner, W., Jähmig, D., Prein, A., Mauthner, F. (2008): Energietechnische und baubiologische Begleituntersuchung Lehm-Bürogebäude Tattendorf, bmvit (Hrsg.), Wien: Berichte aus Energie- und Umweltforschung 65/2009, [online] https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/hdz_pdf/endbericht_0965_ibk_tattendorf.pdf [05.03.2020].
- Wagner, W., Mauthner, F., Jähmig, D., Hohensinner, H., Lopaur, P., Sterflinger, K. (o. J.): Messtechnische Begleituntersuchung für das S-House, bmvit (Hrsg.), Wien, [online] https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/hdz_pdf/messprojekt_endbericht_s-house.pdf [22.06.2021].
- Wimmer, R., Hohensinner, H., Drack, M. (2006): S-House. Innovative Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen am Beispiel eines Büro- und Ausstellungsgebäudes, bmvit (Hrsg.), Wien: Berichte aus Energie- und Umweltforschung 12/2006, [online] https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/hdz_pdf/endbericht_shouse_id3133.pdf [22.06.2021].
- Wimmer, R., Hohensinner, H., Eikemeier, S. (2010): Stroh-Cert. Zertifizierung, Logistik und Qualitätsmanagement für den Strohballebau, bmvit (Hrsg.), Wien: Berichte aus Energie- und Umweltforschung 36/2011, [online] https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/hdz_pdf/endbericht_1136_stroh_cert.pdf [02.12.2021].

7

Abbildungen

Wenn nicht anders vermerkt: eigene Fotos und Darstellungen

Abb 1	Kleinstrohballen aus Weizenstroh (Foto: SonnenKlee / sonnenklee.at)	18
Abb 2	Verarbeitung der Strohernte zu Strohballen (Foto: SonnenKlee / sonnenklee.at)	20
Abb 3	Strohball-Infill, Einbringung von außen, Verschalung mit feuchtebeständigen Holzfasern-Unterdeckplatten (Foto: Herbert Gruber / strohnatur.at)	23
Abb 4	Strohballen-Wrapping, S-House, Verarbeitung unter weit auskragendem Dach, Ballenlagerung im Inneren (Foto: Architekten Scheicher / scheicher.at)	24
Abb 5	Strohballen-Infill, Ballenlagerung und Verarbeitung im Inneren (Foto: Herbert Gruber / strohnatur.at)	24

Abb 6	S-House, unterlüftete Bodenplattform, Lehmputz auf Strohbällen, hinterlüftete Fassadenschalung, weiter Dachüberstand (Foto: GrAT)	26
Abb 7	Lehmputz auf Strohbällen, S-House (Foto: GrAT)	29
Abb 8	Palettierte Baustrohbällen und Strohhäcksel-Pakete (Foto: SonnenKlee / sonnenklee.at)	33
Abb 9	Verarbeitung rechteckiger Kleinstrohbällen	34
Abb 10	Halmausrichtung im Strohbällen (Darstellung: FASBA-SBR 2019: 15) ...	36
Abb 11	Strohbällen-Infill, hochkant stehende und hochkant liegende Ballen zwischen Holzstehern (Foto: Herbert Gruber / strohnatur.at)	36
Abb 12	Zertifizierung der Strohbällen während der Ernte am Feld (Foto: SonnenKlee / sonnenklee.at)	40
Abb 13	Pressung geeigneter Baustrohbällen beim Kunden mit mobiler Aufbereitungsanlage (Foto: SonnenKlee / sonnenklee.at)	40
Abb 14 a-d	Strohbällen-Infill mit rechteckigen Kleinballen, abgetrennten Ballenlagen und Strohbindeln (Fotos: Herbert Gruber / strohnatur.at).....	42
Abb 15	Ausstopfen der Hohlräume im Bereich der Ballenstöße (Foto: Karin Haas, ASBN)	44
Abb 16	Glätten der Strohbällenoberfläche entlang der Holzrahmenkonstruktion.....	46
Abb 17	Strohbällen-Wrapping vor massiver Holzkonstruktion, S-House (Foto: Architekten Scheicher / scheicher.at)	49

Abb 18	Strohhäcksel-Dämmung (Foto: DPM Holzdesign / dpm-gruppe.com).....	50
Abb 19	Strohhäcksel-Einblasdämmung in Holzrahmenelement, veranschaulicht durch geöffnete Verschalung (Foto: DPM Holzdesign / dpm-gruppe.com)	53
Abb 20	Befüllen der Einblasmaschine (Foto: SonnenKlee / sonnenklee.at).....	54
Abb 21	Einblasmaschine vor der Baustelle (Foto: SonnenKlee / sonnenklee.at)	54
Abb 22 a, b	Thermische Fassadensanierung mit Strohhäcksel-Einblasdämmung, Verschalung außen mit Holzfaserverkleidung (Foto: SonnenKlee / sonnenklee.at)	56
Abb 23 a, b	Strohhäcksel-Einblasdämmung, Einbringung von innen, Bauteilinnenseite verschalt mit OSB (Foto: DPM Holzdesign / dpm-gruppe.com)	56
Abb 24	Strohhäcksel-Einblasdämmung in Holzrahmenelement, veranschaulicht durch geöffnete Einblaskammer (Foto: DPM Holzdesign / dpm-gruppe.com).....	57
Abb 25	Homogene Fassadendämmung mit Strohdämmplatten (Foto: Maxit / maxit-strohpanel.de)	58
Abb 26	Maxit Strohpanel Dämmplatten (Foto: Maxit / maxit-strohpanel.de)	60
Abb 27	Zuschneiden einer Strohdämmplatte mit Fuchsschwanz-Säge (Foto: Maxit / maxit-strohpanel.de)	60
Abb 28	Kleberauftrag auf die Strohdämmplatte im Punkt-Wulst-Verfahren für die Verklebung auf Mauerwerk (Foto: Maxit / maxit-strohpanel.de)	61

Abb 29	Aufkleben der Strohdämmplatten im Sockelbereich (Foto: Maxit / maxit-strohpanel.de)	62
Abb 30	Strohdämmplatten verklebt, Altbausanierung Lüneburg (Foto: Maxit / maxit-strohpanel.de)	63
Abb 31	Strohdämmplatten mit zweilagigem Kalkputz-Auftrag, abgerundeten Laibungen und Außenecken, Altbausanierung Lüneburg (Foto: Maxit / maxit-strohpanel.de)	63
Abb 32	Strohdämmplatten zwischen Holzkonstruktion, winddichte Verschalung mit Holzfaser-Unterdeckplatten (Foto: Maxit / maxit-strohpanel.de)	64
Abb 33	Strohdämmplatten zwischen Holzkonstruktion geklemmt (Foto: Maxit / maxit-strohpanel.de)	65
Abb 34	Strohdämmplatten, zweilagig verlegt, zwischen horizontaler und vertikaler Zusatzkonstruktion, darüber winddichte Verschalung mit Holzfaserplatten, Holzmassivbau in Straden (Foto: Maxit / maxit-strohpanel.de)	65
Abb 35	(IBO 2018: 12)	81
Abb 36	S-House, Nord-Ansicht (Foto: GrAT)	96
Abb 37 a-d	S-House, Unterlüftete Bodenplattform mit Strohballedämmung zwischen zwei Brettsperrholzplatten, Strohballedwand auf unterster, auskragender Brettsperrholzplatte errichtet (Fotos: GrAT)	98
Abb 38	Dämmung der obersten Geschoßdecke (Foto: GrAT)	100
Abb 39	Massivholzdecke mit abgehängter Kabelführung	100
Abb 40	Tragende Massivholz-Zwischenwand	100

Abb 41	Befestigung der Hinterlüftungslattung mit Treeplast-Schrauben direkt in der Strohballebene (Foto: GrAT)	102
Abb 42	Hinterlüftete Holzverschalung, LehmDirektputz auf Strohballedämmebene (Foto: GrAT)	102
Abb 43	Strohballen-Wrapping S-House, punktuelle Befestigung mit Ankern (Foto: GrAT)	102
Abb 44	Strohballen werden mit Ankern an die Massivholzwand gebunden (Foto: Architekten Scheicher / scheicher.at)	105
Abb 45	Lehmaußenputz direkt auf Strohballebene, S-House (Foto: GrAT)	105
Abb 46	Lopas-Prototyp Tattendorf, SW-Ansicht	106
Abb 47	Unterlüftete Bodenplattform, Lopas-Prototyp in Tattendorf (Foto: Architekturbüro Reinberg / reinberg.net)	110
Abb 48	Außenwände mit Lehm-Vlies-Abdichtung, Lopas-Prototyp in Tattendorf (Foto: Architekturbüro Reinberg / reinberg.net)	110
Abb 49	Schnitt durch einen Lopas-Außenwandaufbau mit Blick auf den Lehminnenputz	112
Abb 50	Lopas-Strohhäckseldämmung	112
Abb 51	Montage vorgefertigter Wandmodule, Lopas-Prototyp in Tattendorf (Foto: Architekturbüro Reinberg / reinberg.net)	112
Abb 52	vivihouse, 3-geschoßiger Prototyp (Foto: vivihouse.cc)	114
Abb 53	vivihouse-Wandmodul, innen, Lehmputz	114
Abb 54	vivihouse-Wandmodul, außen, Holzfaser-Unterdeckplatten und hinterlüftete Holzfassade	114
Abb 55	vivihouse-Wandmodule in Vorfertigung	114

Abb 56 a-e	Vorfertigung dreieckiger, aus der Fassade kippender Außenwandmodule	117
Abb 57 a-e	Vorfertigung eines vivihouse-Außenwandmoduls: Holzfaser-Unterdeckplatten und hinterlüftete Fassadenschalung außen, Strohballendämmung in Holzrahmenzwischenräumen, Rauschalung und Lehmputz auf Schilfstuckatur, Einputzbänder für luftdichten Übergang von Lehm zu Holzrahmen	119
Abb 58	Verspachtelung der Fugen zwischen den Rauschalungsbrettern, dadurch direkter Kontakt zwischen Lehmputz und Strohdämmung	121
Abb 59	Schilfstuckatur als Putzträger, Befestigung mit Metallklammern.....	121
Abb 60	Auftragen des Lehmputzes, Angleichen auf Höhe des Anputzrahmens	121
Abb 61	Verschalung der strohgedämmten Außendecke mit Holzfaser-Unterdeckplatten (Foto: Karin Haas, ASBN).....	123
Abb 62	Aufstockung über Bestandsgebäude mit vorgefertigten Holzrahmenelementen (Foto: ATOS Architekten / atos.at)	125
Abb 63	Zusatzkonstruktion zur thermischen Sanierung des Bestandsmauerwerks (Foto: ASBN / baubiologie.at)	125
Abb 64	Oberste Geschoßdecke mit OSB-Schalung innen, Wände werden später von innen mit Strohballen befüllt (Foto: ATOS Architekten / atos.at)	127
Abb 65	Strohballenausfachung von oben und Rauschalung (Foto: ATOS Architekten / atos.at).....	127
Abb 66	Unterdeckbahnen als erhöht regensicheres Unterdach (Foto: ATOS Architekten / atos.at).....	127
Abb 67	Witterungsgeschütztes Befüllen der Holzrahmen vom Ge-	

	bäudeinneren aus (Foto: ASBN / baubiologie.at)	129
Abb 68	Abgedichtete Verschalung mit OSB innen (Foto: ATOS Architekten / atos.at)	129
Abb 69	Sukzessives Befüllen der vorgelagerten Konstruktion mit Stroh, Montage der Holzfaserplatten von unten nach oben (Foto: ASBN / baubiologie.at)	131
Abb 70	Anschluss der Sockelabdichtung zwischen Holzfaser-Unterdeckplatte und Holzweichfaser-Putzträgerplatte (Foto: ASBN / baubiologie.at)	131
Abb 71	Studienprojekt StroHaus Wien (Visualisierung: Peter Schubert) ..	132
Abb 72	Strohhäcksel-Einblasdämmung in Holzrahmenkonstruktion (Foto: DPM Holzdesign / dpm-gruppe.com)	134
Abb 73	holzius einstoffliche Vollholzwand, 18 cm (Foto: holzius.com).....	134
Abb 74	Befüllen der Einblasmaschine mit Strohhäckseln (Foto: SonnenKlee / sonnenklee.at)	139
Abb 75	Einbringen der Strohhäcksel von außen, Verschalung mit Holzfaser-Unterdeckplatten (Foto: SonnenKlee / sonnenklee.at)	139
Abb 76	Brettsperrelemente werden zu einer luftdichten Konstruktion zusammengesetzt, S-House (Foto: GrAT)	155
Abb 77	Brettsperrelemente innen auf Sicht, S-House (Foto: GrAT)	155
Abb 78	Dichtungsbänder für Übergang zwischen Holz und Lehmputz, Schilfstuckatur als Putzträger	156
Abb 79	Lehmputz, armiert, Installationsdurchbruch in Lehm eingeputzt.	156
Abb 80	Lehmputz auf Schilfstuckatur, Dichtungsband miteingeputzt.....	156

Abb 81	Einblasöffnung in OSB-Schalung innen, Bauteilübergang mit Dichtungsband (Foto: DPM Holzdesign / dpm-gruppe.com)	158
Abb 82	Strohballen in Holzrahmen, Verschalung innen mit OSB (Foto: Herbert Gruber / strohnatur.at)	158
Abb 83	Lehmputz mit hinterlüfteter Fassadenschalung, S-House (Foto: Architekten Scheicher / scheicher.at)	160
Abb 84	Lehmputz auf Strohballen-Wrapping-Dämmebene, S-House (Foto: GrAT)	160
Abb 85	Lehmgeschlämmtes Flachsvlies auf Rauschalung, Schaubau- stelle der GrAT in Böheimkirchen	162
Abb 86	Winddichtung mit Baupapier, Schaubau- stelle der GrAT in Bö- heimkirchen	162
Abb 87	Sukzessives Befüllen der vorgelagerten Holzkonstruktion, Ver- schalung mit Holzfaser-Unterdeckplatten (Foto: ASBN / baubio- logie.at).....	164
Abb 88	Befüllen der Holzkonstruktion von innen, Verschalung außen mit Holzfaser-Unterdeckplatten (Foto: Herbert Gruber / stroh- natur.at)	164
Abb 89	Strohballen-Wrapping vor Massivholzkonstruktion, S-House (Foto: GrAT)	166
Abb 90	WDVS mit Strohdämmplatten auf Bestandsmauerwerk (Foto: Maxit / maxit-strohpanel.de)	166
Abb 91 a, b	Holzrahmen mit Strohballen-Infill und Rauschalung, Vorferti- gung vivihouse-Module	168
Abb 92	Strohballen-Wrapping, Ballendämmung vor massiver Holzwand, punktuell befestigt, ohne Holzrahmen (Foto: GrAT)	170
Abb 93	Hybridsystem Holzrahmen und Massivholzplatte, Ballendäm- mung zwischen Holzstegen, massive Holzrückwand als Bautei- linnenseite (Foto: Atelier Werner Schmidt / atelierschmidt.ch) ..	170

8

Anhang

8.1 Berechnungen mit ArchiPHYSIK

Baustoff-Kennwerte: baubook-Datenbank vom 13.09.2021
 Klimadaten für Wien-Innere Stadt
 Ökoindex: Leitfaden 4.0, Bilanzgrenze 1

Bauteilverzeichnis:

4.1	Massivbau + Wrapping	96
AD	S-House	
AW	S-House	
BO	S-House	
4.2	Rahmenbau + Infill	106
AD	Lopas	
AW	Lopas	
AD	vivihouse	
AW	vivihouse	
BO	vivihouse	
4.3	Hybridsystem + Infill	124
AD	StrohSolSan	
AW	StrohSolSan	
AW-san	StrohSolSan	
AD	StroHaus Wien	
AW	StroHaus Wien	
5.2	Vergleichsvarianten	144
AW	V1	
AW	V2	
AW	V2b	
AW	V3	
AW	V3b	
AW	V1 + 2	
AW	V1 + 2b	
AW	V1 + 3	
AW	V1 + 3b	

Kapitel 4.1 AD S-House

ADh Außendecke hinterlüftet Ändern

Bd.Nr. 1.1 Bezeichnung AD S-House Beschreibung

Schichtaufbau U-Wert Dampfdiffusion Schall Speichermasse Lasten ÖKO-Daten Rahmenwerte Gutachten LCA

Nr.	Bezeichnung	Dicke	Breite	Achse	Raumgew.	λ	μ berück.
1	AGEPAN® THD N+F	0,0300			230	0,052	3 J
2	SonnenKlee Baustrohballen	0,5000			105	0,050	2 J
3	MM crosslam (Brettsperholz) Fichte	0,0950			475	0,120	60 J

d	m'	Dampf Diffusion	Rw Schall	U
m	kg/m ²		dB	W/m ² K
vorhanden	0,625	104,5	OK	0,086
erforderlich			± 47	± 0,20

speicherwirksame Masse		wirksame Wärmespeicherkapazität		Temperaturamplitudenverhältnis (TAV)	Amplituden-dämpfung	Phasenverschiebung
außen	16,39 kg/m ²	außen	17,15 kJ/m ² K	0,000596	$\frac{1}{1,676,7}$	4,4 h
innen	35,83 kg/m ²	innen	37,51 kJ/m ² K			

Schichtaufbau U-Wert Dampfdiffusion Schall Speichermasse Lasten ÖKO-Daten Rahmenwerte Gutachten LCA

Nr.	Bezeichnung	Öko berück.	Dicke	Alter	Lebensd	$\Delta OI3$	Quelle kurz	Quelle lang	PEine	PEine	GWP100 Summe	GWP100	AP	AP	Dichte	Anstell
			m	a	a	Pkt/m ²			MJ/kg	MJ/m ²	kg CO2/kg	kg CO2/m ²	kg SO2/kg	kg SO2/m ²	kg/m ³	
1	AGEPAN® THD N-F	ab BG 0	0,0300	0	50	6,07	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	1439	9932	-0,804	-5,54	0,004000	0,0276	2300	
2	SonnenKlee Baustrohballen	ab BG 0	0,5000	0	50	-3,53	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	0,80	4206	-1,245	-65,40	0,000852	0,0447	1050	
3	MM crosslam (Brettsperholz) Fichte	ab BG 0	0,0950	0	100	16,54	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	7,46	33679	-1,103	-49,79	0,002263	0,1021	4750	

Ausstattungen:

Nr.	Bezeichnung	Öko berück.	Menge	Alter	Lebensd	$\Delta OI3$	Quelle kurz	Quelle lang	PEine	PEine	GWP100 Prozess	GWP100 C-Gehalt	GWP100 Summe
			kn/m ²	a	a	Pkt/m ²			MJ/m ²	MJ/m ²	kn CO2/ke	kn CO2/ke	kn CO2/ke
vorhanden			baubook			-17			478,18		-120,74		0,17

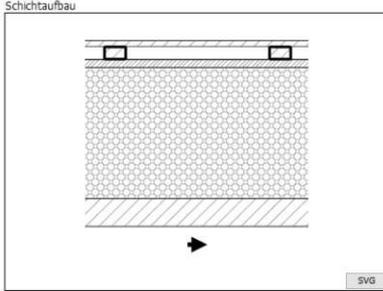
Kapitel 4.1 AW S-House

AwH Außenwand hinterlüftet Ändern

Bd.Nr. 1.2 Bezeichnung AW S-House Beschreibung

Schichtaufbau Anteile Untere Grenzwert U-Wert Dampfdiffusion Schall Speichermasse Lasten ÖKO-Daten Rahmenwerte Gutachten LCA

Nr.	Bezeichnung	Dicke	Breite	Achse	Raumgew	λ	μ berück.
1	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, technisc	0,0220			475	0,120	20 N
2.0	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, technisc	0,0500	V	0,080	0,625	475	0,120 20 N
2.1	Luftschichtstehend, Wärmefluss horizontal 45 < d <= 5<	0,0500			1	0,278	1 N
3	Lehmputz getrocknet	0,0300			1,700	0,810	10 J
4	SonnenKlee Baustrohballen	0,5000			105	0,050	2 J
5	MM crosslam (Brettsperholz) Fichte	0,1060			475	0,120	60 J



d	m'	Dampf Diffusion	Rw Schall	U
m	kg/m ²		dB	W/m ² K
vorhanden	0,708	167,4	OK	0,089
erforderlich			± 43	± 0,35

d	m'	Speichermasse innen	Speichermasse außen	R' _T	R'' _T	Rw Schall	L'nT,w Schall	U
m ²	kg/m ²	kg/m ²	kg/m ²	m ² K/W	m ² K/W	dB	dB	W/m ² K
vorhanden	0,708	167,4	35,3	52,4	11,180	11,180		0,089
erforderlich					± 43			0,35

Schichtaufbau Anteile Untere Grenzwert U-Wert Dampfdiffusion Schall Speichermasse Lasten ÖKO-Daten Rahmenwerte Gutachten LCA

Nr.	Bezeichnung	Öko berück.	Dicke	Alter	Lebensd	Δ OI3	Quelle kurz	Quelle lang	PEine	PEine	GWP100 Summe	GWP100	AP	AP	Dichte	Anteil
			m	a	a	a	Pkt/m ²		MJ/kg	MJ/m ²	kg CO2/kg	kg CO2/m ²	kg SO2/kg	kg SO2/m ²	kg/m ³	%
1	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, t	ab BG 1	0,0220	0	50	-0,42	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	2,51	2629	-1,499	-15,67	0,000944	0,0098	475,0	1,000
2.0	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, t	ab BG 1	0,0500	0	50	-0,12	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	2,51	7,64	-1,499	-4,55	0,000944	0,0028	475,0	0,128
2.1	Luftschichtstehend, Wärmefluss horizontal 45 <	Nicht ber	0,0500	0	0	0,00	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	0,00	0,00	0,000	0,00	0,000000	0,0000	1,2	0,872
3	Lehmputz getrocknet	ab BG 0	0,0300	0	35	5,37	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	1,49	76,05	0,092	4,70	0,000301	0,0153	1,7000	1,000
4	SonnenKlee Baustrohballen	ab BG 0	0,5000	0	50	-3,53	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	0,80	42,06	-1,245	-65,40	0,000852	0,0447	105,0	1,000
5	MM crosslam (Brettsperholz) Fichte	ab BG 0	0,1060	0	100	18,46	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	7,46	375,79	-1,103	-55,55	0,002263	0,1139	475,0	1,000

Ausstattungen:

Nr.	Bezeichnung	Öko berück.	Menge	Alter	Lebensd	Δ OI3	Quelle kurz	Quelle lang	PEine	PEine	GWP100 Prozess	GWP100 C-Gehalt	GWP100 Summe
			kn/m ²	a	a	a	Pkt/m ²		MJ/m ²	MJ/m ²	kn CO2/m ²	kn CO2/m ²	kn CO2/m ²
		OI3	OI3 KON	Δ OI3	PEI	GWP	AP	EI KON					
vorhanden	0,708	167,4	baubook	-16	19,76	527,85	-136,49	0,18	1,63				

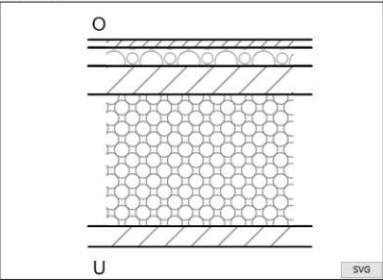
Kapitel 4.1 BO S-House

DDh Decke üb Durchfahrt hinterlüftet Ändern

Bd.Nr. 1.3 Bezeichnung BO S-House

Schichtaufbau U-Wert Dampfdiffusion Schall Speichermasse Lasten ÖKO-Daten Rahmenwerte Gutachten LCA

Nr.	Bezeichnung	Dicke	Breite	Achse	Raumgew.	λ	μ berück.
1	MM crosslam (Brettsperholz) Fichte	0,0780			475	0,120	60 J
2	SonnenKlee Baustrohballen	0,5000			105	0,050	2 J
3	MM crosslam (Brettsperholz) Fichte	0,1080			475	0,120	60 J
4	ISOCELL ÖKO-NATUR Dampfbremse	0,0002			500	0,170	26.878 J
5	Schüttungen aus Sand, Kies, Splitt (1800 kg/m³)	0,0700			1.800	0,700	0 J
6	Kalkstein (2750 kg/m³)	0,0300			2.750	2,800	200 J



d	m'	Dampf Diffusion	Rw Schall	U
m	kg/m²		dB	W/m²K
vorhanden	0,786	349,4	OK	0,083
erforderlich			± 60	± 0,20

speicherwirksame Masse		wirksame Wärmespeicherkapazität		Temperaturamplituden-	Amplituden-	Phasenverschiebung
außen	innen	außen	innen	verhältnis (TAV)	dämpfung	
36,35 kg/m²	169,21 kg/m²	38,04 kJ/m²K	177,11 kJ/m²K	0,000051	1/19.290,4	11,6 h

Schichtaufbau U-Wert Dampfdiffusion Schall Speichermasse Lasten ÖKO-Daten Rahmenwerte Gutachten LCA

Nr.	Bezeichnung	Öko berück.	Dicke	Alter	Lebensd	$\Delta OI3$	Quelle kurz	Quelle lang	PEine	PEine	GWP100 Summe	GWP100	AP	AP	Dichte	Anstell
			m	a	a	Pkt/m²			MJ/kg	MJ/m²	kg CO2/kg	kg CO2/m²	kg SO2/kg	kg SO2/m²	kg/m³	
1	MM crosslam (Brettsperholz) Fichte	ab BG 0	0,0780	0	100	13,58	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	7,46	27652	-1,103	-40,88	0,002263	0,0838	475,0	
2	SonnenKlee Baustrohballen	ab BG 0	0,5000	0	50	-3,53	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	0,80	4206	-1,245	-65,40	0,000852	0,0447	105,0	
3	MM crosslam (Brettsperholz) Fichte	ab BG 0	0,1080	0	100	18,81	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	7,46	38288	-1,103	-56,60	0,002263	0,1160	475,0	
4	ISOCELL ÖKO-NATUR Dampfbremse	ab BG 1	0,0002	0	50	0,13	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	14,24	1,70	-0,952	-0,11	0,005893	0,0007	500,0	
5	Schüttungen aus Sand, Kies, Splitt (1800 kg/m³)	ab BG 1	0,0700	0	50	1,39	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	0,10	13,06	0,007	0,89	0,000048	0,0060	1.800,0	
6	Kalkstein (2750 kg/m³)	ab BG 1	0,0300	0	50	34,32	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	4,59	379,04	0,280	23,16	0,001620	0,1336	2.750,0	

Ausstattungen:

Nr.	Bezeichnung	Öko berück.	Menge	Alter	Lebensd	$\Delta OI3$	Quelle kurz	Quelle lang	PEine	PEine	GWP100 Prozess	GWP100 C-Gehalt	GWP100 Summe
			kn/m²	a	a	Pkt/m²			MJ/kg	MJ/m²	kn CO2/kg	kn CO2/kg	kn CO2/kg
vorhanden	0,786	349,4	baubook	28	64,70	1.095,29	-138,95	0,38	1,68				

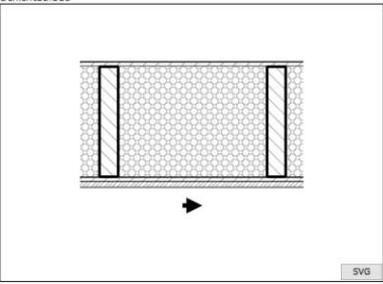
Kapitel 4.2 AD Lopas

ADh Außendecke hinterlüftet Ändern

Bd.Nr. Bezeichnung Beschreibung

Schichtaufbau Anteile Unterer Grenzwert U-Wert Dampfdiffusion Schall Speichermasse Lasten ÖKO-Daten Rahmenwerte Gutachten LCA

Nr.	Bezeichnung	Dicke	Breite	Achse	Raumgew	λ	μ berück.
1	Unterdeck- und Unterspannbahn Wütötop 170 SK	0,0010			300	0,220	20 J
2	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, technisc	0,0230			475	0,120	20 J
3.0	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - gehobelt, tech	0,6000	V	0,100	0,900	475	0,120
3.1	SonnenKlee Baustrohballen	0,6000			105	0,050	2 J
4	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, technisc	0,0230			475	0,120	20 J
5	Lehmputz getrocknet	0,0320			1,700	0,810	10 J



d	m'	Dampf Diffusion	Rw Schall	U
m	kg/m ²		dB	W/m ² K
vorhanden	0,679	164,2	OK	0,090
erforderlich			≥ 47	≥ 0,20

d	m'	Speichermasse innen	Speichermasse außen	R' _T	R'' _T	Rw Schall	L'nT,w Schall	U
m ²	kg/m ²	kg/m ²	kg/m ²	m ² K/W	m ² K/W	dB	dB	W/m ² K
vorhanden	0,679	164,2	67,7	22,6	11,096	11,012		0,090
erforderlich							≥ 47	≥ 0,20

Schichtaufbau Anteile Unterer Grenzwert U-Wert Dampfdiffusion Schall Speichermasse Lasten ÖKO-Daten Rahmenwerte Gutachten LCA

Nr.	Bezeichnung	Öko berück.	Dicke	Alter	Lebensd	Δ OI3	Quelle kurz	Quelle lang	PEine	PEine	GWP100	Summe	GWP100	AP	AP	Dichte	Anteil
			m	a	a	Pkt/m ²			MJ/kg	MJ/m ²	kg CO2/kg	kg CO2/m ²	kg SO2/kg	kg SO2/m ²	kg/m ³		
1	Unterdeck- und Unterspannbahn Wütötop 170 SK	ab BG 1	0,0010	0	25	1,33	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	8598	2579		2,825	0,84	0,008322	0,0024	3000	1,000
2	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, t	ab BG 0	0,0230	0	100	-0,44	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	2,51	27,48		-1,499	-16,38	0,000944	0,0103	4750	1,000
3.0	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - gehobelt	ab BG 0	0,6000	0	100	1,61	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	3,58	113,61		-1,438	-45,55	0,001283	0,0406	4750	0,111
3.1	SonnenKlee Baustrohballen	ab BG 0	0,6000	0	50	-3,77	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	0,80	44,86		-1,245	-69,76	0,000852	0,0477	1050	0,888
4	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, t	ab BG 0	0,0230	0	100	-0,44	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	2,51	27,48		-1,499	-16,38	0,000944	0,0103	4750	1,000
5	Lehmputz getrocknet	ab BG 0	0,0320	0	35	5,72	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	1,49	81,12		0,092	5,01	0,000301	0,0163	1,7000	1,000

Ausstattungen:

Nr.	Bezeichnung	Öko	Menge	Alter	Lebensd	Δ OI3	Quelle kurz	Quelle lang	PEine	PEine	GWP100	Prozess	GWP100	C-Gehalt	GWP100	Summe
		berück.	kn/m ²	a	a	Pkt/m ²			MJ/m ²	MJ/m ²	kg CO2/m ²					
vorhanden	0,679	164,2	baubook	-32	4,01	320,38	-142,22	0,12	1,73							

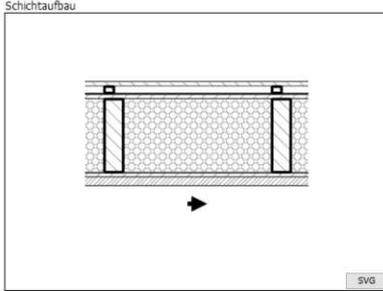
Kapitel 4.2 AW Lopas

AwH Außenwand hinterlüftet Ändern

Bd.Nr. 2.2 Bezeichnung AW Lopas Beschreibung

Schichtaufbau Anteile Untere Grenzwert U-Wert Dampfdiffusion Schall Speichermasse Lasten ÖKO-Daten Rahmenwerte Gutachten LCA

Nr.	Bezeichnung	Dicke	Breite	Achse	Raumgew	λ	μ berück.	
1	Nutzholz (525 kg/m ³ - zB Lärche) - gehobelt, techn. getrock	0,0250			525	0,130	20 N	
2.0	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - gehobelt, tech	0,0400	V	0,050	475	0,120	20 N	
2.1	Luftschicht stehend, Wärmefluss horizontal 35 < d <= 40	0,0400			1	0,222	1 N	
3	Lehmputz getrocknet	0,0050			1.700	0,810	10 J	
4	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, technisc	0,0230			475	0,120	20 J	
5.0	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - gehobelt, tech	0,4000	V	0,100	0,900	475	0,120	20 J
5.1	SonnenKlee Baustrohballen	0,4000			105	0,050	2 J	
6	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, technisc	0,0230			475	0,120	20 J	
7	Lehmputz getrocknet	0,0470			1.700	0,810	10 J	



d	m'	Dampf Diffusion	Rw Schall	U
m	kg/m ²		dB	W/m ² K
vorhanden	0,563	182,9	OK	0,130
erforderlich			≥ 43	≥ 0,35

d	m'	Speichermasse innen	Speichermasse außen	R' _T	R'' _T	Rw Schall	L'nT,w Schall	U
m ²	kg/m ²	kg/m ²	kg/m ²	m ² K/W	m ² K/W	dB	dB	W/m ² K
vorhanden	0,563	182,9	87,9	30,5	7,718	7,631		0,130
erforderlich							≥ 43	0,35

Schichtaufbau Anteile Untere Grenzwert U-Wert Dampfdiffusion Schall Speichermasse Lasten ÖKO-Daten Rahmenwerte Gutachten LCA

Nr.	Bezeichnung	Öko berück.	Dicke	Alter	Lebensd	Δ OI3	Quelle kurz	Quelle lang	PEine	PEine	GWP100 Summe	GWP100	AP	AP	Dichte	Anteil
			m	a	a	Pkt/m ²			MJ/kg	MJ/m ²	kg CO2/kg	kg CO2/m ²	kg SO2/kg	kg SO2/m ²	kg/m ³	%
1	Nutzholz (525 kg/m ³ - zB Lärche) - gehobelt, techn.	ab BG 1	0,0250	0	50	0,73	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	3,94	51,80	-1,582	-20,76	0,001411	0,0185	525,0	1,000
2.0	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - gehobelt	ab BG 1	0,0400	0	50	0,05	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	3,58	3,78	-1,438	-1,51	0,001283	0,0013	475,0	0,055
2.1	Luftschicht stehend, Wärmefluss horizontal 35 <	Nicht ber	0,0400	0	0	0,00	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	0,00	0,00	0,000	0,00	0,000000	0,0000	1,2	0,944
3	Lehmputz getrocknet	ab BG 0	0,0050	0	35	0,89	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	1,49	12,67	0,092	0,78	0,000301	0,0025	1.700,0	1,000
4	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, t	ab BG 0	0,0230	0	100	-0,44	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	2,51	27,48	-1,499	-16,38	0,000944	0,0103	475,0	1,000
5.0	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - gehobel	ab BG 0	0,4000	0	100	1,07	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	3,58	75,74	-1,438	-30,36	0,001283	0,0270	475,0	0,111
5.1	SonnenKlee Baustrohballen	ab BG 0	0,4000	0	50	-2,51	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	0,80	29,91	-1,245	-46,50	0,000852	0,0318	105,0	0,888
6	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, t	ab BG 0	0,0230	0	100	-0,44	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	2,51	27,48	-1,499	-16,38	0,000944	0,0103	475,0	1,000
7	Lehmputz getrocknet	ab BG 0	0,0470	0	35	8,41	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	1,49	119,15	0,092	7,36	0,000301	0,0240	1.700,0	1,000

Ausstattungen:

Nr.	Bezeichnung	Öko	Menge	Alter	Lebensd	Δ OI3	Quelle kurz	Quelle lang	PEine	PEine	GWP100 Prozess	GWP100 C-Gehalt	GWP100 Summe
		berück.	kn/m ²	a	a	Pkt/m ²			MJ/m ²	MJ/m ²	kn CO2/m ²	kn CO2/m ²	kn CO2/m ²
vorhanden	0,563	182,9	baubook	-28	7,76	348,05	-123,78	0,12	1,26				

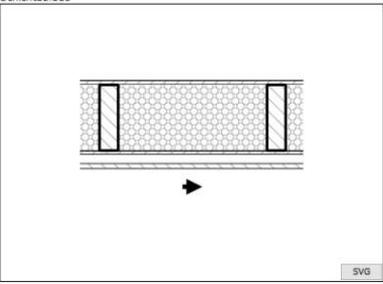
Kapitel 4.2 AD vivihouse

ADh Außendecke hinterlüftet Ändern

Bd.Nr. 3.1 Bezeichnung AD vivihouse Beschreibung

Schichtaufbau Anteile Unterer Grenzwert U-Wert Dampfdiffusion Schall Speichermasse Lasten ÖKO-Daten Rahmenwerte Gutachten LCA

Nr.	Bezeichnung	Dicke	Breite	Achse	Raumgew	λ	μ berück.
1	Unterdeck- und Unterspannbahn Wütop 170 SK	0,0010			300	0,220	20 J
2	MDF-Platten mitteldichte Faserplatte (600 kg/m ³)	0,0200			600	0,120	12 J
3.0	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - gehobelt, tech	0,3600	V	0,100	0,900	0,120	20 J
3.1	SonnenKlee Baustrohballen	0,3600			105	0,050	2 J
4	AGEPAN® OSB/3 PUR	0,0180			600	0,130	250 J
5	Luftschicht stehend, Wärmefluss nach oben 46 < d <= 50	0,0500			1	0,313	1 J
6	Schwörer 3-Schichtplatte Fichte (PEFC)	0,0270			450	0,120	188 J



d	m'	Dampf Diffusion	Rw Schall	U
m	kg/m ²		dB	W/m ² K
vorhanden	0,476	87,9	OK	0,139
erforderlich			≥ 47	≥ 0,20

d	m'	Speichermasse innen	Speichermasse außen	R' _T	R'' _T	Rw Schall	L'nT,w Schall	U
m ²	kg/m ²	kg/m ²	kg/m ²	m ² K/W	m ² K/W	dB	dB	W/m ² K
vorhanden	0,476	87,9	35,3	26,6	7,229	7,125		0,139
erforderlich					≥ 47		≥ 53	0,20

Schichtaufbau Anteile Unterer Grenzwert U-Wert Dampfdiffusion Schall Speichermasse Lasten ÖKO-Daten Rahmenwerte Gutachten LCA

Nr.	Bezeichnung	Öko berück.	Dicke	Alter	Lebensd	ΔIO3	Quelle kurz	Quelle lang	PEine	PEine	GWP100	Summe	GWP100	AP	AP	Dichte	Anteil
			m	a	a	Pkt/m ²			MJ/kg	MJ/m ²	kg CO2/kg	kg CO2/m ²	kg SO2/kg	kg SO2/m ²	kg/m ³		
1	Unterdeck- und Unterspannbahn Wütop 170 SK	ab BG 1	0,0010	0	25	1,33	baubook	baubook_datan_20210913_V2_	8598	2579		2,825	0,84	0,008322	0,0024	3000	1,000
2	MDF-Platten mitteldichte Faserplatte (600 kg/m ³)	ab BG 0	0,0200	0	50	9,00	baubook	baubook_datan_20210913_V2_	11,14	133,72		-1,035	-12,42	0,004132	0,0495	6000	1,000
3.0	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - gehobelt	ab BG 0	0,3600	0	100	0,97	baubook	baubook_datan_20210913_V2_	3,58	68,17		-1,438	-27,33	0,001283	0,0243	4750	0,111
3.1	SonnenKlee Baustrohballen	ab BG 0	0,3600	0	50	-2,26	baubook	baubook_datan_20210913_V2_	0,80	26,92		-1,245	-41,85	0,000852	0,0286	1050	0,888
4	AGEPAN® OSB/3 PUR	ab BG 0	0,0180	0	50	4,03	baubook	baubook_datan_20210913_V2_	8,55	92,41		-1,151	-12,43	0,002096	0,0226	6000	1,000
5	Luftschicht stehend, Wärmefluss nach oben 46 < d	Nicht ber	0,0500	0	0	0,00	baubook	baubook_datan_20210913_V2_	0,00	0,00		0,000	0,00	0,000000	0,0000	1,2	1,000
6	Schwörer 3-Schichtplatte Fichte (PEFC)	ab BG 1	0,0270	0	50	6,36	baubook	baubook_datan_20210913_V2_	9,20	111,80		-1,003	-12,18	0,002881	0,0350	4500	1,000

Ausstattungen:

Nr.	Bezeichnung	Öko berück.	Menge	Alter	Lebensd	ΔIO3	Quelle kurz	Quelle lang	PEine	PEine	GWP100	Prozess	GWP100	C-Gehalt	GWP100	Summe
			kn/m ²	a	a	Pkt/m ²			MJ/m ²	MJ/m ²	kg CO2/m ²					
vorhanden	0,476	87,9				baubook	-16	19,43	458,83	-105,38	0,16	1,16				

Kapitel 4.2 AW vivihouse

AwH Außenwand hinterlüftet Ändern

Bd.Nr. 3.2 Bezeichnung AW vivihouse Beschreibung

Schichtaufbau Anteile Unterer Grenzwert U-Wert Dampfdiffusion Schall Speichermasse Lasten ÖKO-Daten Rahmenwerte Gutachten LCA

Nr.	Bezeichnung	Dicke	Breite	Achse	Raumgew	λ	μ berück.
1	Nutzholz (525 kg/m ³ - zB Lärche) - gehobelt, techn. getrock	0,0190			525	0,130	20 N
2.0	Nutzholz (525 kg/m ³ - zB Lärche) - gehobelt, techn. getrock	0,0320	H	0,068	0,900	525	0,130 20 N
2.1	Luftschicht stehend, Wärmefluss horizontal 50 < d <= 5!	0,0320			1	0,306	1 N
3.0	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - gehobelt, tech	0,0190	V	0,096	0,900	475	0,120 20 N
3.1	Luftschicht stehend, Wärmefluss horizontal 50 < d <= 5!	0,0190			1	0,306	1 N
4	MDF-Platten mitteldichte Faserplatte (600 kg/m ³)	0,0150			600	0,120	12 J
5.0	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - gehobelt, tech	0,3600	V	0,100	0,900	475	0,120 20 J
5.1	SonnenKlee Baustrohballen	0,3600			105	0,050	2 J
6	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, technisc	0,0240			475	0,120	20 J
7	Lehmputz getrocknet	0,0270			1.700	0,810	10 J

d	m'	Dampf Diffusion	Rw Schall	U
m	kg/m ²		dB	W/m ² K
vorhanden	0,496	131,2	OK	0,145
erforderlich			± 43	± 0,35

d	m'	Speichermasse innen	Speichermasse außen	R' _T	R'' _T	Rw Schall	L'nT,w Schall	U
m ²	kg/m ²	kg/m ²	kg/m ²	m ² K/W	m ² K/W	dB	dB	W/m ² K
vorhanden	0,496	131,2	61,7	23,2	6,925	6,849		0,145
erforderlich							± 43	0,35

Schichtaufbau Anteile Unterer Grenzwert U-Wert Dampfdiffusion Schall Speichermasse Lasten ÖKO-Daten Rahmenwerte Gutachten LCA

Nr.	Bezeichnung	Öko berück.	Dicke m	Alter a	Lebensd a	Δ OI3 Pkt/m ²	Quelle kurz	Quelle lang	PEine MJ/kg	PEine MJ/m ²	GWP100 Summe kg CO2/m ²	GWP100 kg CO2/m ²	AP kg SO2/m ²	AP kg SO2/m ²	Dichte kg/m ³	Anteil
1	Nutzholz (525 kg/m ³ - zB Lärche) - gehobelt, techn.	ab BG 1	0,0190	0	50	0,56	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	3,94	3936	-1,582	-15,78	0,001411	0,0140	525,0	1,000
2.0	Nutzholz (525 kg/m ³ - zB Lärche) - gehobelt, techn.	ab BG 1	0,0320	0	50	0,07	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	3,94	5,00	-1,582	-2,00	0,001411	0,0017	525,0	0,075
2.1	Luftschicht stehend, Wärmefluss horizontal 50 <	Nicht ber	0,0320	0	0	0,00	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	0,00	0,00	0,000	0,00	0,000000	0,0000	1,2	0,924
3.0	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - gehobel	ab BG 1	0,0190	0	50	0,05	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	3,58	3,45	-1,438	-1,38	0,001283	0,0012	475,0	0,106
3.1	Luftschicht stehend, Wärmefluss horizontal 50 <	Nicht ber	0,0190	0	0	0,00	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	0,00	0,00	0,000	0,00	0,000000	0,0000	1,2	0,893
4	MDF-Platten mitteldichte Faserplatte (600 kg/m ³)	ab BG 0	0,0150	0	50	6,75	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	11,14	100,29	-1,035	-9,31	0,004132	0,0371	600,0	1,000
5.0	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - gehobel	ab BG 0	0,3600	0	100	0,97	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	3,58	68,17	-1,438	-27,33	0,001283	0,0243	475,0	0,111
5.1	SonnenKlee Baustrohballen	ab BG 0	0,3600	0	50	-2,26	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	0,80	269,2	-1,245	-41,85	0,000852	0,0286	105,0	0,888
6	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, t	ab BG 0	0,0240	0	100	-0,46	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	2,51	28,68	-1,499	-17,09	0,000944	0,0107	475,0	1,000
7	Lehmputz getrocknet	ab BG 0	0,0270	0	35	4,83	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	1,49	68,45	0,092	4,23	0,000301	0,0138	1.700,0	1,000

Ausstattungen:

Nr.	Bezeichnung	Öko berück.	Menge kn/m ²	Alter a	Lebensd a	Δ OI3 Pkt/m ²	Quelle kurz	Quelle lang	PEine MJ/kg	PEine MJ/m ²	GWP100 Prozess kg CO2/m ²	GWP100 C-Gehalt kg CO2/m ²	AP kg SO2/m ²	GWP100 Summe kg CO2/m ²
vorhanden			0,496			131,2	baubook		-25	10,51	340,35	-110,54	0,13	1,14

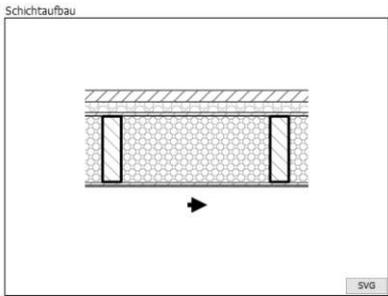
Kapitel 4.2 BO vivihouse

DDh Decke üb Durchfahrt hinterlüftet Ändern

Bd.Nr. 3.3 Bezeichnung BO vivihouse

Schichtaufbau Anteile Unterer Grenzwert U-Wert Dampfdiffusion Schall Speichermasse Lasten ÖKO-Daten Rahmenwerte Gutachten LCA

Nr.	Bezeichnung	Dicke	Breite	Achse	Raumgew	λ	μ berück.
1	Holzspandämmplatte zementgebunden (650 kg/m ³)	0,0080			650	0,160	2 J
2	MDF-Platten mitteldichte Faserplatte (600 kg/m ³)	0,0150			600	0,120	12 J
3.0	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - gehobelt, tech	0,3600	V	0,100	0,900	475	0,120
3.1	SonnenKlee Baustrohballen	0,3600			105	0,050	2 J
4	AGEPAN® OSB/3 PUR	0,0180			600	0,130	250 J
5	Schüttungen aus Sand, Kies, Splitt (1800 kg/m ³)	0,0580			1.800	0,700	0 J
6	Lehm - Massivlehm 2000 kg/m ³	0,0620			2.000	1,000	10 J



d	m'	Dampf Diffusion	Rw Schall	U
m	kg/m ²		dB	W/m ² K
vorhanden	0,521	306,0	OK	0,141
erforderlich			≥ 60	≥ 0,20

d	m'	Speichermasse innen	Speichermasse außen	R' _T	R'' _T	Rw Schall	L'nT,w Schall	U
m ²	kg/m ²	kg/m ²	kg/m ²	m ² K/W	m ² K/W	dB	dB	W/m ² K
vorhanden	0,521	306,0	163,0	27,8	7,123	7,029		0,141
erforderlich							≥ 60	≥ 0,20

Schichtaufbau Anteile Unterer Grenzwert U-Wert Dampfdiffusion Schall Speichermasse Lasten ÖKO-Daten Rahmenwerte Gutachten LCA

Nr.	Bezeichnung	Öko berück.	Dicke	Alter	Lebensd	ΔOI3	Quelle kurz	Quelle lang	PEine	PEine	GWP100	Summe	GWP100	AP	AP	Dichte	Anteil
			m	a	a	Pkt/m ²			MJ/kg	MJ/m ²	kg CO2/kg	kg CO2/m ²	kg CO2/m ²	kg SO2/kg	kg SO2/m ²	kg/m ³	
1	Holzspandämmplatte zementgebunden (650 kg/m ³)	ab BG 1	0,0080	0	50	0,98	baubook	baubook_datan_20210913_V2_	3,26	1697	-0,303	-1,57	0,000977	0,0050	6500	1,000	
2	MDF-Platten mitteldichte Faserplatte (600 kg/m ³)	ab BG 0	0,0150	0	50	6,75	baubook	baubook_datan_20210913_V2_	11,14	10029	-1,035	-9,31	0,004132	0,0371	6000	1,000	
3.0	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - gehobelt	ab BG 0	0,3600	0	100	0,97	baubook	baubook_datan_20210913_V2_	3,58	68,17	-1,438	-27,33	0,001283	0,0243	4750	0,111	
3.1	SonnenKlee Baustrohballen	ab BG 0	0,3600	0	50	-2,26	baubook	baubook_datan_20210913_V2_	0,80	2692	-1,245	-41,85	0,000852	0,0286	1050	0,888	
4	AGEPAN® OSB/3 PUR	ab BG 0	0,0180	0	50	4,03	baubook	baubook_datan_20210913_V2_	8,55	9241	-1,151	-12,43	0,002096	0,0226	6000	1,000	
5	Schüttungen aus Sand, Kies, Splitt (1800 kg/m ³)	ab BG 0	0,0580	0	50	1,15	baubook	baubook_datan_20210913_V2_	0,10	1082	0,007	0,73	0,000048	0,0050	1.8000	1,000	
6	Lehm - Massivlehm 2000 kg/m ³	ab BG 0	0,0620	0	50	3,37	baubook	baubook_datan_20210913_V2_	0,38	47,17	0,021	2,67	0,000082	0,0101	2.0000	1,000	

Ausstattungen:

Nr.	Bezeichnung	Öko berück.	Menge	Alter	Lebensd	ΔOI3	Quelle kurz	Quelle lang	PEine	PEine	GWP100	Prozess	GWP100	C-Gehalt	GWP100	Summe
			kn/m ²	a	a	Pkt/m ²			MJ/m ²	MJ/m ²	kg CO2/kg	kg CO2/m ²				
vorhanden	0,521	306,0				baubook	-21	14,99	362,76	-89,10	0,13	1,29				

Kapitel 4.3 AD StrohSolSan

ADh Außendecke hinterlüftet Ändern

Bd.Nr. 4.1 Bezeichnung AD StrohSolSan

Schichtaufbau Anteile Unterer Grenzwert U-Wert Dampfdiffusion Schall Speichermasse Lasten ÖKO-Daten Rahmenwerte Gutachten LCA

Nr.	Bezeichnung	Dicke	Breite	Achse	Raumgew	λ	μ berück.
1	Unterdeck- und Unterspannbahn Wütötop 170 SK	0,0010			300	0,220	20 J
2	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, technisc	0,0200			475	0,120	20 J
3.0	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - gehobelt, tech	0,3600	V	0,100	0,900	475	0,120
3.1	SonnenKlee Baustrohballen	0,3600			105	0,050	2 J
4	AGEPAN® OSB/3 PUR	0,0200			600	0,130	250 J
5	AGEPAN® THD N+F	0,0400			230	0,052	3 J
6	Lehmputz getrocknet	0,0050			1,700	0,810	10 J

d	m'	Dampf Diffusion	Rw Schall	U
m	kg/m ²		dB	W/m ² K
vorhanden	0,446	92,1	OK	0,132
erforderlich			± 47	± 0,20

d	m'	Speichermasse innen	Speichermasse außen	R' _T	R'' _T	Rw Schall	L'nT,w Schall	U
m ²	kg/m ²	kg/m ²	kg/m ²	m ² K/W	m ² K/W	dB	dB	W/m ² K
vorhanden	0,446	92,1	24,7	7,669	7,531			0,132
erforderlich						± 47	± 53	0,20

Schichtaufbau Anteile Unterer Grenzwert U-Wert Dampfdiffusion Schall Speichermasse Lasten ÖKO-Daten Rahmenwerte Gutachten LCA

Nr.	Bezeichnung	Öko berück.	Dicke	Alter	Lebensd	Δ OI3	Quelle kurz	Quelle lang	PEine	PEine	GWP100	Summe	GWP100	AP	AP	Dichte	Anteil
			m	a	a	Pkt/m ²			MJ/kg	MJ/m ²	kg CO2/kg	kg CO2/m ²	kg CO2/m ²	kg SO2/kg	kg SO2/m ²	kg/m ³	-
1	Unterdeck- und Unterspannbahn Wütötop 170 SK	ab BG 1	0,0010	0	25	1,33	baubook	baubook_datan_20210913_V2_	8598	2579		2,825	0,84	0,008322	0,0024	3000	1,000
2	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, t	ab BG 0	0,0200	0	100	-0,38	baubook	baubook_datan_20210913_V2_	2,51	2390		-1,499	-14,24	0,000944	0,0089	4750	1,000
3.0	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - gehobelt	ab BG 0	0,3600	0	100	0,97	baubook	baubook_datan_20210913_V2_	3,58	68,17		-1,438	-27,33	0,001283	0,0243	4750	0,111
3.1	SonnenKlee Baustrohballen	ab BG 0	0,3600	0	50	-2,26	baubook	baubook_datan_20210913_V2_	0,80	2692		-1,245	-41,85	0,000852	0,0286	1050	0,888
4	AGEPAN® OSB/3 PUR	ab BG 0	0,0200	0	50	4,47	baubook	baubook_datan_20210913_V2_	8,55	102,67		-1,151	-13,81	0,002096	0,0251	6000	1,000
5	AGEPAN® THD N+F	ab BG 0	0,0400	0	50	8,09	baubook	baubook_datan_20210913_V2_	14,39	132,43		-0,804	-7,39	0,004000	0,0368	2300	1,000
6	Lehmputz getrocknet	ab BG 0	0,0050	0	35	0,89	baubook	baubook_datan_20210913_V2_	1,49	12,67		0,092	0,78	0,000301	0,0025	1,7000	1,000

Ausstattungen:

Nr.	Bezeichnung	Öko berück.	Menge	Alter	Lebensd	Δ OI3	Quelle kurz	Quelle lang	PEine	PEine	GWP100	Prozess	GWP100	C-Gehalt	GWP100	Summe
			kn/m ²	a	a	Pkt/m ²			MJ/m ²	MJ/m ²	kg CO2/m ²					
vorhanden	0,446	92,1				baubook	-23	13,11	392,58	-103,02	0,12	1,33				

Kapitel 4.3 AW StrohSolSan

AW Außenwand Ändern

Bd.Nr. 4.2 Bezeichnung AW StrohSolSan

Schichtaufbau Anteile Untere Grenzwert U-Wert Dampfdiffusion Schall Speichermasse Lasten ÖKO-Daten Rahmenwerte Gutachten LCA

Nr.	Bezeichnung	Dicke	Breite	Achse	Raumgew	λ	μ berück.	
1	RÖFIX Silikatputz	0,0100			1.800	0,700	30 J	
2	AGEPAN® THD N+F	0,0400			230	0,052	3 J	
3	MDF-Platten mitteldichte Faserplatte (600 kg/m³)	0,0200			600	0,120	12 J	
4.0	Nutzholz (475 kg/m³ - zB Fichte/Tanne) - gehobelt, tech	0,3600	V	0,100	0,900	475	0,120	20 J
4.1	SonnenKlee Baustrohballen	0,3600			105	0,050	2 J	
5	AGEPAN® OSB/3 PUR	0,0200			600	0,130	250 J	
6	AGEPAN® THD N+F	0,0400			230	0,052	3 J	
7	Lehmputz getrocknet	0,0050			1.700	0,810	10 J	

d	m'	Dampf Diffusion	Rw Schall	U
m	kg/m²		dB	W/m²K
vorhanden	0,495	121,5	OK	0,119
erforderlich			± 43	± 0,35

d	m'	Speichermasse innen	Speichermasse außen	R' _T	R'' _T	Rw Schall	L'nT,w Schall	U
m	kg/m²	kg/m²	kg/m²	m²K/W	m²K/W	dB	dB	W/m²K
vorhanden	0,495	121,5	24,7	32,7	8,466	8,280		0,119
erforderlich							± 43	0,35

Schichtaufbau Anteile Untere Grenzwert U-Wert Dampfdiffusion Schall Speichermasse Lasten ÖKO-Daten Rahmenwerte Gutachten LCA

Nr.	Bezeichnung	Öko berück.	Dicke	Alter	Lebensd	Δ OI3	Quelle kurz	Quelle lang	PEine	PEine	GWP100	Summe	GWP100	AP	AP	Dichte	Anteil
			m	a	a	Pkt/m²			MJ/kg	MJ/m²	kg CO2/kg	kg CO2/m²	kg SO2/kg	kg SO2/m²	kg/m³		
1	RÖFIX Silikatputz	ab BG 0	0,0100	0	35	15,12	baubook	baubook_datan_20210913_V2_	1140	20529	0,531	9,56	0,002785	0,0501	1.8000	1,000	
2	AGEPAN® THD N+F	ab BG 0	0,0400	0	50	8,09	baubook	baubook_datan_20210913_V2_	1439	13243	-0,804	-7,39	0,004000	0,0368	2300	1,000	
3	MDF-Platten mitteldichte Faserplatte (600 kg/m³)	ab BG 0	0,0200	0	50	9,00	baubook	baubook_datan_20210913_V2_	11,14	133,72	-1,035	-12,42	0,004132	0,0495	6000	1,000	
4.0	Nutzholz (475 kg/m³ - zB Fichte/Tanne) - gehobelt	ab BG 0	0,3600	0	100	0,97	baubook	baubook_datan_20210913_V2_	3,58	68,17	-1,438	-27,33	0,001283	0,0243	4750	0,111	
4.1	SonnenKlee Baustrohballen	ab BG 0	0,3600	0	50	-2,26	baubook	baubook_datan_20210913_V2_	0,80	26,92	-1,245	-41,85	0,000852	0,0286	1050	0,888	
5	AGEPAN® OSB/3 PUR	ab BG 0	0,0200	0	50	4,47	baubook	baubook_datan_20210913_V2_	8,55	102,67	-1,151	-13,81	0,002096	0,0251	6000	1,000	
6	AGEPAN® THD N+F	ab BG 0	0,0400	0	50	8,09	baubook	baubook_datan_20210913_V2_	1439	13243	-0,804	-7,39	0,004000	0,0368	2300	1,000	
7	Lehmputz getrocknet	ab BG 0	0,0050	0	35	0,89	baubook	baubook_datan_20210913_V2_	1,49	12,67	0,092	0,78	0,000301	0,0025	1.7000	1,000	

Ausstattungen:

Nr.	Bezeichnung	Öko	Menge	Alter	Lebensd	Δ OI3	PEI	GWP	AP	EI KON
		berück.	kn/m²	a	a	Pkt/m²	MJ/m²	kg CO2/m²	kg SO2/m²	Pkt/m²
vorhanden	0,495	121,5	baubook	8	44,37	814,34	-99,88	0,25	1,72	

Kapitel 4.3 AW-san StrohSolSan

AW Außenwand Ändern

Bbl.Nr. 4.3 Bezeichnung AW-san StrohSolSan

Sanierung

Schichtaufbau Anteile Untere Grenzwert U-Wert Dampfdiffusion Schall Speichermasse Lasten ÖKO-Daten Rahmenwerte Gutachten LCA

Nr.	Bezeichnung	Dicke	Breite	Achse	Raumgew	λ	μ berück.	
1	RÖFIX Silikatputz	0,0100			1.800	0,700	30 J	
2	AGEPAN® THD N+F	0,0400			230	0,052	3 J	
3	MDF-Platten mitteldichte Faserplatte (600 kg/m³)	0,0200			600	0,120	12 J	
4.0	Nutzholz (475 kg/m³ - zB Fichte/Tanne) - gehobelt, tech	0,2000	V	0,100	0,900	475	0,120	20 J
4.1	SonnenKlee Baustrohballen	0,2000			105	0,050	2 J	
5	Klinker voll + Normalmauermörtel (2100 kg/m³)	B	0,3500		2.100	0,870	50 J	

d	m'	Dampf Diffusion	Rw Schall	U
m	kg/m²		dB	W/m²K
vorhanden	0,620	803,4	OK	0,198
erforderlich			± 43	± 0,35

d	m'	Speichermasse innen	Speichermasse außen	R' _T	R'' _T	Rw Schall	L'nT,w Schall	U
m²	kg/m²	kg/m²	kg/m²	m²K/W	m²K/W	dB	dB	W/m²K
vorhanden	0,620	803,4	151,0	32,7	5,107	4,984		0,198
erforderlich							± 43	0,35

Schichtaufbau Anteile Untere Grenzwert U-Wert Dampfdiffusion Schall Speichermasse Lasten ÖKO-Daten Rahmenwerte Gutachten LCA

Nr.	Bezeichnung	Öko berück.	Dicke	Alter	Lebensd	Δ OI3	Quelle kurz	Quelle lang	PEine	PEine	GWP100	Summe	GWP100	AP	AP	Dichte	Anteil
			m	a	a	Pkt/m²			MJ/kg	MJ/m²	kg CO2/kg	kg CO2/m²	kg SO2/kg	kg SO2/m²	kg/m³		
1	RÖFIX Silikatputz	ab BG 0	0,0100	0	35	15,12	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	1140	20529	0,531	9,56	0,002785	0,0501	1.8000	1,000	
2	AGEPAN® THD N+F	ab BG 0	0,0400	0	50	8,09	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	1439	13243	-0,804	-7,39	0,004000	0,0368	2300	1,000	
3	MDF-Platten mitteldichte Faserplatte (600 kg/m³)	ab BG 0	0,0200	0	50	9,00	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	11,14	133,72	-1,035	-12,42	0,004132	0,0495	6000	1,000	
4.0	Nutzholz (475 kg/m³ - zB Fichte/Tanne) - gehobelt	ab BG 0	0,2000	0	100	0,54	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	3,58	378,7	-1,438	-15,18	0,001283	0,0135	4750	0,111	
4.1	SonnenKlee Baustrohballen	ab BG 0	0,2000	0	50	-1,26	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	0,80	14,95	-1,245	-23,25	0,000852	0,0159	1050	0,888	
5	Klinker voll + Normalmauermörtel (2100 kg/m³)	B	Nicht ber	0,3500	0	100	0,00	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	3,85	0,00	0,233	0,00	0,000369	0,0000	2.1000	1,000

Ausstattungen:

Nr.	Bezeichnung	Öko berück.	Menge	Alter	Lebensd	Δ OI3	Quelle kurz	Quelle lang	PEine	PEine	GWP100	Prozess	GWP100	C-Gehalt	GWP100	Summe
			kn/m²	a	a	Pkt/m²			MJ/m²	MJ/m²	kg CO2/kg	kg CO2/m²	kg CO2/m²	kg CO2/m²	kg CO2/m²	
vorhanden			baubook	-4	31,49	524,28	-48,69	0,16	0,94							

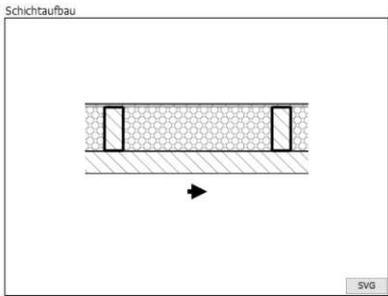
Kapitel 4.3 AD StroHaus Wien

ADh Außendecke hinterlüftet Ändern

Bd.Nr. 5.1 Bezeichnung AD StroHaus Wien
 Beschreibung Isozell

Schichtaufbau Anteile Untere Grenzwert U-Wert Dampfdiffusion Schall Speichermasse Lasten ÖKO-Daten Rahmenwerte Gutachten LCA

Nr.	Bezeichnung	Dicke	Breite	Achse	Raumgew	λ	μ berück.
1	Unterdeck- und Unterspannbahn Wütop 170 SK	0,0010			300	0,220	20 J
2	MDF-Platten mitteldichte Faserplatte (600 kg/m ³)	0,0150			600	0,120	12 J
3.0	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - gehobelt, tech	0,2400	V	0,100	0,900	475	0,120
3.1	ISOCELL Zellulosefaserdämmstoff	0,2400			54	0,038	3 J
4	ISOCELL ÖKO-NATUR Dampfbremse	0,0002			500	0,170	26,878 J
5	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - gehobelt, tech	0,1200			475	0,120	20 J



d	m'	Dampf Diffusion	Rw Schall	U
m	kg/m ²		dB	W/m ² K
vorhanden	0,376	90,6	OK	0,153
erforderlich			≥ 47	≥ 0,20

d	m'	Speichermasse innen	Speichermasse außen	R' _T	R'' _T	Rw Schall	L'nT,w Schall	U
m ²	kg/m ²	kg/m ²	kg/m ²	m ² K/W	m ² K/W	dB	dB	W/m ² K
vorhanden	0,376	90,6	34,8	21,4	6,685	6,425		0,153
erforderlich							≥ 47	≥ 0,20

Schichtaufbau Anteile Untere Grenzwert U-Wert Dampfdiffusion Schall Speichermasse Lasten ÖKO-Daten Rahmenwerte Gutachten LCA

Nr.	Bezeichnung	Öko berück.	Dicke	Alter	Lebensd	ΔOI3	Quelle kurz	Quelle lang	PEine	PEine	GWP100 Summe	GWP100	AP	AP	Dichte	Anteil
			m	a	a	Pkt/m ²			MJ/kg	MJ/m ²	kg CO2/kg	kg CO2/m ²	kg SO2/kg	kg SO2/m ²	kg/m ³	-
1	Unterdeck- und Unterspannbahn Wütop 170 SK	ab BG 1	0,0010	0	25	1,33	baubook	baubook_datan_20210913_V2_	8598	25799	2,825	0,84	0,008322	0,0024	3000	1,000
2	MDF-Platten mitteldichte Faserplatte (600 kg/m ³)	ab BG 0	0,0150	0	50	6,75	baubook	baubook_datan_20210913_V2_	11,14	10029	-1,035	-9,31	0,004132	0,0371	6000	1,000
3.0	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - gehobelt	ab BG 0	0,2400	0	100	0,64	baubook	baubook_datan_20210913_V2_	3,58	45,44	-1,438	-18,22	0,001283	0,0162	4750	0,111
3.1	ISOCELL Zellulosefaserdämmstoff	ab BG 0	0,2400	0	50	0,77	baubook	baubook_datan_20210913_V2_	3,74	43,08	-1,210	-13,93	0,001080	0,0124	540	0,888
4	ISOCELL ÖKO-NATUR Dampfbremse	ab BG 1	0,0002	0	50	0,13	baubook	baubook_datan_20210913_V2_	14,24	1,70	-0,952	-0,11	0,005893	0,0007	5000	1,000
5	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - gehobelt	ab BG 0	0,1200	0	100	2,90	baubook	baubook_datan_20210913_V2_	3,58	20451	-1,438	-8,199	0,001283	0,0731	4750	1,000

Ausstattungen:

Nr.	Bezeichnung	Öko berück.	Menge	Alter	Lebensd	ΔOI3	Quelle kurz	Quelle lang	PEine	PEine	GWP100 Prozess	GWP100 C-Gehalt	GWP100 Summe
			kn/m ²	a	a	Pkt/m ²			MJ/m ²	MJ/m ²	kn CO2/m ²	kn CO2/m ²	kn CO2/m ²
vorhanden	0,376	90,6	baubook	-23	12,52	420,84	-122,73	0,14	1,07				

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
 The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Kapitel 4.3 AW StroHaus Wien

AW Außenwand Ändern

Bd.Nr. 5.2 Bezeichnung AW StroHaus Wien

Schichtaufbau Anteile Untere Grenzwert U-Wert Dampfdiffusion Schall Speichermasse Lasten ÖKO-Daten Rahmenwerte Gutachten LCA

Nr.	Bezeichnung	Dicke	Breite	Achse	Raumgew	λ	μ berück.	
1	Trasskalkputz / -voranspritzer	0,0150			1.400	0,570	5 J	
2	FERMACELL Powerpanel HD	0,0150			1.000	0,400	40 J	
3	MDF-Platten mitteldichte Faserplatte (600 kg/m ³)	0,0150			600	0,120	12 J	
4.0	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - gehobelt, tech	0,2400	V	0,100	0,900	475	0,120	20 J
4.1	SonnenKlee Baustrohballen	0,2400			105	0,050	2 J	
5	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - gehobelt, tech	0,1200			475	0,120	20 J	
6	Lehmputzplatte	0,0220			500	0,140	10 J	
7	Lehmputz getrocknet	0,0080			1.700	0,810	10 J	

d	m'	Dampf Diffusion	Rw Schall	U
m	kg/m ²		dB	W/m ² K
vorhanden	0,435	161,7	OK	0,174
erforderlich			± 43	± 0,35

d	m'	Speichermasse innen	Speichermasse außen	R' _T	R'' _T	Rw Schall	L'nT,w Schall	U
m ²	kg/m ²	kg/m ²	kg/m ²	m ² K/W	m ² K/W	dB	dB	W/m ² K
vorhanden	0,435	161,7	39,9	53,2	5,813	5,680		0,174
erforderlich							± 43	0,35

Schichtaufbau Anteile Untere Grenzwert U-Wert Dampfdiffusion Schall Speichermasse Lasten ÖKO-Daten Rahmenwerte Gutachten LCA

Nr.	Bezeichnung	Öko berück.	Dicke	Alter	Lebensd	ΔIO3	Quelle kurz	Quelle lang	PEine	PEine	GWP100 Summe	GWP100	AP	AP	Dichte	Anteil
			m	a	a	Pkt/m ²			MJ/kg	MJ/m ²	kg CO2/kg	kg CO2/m ²	kg SO2/kg	kg SO2/m ²	kg/m ³	
1	Trasskalkputz / -voranspritzer	ab BG 0	0,0150	0	35	3,78	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	2,04	4290	0,248	5,22	0,000528	0,0110	1.400,0	1,000
2	FERMACELL Powerpanel HD	ab BG 0	0,0150	0	50	14,94	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	12,80	19214	0,965	14,47	0,003063	0,0459	1.000,0	1,000
3	MDF-Platten mitteldichte Faserplatte (600 kg/m ³)	ab BG 0	0,0150	0	50	6,75	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	11,14	10029	-1,035	-9,31	0,004132	0,0371	600,0	1,000
4.0	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - gehobelt	ab BG 0	0,2400	0	100	0,64	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	3,58	4544	-1,438	-18,22	0,001283	0,0162	475,0	0,111
4.1	SonnenKlee Baustrohballen	ab BG 0	0,2400	0	50	-1,51	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	0,80	1794	-1,245	-27,90	0,000852	0,0190	105,0	0,888
5	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - gehobelt	ab BG 0	0,1200	0	100	2,90	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	3,58	20451	-1,438	-81,99	0,001283	0,0731	475,0	1,000
6	Lehmputzplatte	ab BG 0	0,0220	0	50	1,94	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	2,94	3237	-0,029	-0,32	0,000627	0,0068	500,0	1,000
7	Lehmputz getrocknet	ab BG 0	0,0080	0	35	1,43	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	1,49	2028	0,092	1,25	0,000301	0,0040	1.700,0	1,000

Ausstattungen:

Nr.	Bezeichnung	Öko berück.	Menge	Alter	Lebensd	ΔIO3	PEI	GWP	AP	EI KON
			kn/m ²	a	a	Pkt/m ²	MJ/m ²	kg CO2/m ²	kg SO2/m ²	Pkt/m ²
vorhanden		baubook	-5			30,87	655,90	-116,80	0,21	0,99

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
 The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

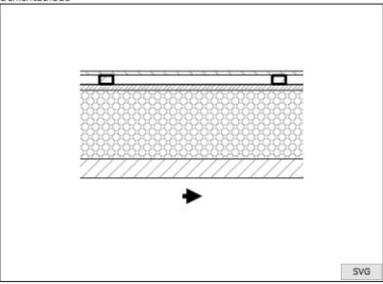
Kapitel 5.2 AW V1

AwH Außenwand hinterlüftet Ändern

Bd.Nr. Bezeichnung
 Beschreibung

Schichtaufbau Anteile Untere Grenzwert U-Wert Dampfdiffusion Schall Speichermasse Lasten ÖKO-Daten Rahmenwerte Gutachten LCA

Nr.	Bezeichnung	Dicke	Breite	Achse	Raumgew	λ	μ berück.
1	Nutzholz (525 kg/m ³ - zB Lärche) - gehobelt, techn. getrock	0,0200			525	0,130	20 N
2.0	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, technisc	0,0500	V	0,070	0,900	475	0,120 N
2.1	Luftschichtstehend, Wärmefluss horizontal 45 < d <= 5<	0,0500			1	0,278	1 N
3	Lehmputz getrocknet	0,0300			1,700	0,810	10 J
4	SonnenKlee Baustrohballen	0,3600			105	0,050	2 J
5	MM crosslam (Brettsperholz) Fichte	0,1000			475	0,120	60 J



d	m'	Dampf Diffusion	Rw Schall	U
m	kg/m ²		dB	W/m ² K
vorhanden	0,560	148,7	OK	0,120
erforderlich			± 43	± 0,35

d	m'	Speichermasse innen	Speichermasse außen	R' _T	R'' _T	Rw Schall	L'nT,w Schall	U
m ²	kg/m ²	kg/m ²	kg/m ²	m ² K/W	m ² K/W	dB	dB	W/m ² K
vorhanden	0,560	148,7	35,5	52,3	8,330	8,330		0,120
erforderlich							± 43	0,35

Schichtaufbau Anteile Untere Grenzwert U-Wert Dampfdiffusion Schall Speichermasse Lasten ÖKO-Daten Rahmenwerte Gutachten LCA

Nr.	Bezeichnung	Öko berück.	Dicke	Alter	Lebensd	Δ OI3	Quelle kurz	Quelle lang	PEine	PEine	GWP100 Summe	GWP100	AP	AP	Dichte	Anteil
			m	a	a	a	Pkt/m ²		MJ/kg	MJ/m ²	kg CO2/kg	kg CO2/m ²	kg SO2/kg	kg SO2/m ²	kg/m ³	
1	Nutzholz (525 kg/m ³ - zB Lärche) - gehobelt, techn.	ab BG 1	0,0200	0	50	0,59	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	3,94	4,144	-1,582	-1,661	0,001411	0,0148	5250	1,000
2.0	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, t	ab BG 1	0,0500	0	50	-0,07	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	2,51	4,64	-1,499	-2,77	0,000944	0,0017	4750	0,077
2.1	Luftschichtstehend, Wärmefluss horizontal 45 <	Nicht ber	0,0500	0	0	0,00	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	0,00	0,00	0,000	0,00	0,000000	0,0000	1,2	0,922
3	Lehmputz getrocknet	ab BG 0	0,0300	0	35	5,37	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	1,49	76,05	0,092	4,70	0,000301	0,0153	1,7000	1,000
4	SonnenKlee Baustrohballen	ab BG 0	0,3600	0	50	-2,54	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	0,80	30,28	-1,245	-47,09	0,000852	0,0322	1050	1,000
5	MM crosslam (Brettsperholz) Fichte	ab BG 0	0,1000	0	100	17,41	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	7,46	354,52	-1,103	-52,41	0,002263	0,1074	4750	1,000

Ausstattungen:

Nr.	Bezeichnung	Öko berück.	Menge	Alter	Lebensd	Δ OI3	Quelle kurz	Quelle lang	PEine	PEine	GWP100 Prozess	GWP100 C-Gehalt	GWP100 Summe
			kn/m ²	a	a	a	Pkt/m ²		MJ/m ²	MJ/m ²	kn CO2/kn	kn CO2/kn	kn CO2/kn
vorhanden	0,560	148,7	baubook			-15	20,76	506,95	-114,18	0,17			1,21

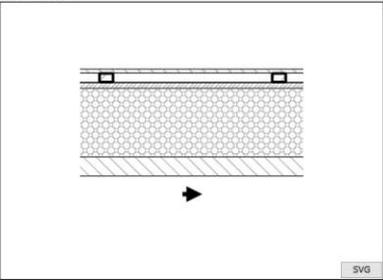
Kapitel 5.2 AW V1 (Massivholz, einstofflich)

AwH Außenwand hinterlüftet Ändern

Bd.Nr. V1. Bezeichnung AW - Vgl. S-House
 Beschreibung Massivholzplatte, einstofflich

Schichtaufbau Anteile Untere Grenzwert U-Wert Dampfdiffusion Schall Speichermasse Lasten ÖKO-Daten Rahmenwerte Gutachten LCA

Nr.	Bezeichnung	Dicke	Breite	Achse	Raumgew	λ	μ berück.
1	Nutzholz (525 kg/m ³ - zB Lärche) - gehobelt, techn. getrock	0,0200			525	0,130	20 N
2.0	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, technisc	0,0500	V	0,070	0,900	475	0,120 20 N
2.1	Luftschichtstehend, Wärmefluss horizontal 45 < d <= 5<	0,0500			1	0,278	1 N
3	Lehmputz getrocknet	0,0300			1,700	0,810	10 J
4	SonnenKlee Baustrohballen	0,3600			105	0,050	2 J
5	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - gehobelt, tech	0,1000			475	0,120	20 J



d	m'	Dampf Diffusion	Rw Schall	U
m	kg/m ²		dB	W/m ² K
vorhanden	0,560	148,7	OK	0,120
erforderlich			± 43	± 0,35

d	m'	Speichermasse innen	Speichermasse außen	R' _T	R'' _T	Rw Schall	L'nT,w Schall	U
m ²	kg/m ²	kg/m ²	kg/m ²	m ² K/W	m ² K/W	dB	dB	W/m ² K
vorhanden	0,560	148,7	35,5	8,330	8,330			0,120
erforderlich						± 43		0,35

Schichtaufbau Anteile Untere Grenzwert U-Wert Dampfdiffusion Schall Speichermasse Lasten ÖKO-Daten Rahmenwerte Gutachten LCA

Nr.	Bezeichnung	Öko berück.	Dicke	Alter	Lebensd	Δ OI3	Quelle kurz	Quelle lang	PEine	PEine	GWP100 Summe	GWP100	AP	AP	Dichte	Anteil
			m	a	a	Pkt/m ²			MJ/kg	MJ/m ²	kg CO2/kg	kg CO2/m ²	kg SO2/kg	kg SO2/m ²	kg/m ³	-
1	Nutzholz (525 kg/m ³ - zB Lärche) - gehobelt, techn.	ab BG 1	0,0200	0	50	0,59	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	3,94	4,144	-1,582	-1,661	0,001411	0,0148	525,0	1,000
2.0	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, t	ab BG 1	0,0500	0	50	-0,07	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	2,51	4,64	-1,499	-2,77	0,000944	0,0017	475,0	0,077
2.1	Luftschichtstehend, Wärmefluss horizontal 45 <	Nicht ber	0,0500	0	0	0,00	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	0,00	0,00	0,000	0,00	0,000000	0,0000	1,2	0,922
3	Lehmputz getrocknet	ab BG 0	0,0300	0	35	5,37	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	1,49	76,05	0,092	4,70	0,000301	0,0153	1,700	1,000
4	SonnenKlee Baustrohballen	ab BG 0	0,3600	0	50	-2,54	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	0,80	30,28	-1,245	-47,09	0,000852	0,0322	105,0	1,000
5	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - gehobel	ab BG 0	0,1000	0	100	2,42	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	3,58	170,42	-1,438	-68,32	0,001283	0,0609	475,0	1,000

Ausstattungen:

Nr.	Bezeichnung	Öko	Menge	Alter	Lebensd	Δ OI3	Quelle kurz	Quelle lang	PEine	PEine	GWP100 Prozess	GWP100 C-Gehalt	GWP100 Summe
		berück.	kn/m ²	a	a	Pkt/m ²			MJ/m ²	MJ/m ²	kn CO2/m ²	kn CO2/m ²	kn CO2/m ²
vorhanden	0,560	148,7	baubook	-30	5,77	322,86	-130,10	0,12	1,21				

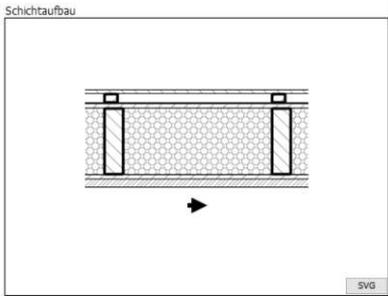
Kapitel 5.2 AW V2

AwH Außenwand hinterlüftet Ändern

Bd.Nr. V2 Bezeichnung AW - Vgl. Lopas, vivhouse-i Beschreibung

Schichtaufbau Anteile Unterer Grenzwert U-Wert Dampfdiffusion Schall Speichermasse Lasten ÖKO-Daten Rahmenwerte Gutachten LCA

Nr.	Bezeichnung	Dicke	Breite	Achse	Raumgew	λ	μ berück.	
1	Nutzholz (525 kg/m ³ - zB Lärche) - gehobelt, techn. getrock	0,0200			525	0,130	20	N
2.0	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, technisc	0,0500	V	0,070	0,900	475	0,120	20
2.1	Luftschicht stehend, Wärmefluss horizontal 35 < d <= 4C	0,0500			1	0,222	1	N
3	Lehmputz getrocknet	0,0050			1,700	0,810	10	J
4	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, technisc	0,0230			475	0,120	20	J
5.0	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - gehobelt, tech	0,3600	V	0,100	0,900	475	0,120	20
5.1	SonnenKlee Baustrohballen	0,3600			105	0,050	2	J
6	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, technisc	0,0230			475	0,120	20	J
7	Lehmputz getrocknet	0,0450			1,700	0,810	10	J



d	m'	Dampf Diffusion	Rw Schall	U
m	kg/m ²		dB	W/m ² K
vorhanden	0,526	171,9	OK	0,143
erforderlich			± 43	± 0,35

d	m'	Speichermasse innen	Speichermasse außen	R' _T	R'' _T	Rw Schall	L'nT,w Schall	U
m ²	kg/m ²	kg/m ²	kg/m ²	m ² K/W	m ² K/W	dB	dB	W/m ² K
vorhanden	0,526	171,9	85,3	30,6	7,022	6,936		0,143
erforderlich							± 43	0,35

Schichtaufbau Anteile Unterer Grenzwert U-Wert Dampfdiffusion Schall Speichermasse Lasten ÖKO-Daten Rahmenwerte Gutachten LCA

Nr.	Bezeichnung	Öko berück.	Dicke	Alter	Lebensd	Δ OI3	Quelle kurz	Quelle lang	PEine	PEine	GWP100	Summe	GWP100	AP	AP	Dichte	Anteil
			m	a	a	Pkt/m ²			MJ/kg	MJ/m ²	kg CO2/kg	kg CO2/m ²	kg SO2/kg	kg SO2/m ²	kg/m ³		
1	Nutzholz (525 kg/m ³ - zB Lärche) - gehobelt, techn.	ab BG 1	0,0200	0	50	0,59	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	3,94	4,144	-1,582	-1,661	0,001411	0,0148	525,0	1,000	
2.0	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, t	ab BG 1	0,0500	0	50	-0,07	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	2,51	4,64	-1,499	-2,77	0,000944	0,0017	475,0	0,077	
2.1	Luftschicht stehend, Wärmefluss horizontal 35 <	Nicht ber	0,0500	0	0	0,00	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	0,00	0,00	0,000	0,00	0,000000	0,0000	1,2	0,922	
3	Lehmputz getrocknet	ab BG 0	0,0050	0	35	0,89	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	1,49	12,67	0,092	0,78	0,000301	0,0025	1,700	1,000	
4	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, t	ab BG 0	0,0230	0	100	-0,44	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	2,51	27,48	-1,499	-16,38	0,000944	0,0103	475,0	1,000	
5.0	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - gehobel	ab BG 0	0,3600	0	100	0,97	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	3,58	68,17	-1,438	-27,33	0,001283	0,0243	475,0	0,111	
5.1	SonnenKlee Baustrohballen	ab BG 0	0,3600	0	50	-2,26	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	0,80	26,92	-1,245	-41,85	0,000852	0,0286	105,0	0,888	
6	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, t	ab BG 0	0,0230	0	100	-0,44	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	2,51	27,48	-1,499	-16,38	0,000944	0,0103	475,0	1,000	
7	Lehmputz getrocknet	ab BG 0	0,0450	0	35	8,05	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	1,49	114,08	0,092	7,05	0,000301	0,0230	1,700	1,000	

Ausstattungen:

Nr.	Bezeichnung	Öko	Menge	Alter	Lebensd	Δ OI3	Quelle kurz	Quelle lang	PEine	PEine	GWP100	Prozess	GWP100	AP	AP	Dichte	Anteil
		berück	kn/m ²	a	a	Pkt/m ²			MJ/m ²	MJ/m ²	kg CO2/m ²	kg CO2/m ²	kg SO2/m ²	kg SO2/m ²	kg/m ³		
vorhanden	0,526	171,9	baubook	-29	7,29	322,91	-113,51	0,11	1,14								

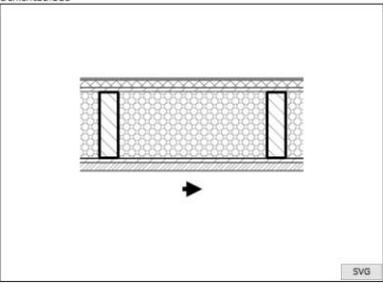
Kapitel 5.2 AW V2b

AW Außenwand Ändern

Bd.Nr. Bezeichnung
 Beschreibung
 überdämmt

Schichtaufbau Anteile Untere Grenzwert U-Wert Dampfdiffusion Schall Speichermasse Lasten ÖKO-Daten Rahmenwerte Gutachten LCA

Nr.	Bezeichnung	Dicke	Breite	Achse	Raumgew	λ	μ berück.	
1	RÖFIX Silikatputz	0,0100			1.800	0,700	30 J	
2	AGEPAN® THD N+F	0,0400			230	0,052	3 J	
3	Nutzholz (475 kg/m³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, technisc	0,0230			475	0,120	20 J	
4.0	Nutzholz (475 kg/m³ - zB Fichte/Tanne) - gehobelt, tech	0,3600	V	0,100	0,900	475	0,120	20 J
4.1	SonnenKlee Baustrohballen	0,3600			105	0,050	2 J	
5	Nutzholz (475 kg/m³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, technisc	0,0230			475	0,120	20 J	
6	Lehmputz getrocknet	0,0450			1.700	0,810	10 J	



d	m'	Dampf Diffusion	Rw Schall	U
m	kg/m²		dB	W/m²K
vorhanden	0,501	178,2	OK	0,130
erforderlich			± 43	± 0,35

d	m'	Speichermasse innen	Speichermasse außen	R' _T	R'' _T	Rw Schall	L'nT,w Schall	U
m²	kg/m²	kg/m²	kg/m²	m²K/W	m²K/W	dB	dB	W/m²K
vorhanden	0,501	178,2	85,3	32,6	7,768	7,623		0,130
erforderlich							± 43	0,35

Schichtaufbau Anteile Untere Grenzwert U-Wert Dampfdiffusion Schall Speichermasse Lasten ÖKO-Daten Rahmenwerte Gutachten LCA

Nr.	Bezeichnung	Öko berück.	Dicke	Alter	Lebensd	Δ OI3	Quelle kurz	Quelle lang	PEine	PEine	GWP100 Summe	GWP100	AP	AP	Dichte	Anteil
			m	a	a	a	Pkt/m²		MJ/kg	MJ/m²	kg CO2/kg	kg CO2/m²	kg SO2/kg	kg SO2/m²	kg/m³	-
1	RÖFIX Silikatputz	ab BG 0	0,0100	0	35	15,12	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	1140	20529	0,531	9,56	0,002785	0,0501	1.8000	1,000
2	AGEPAN® THD N+F	ab BG 0	0,0400	0	50	8,09	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	1439	13243	-0,804	-7,39	0,004000	0,0368	2300	1,000
3	Nutzholz (475 kg/m³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, t	ab BG 0	0,0230	0	100	-0,44	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	2,51	27,48	-1,499	-16,38	0,000944	0,0103	4750	1,000
4.0	Nutzholz (475 kg/m³ - zB Fichte/Tanne) - gehobelt	ab BG 0	0,3600	0	100	0,97	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	3,58	68,17	-1,438	-27,33	0,001283	0,0243	4750	0,111
4.1	SonnenKlee Baustrohballen	ab BG 0	0,3600	0	50	-2,26	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	0,80	26,92	-1,245	-41,85	0,000852	0,0286	1050	0,888
5	Nutzholz (475 kg/m³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, t	ab BG 0	0,0230	0	100	-0,44	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	2,51	27,48	-1,499	-16,38	0,000944	0,0103	4750	1,000
6	Lehmputz getrocknet	ab BG 0	0,0450	0	35	8,05	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	1,49	114,08	0,092	7,05	0,000301	0,0230	1.7000	1,000

Ausstattungen:

Nr.	Bezeichnung	Öko berück.	Menge	Alter	Lebensd	Δ OI3	Quelle kurz	Quelle lang	PEine	PEine	GWP100 Prozess	GWP100 C-Gehalt	GWP100 Summe
			kn/m²	a	a	a	Pkt/m²		MJ/m²	MJ/m²	kg CO2/kg	kg CO2/kg	kg CO2/kg
		OI3	OI3 KON	Δ OI3	PEI	GWP	AP	EI KON					
		m	kg/m²	Pkt/m²	Pkt/m²	MJ/m²	kg CO2/m²	kg SO2/m²	Pkt/m²				
vorhanden	0,501	178,2	baubook	-7	29,09	601,88	-92,74	0,18	1,43				

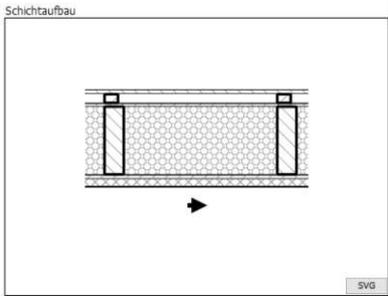
Kapitel 5.2 AW V3

AwH Außenwand hinterlüftet Ändern

Bd.Nr. Bezeichnung
 Beschreibung

Schichtaufbau Anteile Untere Grenzwert U-Wert Dampfdiffusion Schall Speichermasse Lasten ÖKO-Daten Rahmenwerte Gutachten LCA

Nr.	Bezeichnung	Dicke	Breite	Achse	Raumgew	λ	μ berück.	
1	Nutzholz (525 kg/m ³ - zB Lärche) - gehobelt, techn. getrock	0,0200			525	0,130	20	N
2.0	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, technisc	0,0500	V	0,070	475	0,120	20	N
2.1	Luftschichtstehend, Wärmefluss horizontal 45 < d <= 50	0,0500			1	0,278	1	N
3	MDF-Platten mitteldichte Faserplatte (600 kg/m ³)	0,0150			600	0,120	12	J
4.0	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - gehobelt, tech	0,3600	V	0,100	475	0,120	20	J
4.1	SonnenKlee Baustrohballen	0,3600			105	0,050	2	J
5	AGEPAN® OSB/3 PUR	0,0200			600	0,130	250	J
6	AGEPAN® THD N+F	0,0400			230	0,052	3	J
7	Lehmputz getrocknet	0,0050			1.700	0,810	10	J



d	m'	Dampf Diffusion	Rw Schall	U
m	kg/m ²		dB	W/m ² K
vorhanden	0,510	103,7	OK	0,131
erforderlich			≥ 43	≥ 0,35

d	m'	Speichermasse innen	Speichermasse außen	R' _T	R'' _T	Rw Schall	L'nT,w Schall	U
m ²	kg/m ²	kg/m ²	kg/m ²	m ² K/W	m ² K/W	dB	dB	W/m ² K
vorhanden	0,510	103,7	24,7	23,2	7,683	7,545		0,131
erforderlich							≥ 43	0,35

Schichtaufbau Anteile Untere Grenzwert U-Wert Dampfdiffusion Schall Speichermasse Lasten ÖKO-Daten Rahmenwerte Gutachten LCA

Nr.	Bezeichnung	Öko berück.	Dicke	Alter	Lebensd	Δ OI3	Quelle kurz	Quelle lang	PEine	PEine	GWP100 Summe	GWP100	AP	AP	Dichte	Anteil
			m	a	a	Pkt/m ²			MJ/kg	MJ/m ²	kg CO2/kg	kg CO2/m ²	kg SO2/kg	kg SO2/m ²	kg/m ³	
1	Nutzholz (525 kg/m ³ - zB Lärche) - gehobelt, techn.	ab BG 1	0,0200	0	50	0,59	baubook	baubook_datens_20210913_V2_	3,94	4,144	-1,582	-1,661	0,001411	0,0148	525,0	1,000
2.0	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, t	ab BG 1	0,0500	0	50	-0,07	baubook	baubook_datens_20210913_V2_	2,51	4,64	-1,499	-2,77	0,000944	0,0017	475,0	0,077
2.1	Luftschichtstehend, Wärmefluss horizontal 45 <	Nicht ber	0,0500	0	0	0,00	baubook	baubook_datens_20210913_V2_	0,00	0,00	0,000	0,00	0,000000	0,0000	1,2	0,922
3	MDF-Platten mitteldichte Faserplatte (600 kg/m ³)	ab BG 0	0,0150	0	50	6,75	baubook	baubook_datens_20210913_V2_	11,14	100,29	-1,035	-9,31	0,004132	0,0371	600,0	1,000
4.0	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - gehobel	ab BG 0	0,3600	0	100	0,97	baubook	baubook_datens_20210913_V2_	3,58	68,17	-1,438	-27,33	0,001283	0,0243	475,0	0,111
4.1	SonnenKlee Baustrohballen	ab BG 0	0,3600	0	50	-2,26	baubook	baubook_datens_20210913_V2_	0,80	26,92	-1,245	-41,85	0,000852	0,0286	105,0	0,888
5	AGEPAN® OSB/3 PUR	ab BG 0	0,0200	0	50	4,47	baubook	baubook_datens_20210913_V2_	8,55	102,67	-1,151	-13,81	0,002096	0,0251	600,0	1,000
6	AGEPAN® THD N+F	ab BG 0	0,0400	0	50	8,09	baubook	baubook_datens_20210913_V2_	14,39	132,43	-0,804	-7,39	0,004000	0,0368	230,0	1,000
7	Lehmputz getrocknet	ab BG 0	0,0050	0	35	0,89	baubook	baubook_datens_20210913_V2_	1,49	12,67	0,092	0,78	0,000301	0,0025	1.700,0	1,000

Ausstattungen:

Nr.	Bezeichnung	Öko	Menge	Alter	Lebensd	Δ OI3	Quelle kurz	Quelle lang	PEine	PEine	GWP100 Prozess	GWP100 C-Gehalt	GWP100 Summe
		berück	kn/m ²	a	a	Pkt/m ²			MJ/m ²	MJ/m ²	kg CO2/m ²	kg CO2/m ²	kg CO2/m ²
vorhanden	0,510	103,7	baubook	-16	19,43	489,26	-118,32	0,17	1,39				

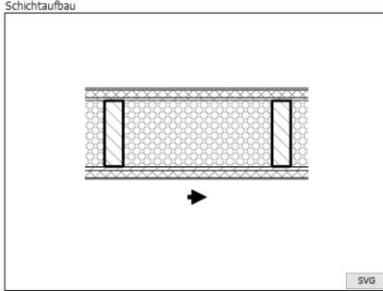
Kapitel 5.2 AW V3b

AW Außenwand Ändern

Bd.Nr. V3b Bezeichnung AW - Vgl. StrohSolSan Beschreibung überdämmt

Schichtaufbau Anteile Untere Grenzwert U-Wert Dampfdiffusion Schall Speichermasse Lasten ÖKO-Daten Rahmenwerte Gutachten LCA

Nr.	Bezeichnung	Dicke	Breite	Achse	Raumgew	λ	μ berück.	
1	RÖFIX Silikatputz	0,0100			1.800	0,700	30 J	
2	AGEPAN® THD N+F	0,0400			230	0,052	3 J	
3	MDF-Platten mitteldichte Faserplatte (600 kg/m³)	0,0150			600	0,120	12 J	
4.0	Nutzholz (475 kg/m³ - zB Fichte/Tanne) - gehobelt, tech	0,3600	V	0,100	0,900	475	0,120	20 J
4.1	SonnenKlee Baustrohballen	0,3600			105	0,050	2 J	
5	AGEPAN® OSB/3 PUR	0,0200			600	0,130	250 J	
6	AGEPAN® THD N+F	0,0400			230	0,052	3 J	
7	Lehmputz getrocknet	0,0050			1.700	0,810	10 J	



d	m'	Dampf Diffusion	Rw Schall	U
m	kg/m²		dB	W/m²K
vorhanden	0,490	118,5	OK	0,120
erforderlich			± 43	± 0,35

d	m'	Speichermasse innen	Speichermasse außen	R' _T	R'' _T	Rw Schall	L'nT,w Schall	U
m²	kg/m²	kg/m²	kg/m²	m²K/W	m²K/W	dB	dB	W/m²K
vorhanden	0,490	118,5	24,7	32,8	8,422	8,239		0,120
erforderlich							± 43	0,35

Schichtaufbau Anteile Untere Grenzwert U-Wert Dampfdiffusion Schall Speichermasse Lasten ÖKO-Daten Rahmenwerte Gutachten LCA

Nr.	Bezeichnung	Öko berück.	Dicke	Alter	Lebensd	$\Delta OI3$	Quelle kurz	Quelle lang	PEine	PEine	GWP100 Summe	GWP100	AP	AP	Dichte	Anteil
			m	a	a	Pkt/m²			MJ/kg	MJ/m²	kg CO2/kg	kg CO2/m²	kg SO2/kg	kg SO2/m²	kg/m³	%
1	RÖFIX Silikatputz	ab BG 0	0,0100	0	35	15,12	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	1140	20529	0,531	9,56	0,002785	0,0501	1.8000	1,000
2	AGEPAN® THD N+F	ab BG 0	0,0400	0	50	8,09	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	1439	13243	-0,804	-7,39	0,004000	0,0368	2300	1,000
3	MDF-Platten mitteldichte Faserplatte (600 kg/m³)	ab BG 0	0,0150	0	50	6,75	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	11,14	10029	-1,035	-9,31	0,004132	0,0371	6000	1,000
4.0	Nutzholz (475 kg/m³ - zB Fichte/Tanne) - gehobelt	ab BG 0	0,3600	0	100	0,97	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	3,58	68,17	-1,438	-27,33	0,001283	0,0243	4750	0,111
4.1	SonnenKlee Baustrohballen	ab BG 0	0,3600	0	50	-2,26	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	0,80	2692	-1,245	-41,85	0,000852	0,0286	1050	0,888
5	AGEPAN® OSB/3 PUR	ab BG 0	0,0200	0	50	4,47	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	8,55	10267	-1,151	-13,81	0,002096	0,0251	6000	1,000
6	AGEPAN® THD N+F	ab BG 0	0,0400	0	50	8,09	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	1439	13243	-0,804	-7,39	0,004000	0,0368	2300	1,000
7	Lehmputz getrocknet	ab BG 0	0,0050	0	35	0,89	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	1,49	12,67	0,092	0,78	0,000301	0,0025	1.7000	1,000

Ausstattungen:

Nr.	Bezeichnung	Öko berück.	Menge	Alter	Lebensd	$\Delta OI3$	Quelle kurz	Quelle lang	PEine	PEine	GWP100 Prozess	GWP100 C-Gehalt	AP	EI KON
			kn/m²	a	a	Pkt/m²			MJ/m²	MJ/m²	kg CO2/m²	kg CO2/m²	Pkt/m²	
vorhanden			baubook	5		42,12	780,91	-96,77	0,24	1,70				

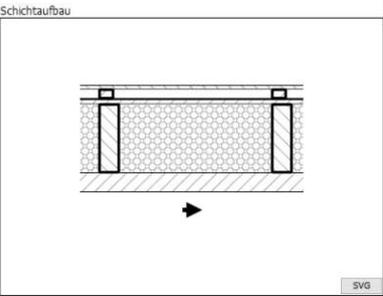
Kapitel 5.2 AW V1 + 2

AwH Außenwand hinterlüftet Ändern

Bd.Nr. Bezeichnung
 Beschreibung

Schichtaufbau Anteile Untere Grenzwert U-Wert Dampfdiffusion Schall Speichermasse Lasten OKO-Daten Rahmenwerte Gutachten LCA

Nr.	Bezeichnung	Dicke	Breite	Achse	Raumgew	λ	μ berück.	
1	Nutzholz (525 kg/m ³ - zB Lärche) - gehobelt, techn. getrock	0,0200			525	0,130	20	N
2.0	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, technisc	0,0500	V	0,070	0,900	475	0,120	20
2.1	Luftschichtstehend, Wärmefluss horizontal 35 < d <= 4C	0,0500			1	0,222	1	N
3	Lehmputz getrocknet	0,0050			1,700	0,810	10	J
4	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, technisc	0,0230			475	0,120	20	J
5.0	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - gehobelt, tech	0,3600	V	0,100	0,900	475	0,120	20
5.1	SonnenKlee Baustrohballen	0,3600			105	0,050	2	J
6	MM crosslam (Brettsper Holz) Fichte	0,1000			475	0,120	60	J



d	m'	Dampf Diffusion	Rw Schall	U
m	kg/m ²		dB	W/m ² K
vorhanden	0,558	131,9	OK	0,132
erforderlich			± 43	± 0,35

d	m'	Speichermasse innen	Speichermasse außen	R' _T	R'' _T	Rw Schall	L'nT,w Schall	U
m ²	kg/m ²	kg/m ²	kg/m ²	m ² K/W	m ² K/W	dB	dB	W/m ² K
vorhanden	0,558	131,9	35,3	7,658	7,522			0,132
erforderlich						± 43		0,35

Schichtaufbau Anteile Untere Grenzwert U-Wert Dampfdiffusion Schall Speichermasse Lasten OKO-Daten Rahmenwerte Gutachten LCA

Nr.	Bezeichnung	Öko berück.	Dicke	Alter	Lebensd	Δ IO3	Quelle kurz	Quelle lang	PEine	PEine	GWP100	Summe	AP	AP	Dichte	Anteil
			m	a	a	Pkt/m ²			MJ/kg	MJ/m ²	kg CO2/kg	kg CO2/m ²	kg SO2/kg	kg SO2/m ²	kg/m ³	-
1	Nutzholz (525 kg/m ³ - zB Lärche) - gehobelt, techn.	ab BG 1	0,0200	0	50	0,59	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	3,94	4,144	-1,582	-1,661	0,001411	0,0148	525,0	1,000
2.0	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, t	ab BG 1	0,0500	0	50	-0,07	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	2,51	4,64	-1,499	-2,77	0,000944	0,0017	475,0	0,077
2.1	Luftschichtstehend, Wärmefluss horizontal 35 <	Nicht ber	0,0500	0	0	0,00	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	0,00	0,00	0,000	0,00	0,000000	0,0000	1,2	0,922
3	Lehmputz getrocknet	ab BG 0	0,0050	0	35	0,89	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	1,49	12,67	0,092	0,78	0,000301	0,0025	1,700	1,000
4	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, t	ab BG 0	0,0230	0	100	-0,44	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	2,51	27,48	-1,499	-16,38	0,000944	0,0103	475,0	1,000
5.0	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - gehobel	ab BG 0	0,3600	0	100	0,97	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	3,58	68,17	-1,438	-27,33	0,001283	0,0243	475,0	0,111
5.1	SonnenKlee Baustrohballen	ab BG 0	0,3600	0	50	-2,26	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	0,80	26,92	-1,245	-41,85	0,000852	0,0286	105,0	0,888
6	MM crosslam (Brettsper Holz) Fichte	ab BG 0	0,1000	0	100	17,41	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	7,46	354,52	-1,103	-52,41	0,002263	0,1074	475,0	1,000

Ausstattungen:

Nr.	Bezeichnung	Öko	Menge	Alter	Lebensd	Δ IO3	Quelle kurz	Quelle lang	PEine	PEine	GWP100	Prozess	GWP100	C-Gehalt	GWP100	Summe
		berück	kn/m ²	a	a	Pkt/m ²			MJ/m ²	MJ/m ²	kg CO2/m ²					
vorhanden	0,558	131,9				baubook	-19	17,09	535,86	-156,58	0,18	1,03				

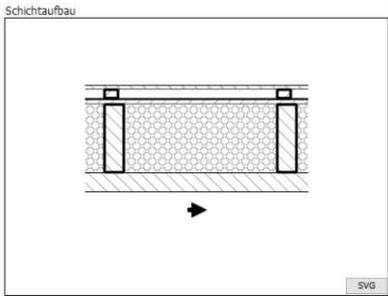
Kapitel 5.2 AW V1 + 2 (Massivholz, einstofflich)

AwH Außenwand hinterlüftet Ändern

Bd.Nr. Bezeichnung
 Beschreibung

Schichtaufbau Anteile Untere Grenzvert U-Wert Dampfdiffusion Schall Speichermasse Lasten ÖKO-Daten Rahmenwerte Gutachten LCA

Nr.	Bezeichnung	Dicke	Breite	Achse	Raumgew	λ	μ berück.
1	Nutzholz (525 kg/m ³ - zB Lärche) - gehobelt, techn. getrock	0,0200			525	0,130	20 N
2.0	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, technisc	0,0500	V	0,070	0,900	475	0,120 20 N
2.1	Luftschriftstehend, Wärmefluss horizontal 35 < d <= 4C	0,0500			1	0,222	1 N
3	Lehmputz getrocknet	0,0050			1,700	0,810	10 J
4	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, technisc	0,0230			475	0,120	20 J
5.0	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - gehobelt, tech	0,3600	V	0,100	0,900	475	0,120 20 J
5.1	SonnenKlee Baustrohballen	0,3600			105	0,050	2 J
6	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - gehobelt, tech	0,1000			475	0,120	20 J



d	m'	Dampf Diffusion	Rw Schall	U
m	kg/m ²		dB	W/m ² K
vorhanden	0,558	131,9	OK	0,132
erforderlich			± 43	± 0,35

d	m'	Speichermasse innen	Speichermasse außen	R' _T	R'' _T	Rw Schall	L'nT,w Schall	U
m ²	kg/m ²	kg/m ²	kg/m ²	m ² K/W	m ² K/W	dB	dB	W/m ² K
vorhanden	0,558	131,9	35,3	7,658	7,522			0,132
erforderlich						± 43		0,35

Schichtaufbau Anteile Untere Grenzvert U-Wert Dampfdiffusion Schall Speichermasse Lasten ÖKO-Daten Rahmenwerte Gutachten LCA

Nr.	Bezeichnung	Öko berück.	Dicke	Alter	Lebensd	ΔIO3	Quelle kurz	Quelle lang	PEine	PEine	GWP100 Summe	GWP100	AP	AP	Dichte	Anteil
			m	a	a	Pkt/m ²			MJ/kg	MJ/m ²	kg CO2/kg	kg CO2/m ²	kg SO2/kg	kg SO2/m ²	kg/m ³	%
1	Nutzholz (525 kg/m ³ - zB Lärche) - gehobelt, techn.	ab BG 1	0,0200	0	50	0,59	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	3,94	4,144	-1,582	-1,661	0,001411	0,0148	525,0	1,000
2.0	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, t	ab BG 1	0,0500	0	50	-0,07	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	2,51	4,64	-1,499	-2,77	0,000944	0,0017	475,0	0,077
2.1	Luftschriftstehend, Wärmefluss horizontal 35 < d <= 4C	Nicht ber	0,0500	0	0	0,00	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	0,00	0,00	0,000	0,00	0,000000	0,0000	1,2	0,922
3	Lehmputz getrocknet	ab BG 0	0,0050	0	35	0,89	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	1,49	12,67	0,092	0,78	0,000301	0,0025	1,700	1,000
4	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, t	ab BG 0	0,0230	0	100	-0,44	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	2,51	27,48	-1,499	-16,38	0,000944	0,0103	475,0	1,000
5.0	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - gehobelt	ab BG 0	0,3600	0	100	0,97	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	3,58	68,17	-1,438	-27,33	0,001283	0,0243	475,0	0,111
5.1	SonnenKlee Baustrohballen	ab BG 0	0,3600	0	50	-2,26	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	0,80	26,92	-1,245	-41,85	0,000852	0,0286	105,0	0,888
6	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - gehobelt	ab BG 0	0,1000	0	100	2,42	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	3,58	170,42	-1,438	-68,32	0,001283	0,0609	475,0	1,000

Ausstattungen:

Nr.	Bezeichnung	Öko	Menge	Alter	Lebensd	ΔIO3	Quelle kurz	Quelle lang	PEine	PEine	GWP100 Prozess	GWP100 C-Gehalt	GWP100 Summe
		berück.	kn/m ²	a	a	Pkt/m ²			MJ/m ²	MJ/m ²	kn CO2/m ²	kn CO2/m ²	kn CO2/m ²
vorhanden	0,558	131,9	baubook	-34	2,10	351,77	-172,50	0,14	1,03				

Kapitel 5.2 AW V1 + 2b

AW Außenwand Ändern

Bd.Nr. Bezeichnung
 V1+2b AW - Massiv+
 Beschreibung
 Brettsperholz; überdämmt

Schichtaufbau Anteile Untere Grenzwert U-Wert Dampfdiffusion Schall Speichermasse Lasten ÖKO-Daten Rahmenwerte Gutachten LCA

Nr.	Bezeichnung	Dicke	Breite	Achse	Raumgew	λ	μ berück.	
1	RÖFIX Silikatputz	0,0100			1.800	0,700	30 J	
2	AGEPAN® THD N+F	0,0400			230	0,052	3 J	
3	Nutzholz (475 kg/m³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, technisc	0,0230			475	0,120	20 J	
4.0	Nutzholz (475 kg/m³ - zB Fichte/Tanne) - gehobelt, tech	0,3600	V	0,100	0,900	475	0,120	20 J
4.1	SonnenKlee Baustrohballen	0,3600			105	0,050	2 J	
5	MM crosslam (Brettsperholz) Fichte	0,1000			475	0,120	60 J	

d	m'	Dampf Diffusion	Rw Schall	U
m	kg/m²		dB	W/m²K
vorhanden	0,533	138,2	OK	0,120
erforderlich			± 43	± 0,35

d	m'	Speichermasse innen	Speichermasse außen	R' _T	R'' _T	Rw Schall	L'nT,w Schall	U
m²	kg/m²	kg/m²	kg/m²	m²K/W	m²K/W	dB	dB	W/m²K
vorhanden	0,533	138,2	35,4	32,7	8,391	8,209		0,120
erforderlich							± 43	0,35

Schichtaufbau Anteile Untere Grenzwert U-Wert Dampfdiffusion Schall Speichermasse Lasten ÖKO-Daten Rahmenwerte Gutachten LCA

Nr.	Bezeichnung	Öko berück.	Dicke	Alter	Lebensd	Δ OI3	Quelle kurz	Quelle lang	PEine	PEine	GWP100 Summe	GWP100	AP	AP	Dichte	Anteil
			m	a	a	Pkt/m²			MJ/kg	MJ/m²	kg CO2/kg	kg CO2/m²	kg SO2/kg	kg SO2/m²	kg/m³	%
1	RÖFIX Silikatputz	ab BG 0	0,0100	0	35	15,12	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	1140	20529	0,531	9,56	0,002785	0,0501	1.8000	1,000
2	AGEPAN® THD N+F	ab BG 0	0,0400	0	50	8,09	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	1439	13243	-0,804	-7,39	0,004000	0,0368	2300	1,000
3	Nutzholz (475 kg/m³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, t	ab BG 0	0,0230	0	100	-0,44	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	2,51	27,48	-1,499	-16,38	0,000944	0,0103	4750	1,000
4.0	Nutzholz (475 kg/m³ - zB Fichte/Tanne) - gehobelt	ab BG 0	0,3600	0	100	0,97	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	3,58	68,17	-1,438	-27,33	0,001283	0,0243	4750	0,111
4.1	SonnenKlee Baustrohballen	ab BG 0	0,3600	0	50	-2,26	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	0,80	26,92	-1,245	-41,85	0,000852	0,0286	1050	0,888
5	MM crosslam (Brettsperholz) Fichte	ab BG 0	0,1000	0	100	17,41	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	7,46	354,52	-1,103	-52,41	0,002263	0,1074	4750	1,000

Ausstattungen:

Nr.	Bezeichnung	Öko berück.	Menge	Alter	Lebensd	Δ OI3	Quelle kurz	Quelle lang	PEine	PEine	GWP100 Prozess	GWP100 C-Gehalt	GWP100 Summe
			kn/m²	a	a	Pkt/m²			MJ/m²	MJ/m²	kn CO2/m²	kn CO2/m²	kn CO2/m²
vorhanden	0,533	138,2	baubook	2	38,89	814,83	-135,82	0,25	1,32				

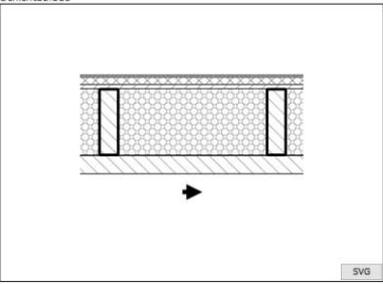
Kapitel 5.2 AW V1 + 2b (Massivholz, einstofflich)

AW Außenwand Ändern

Bd.Nr. Bezeichnung
 Beschreibung

Schichtaufbau Anteile Untere Grenzwert U-Wert Dampfdiffusion Schall Speichermasse Lasten ÖKO-Daten Rahmenwerte Gutachten LCA

Nr.	Bezeichnung	Dicke	Breite	Achse	Raumgew	λ	μ berück.	
1	RÖFIX Silikatputz	0,0100			1.800	0,700	30 J	
2	AGEPAN® THD N+F	0,0400			230	0,052	3 J	
3	Nutzholz (475 kg/m³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, technisc	0,0230			475	0,120	20 J	
4.0	Nutzholz (475 kg/m³ - zB Fichte/Tanne) - gehobelt, tech	0,3600	V	0,100	0,900	475	0,120	20 J
4.1	SonnenKlee Baustrohballen	0,3600			105	0,050	2 J	
5	Nutzholz (475 kg/m³ - zB Fichte/Tanne) - gehobelt, tech	0,1000			475	0,120	20 J	



d	m'	Dampf Diffusion	Rw Schall	U
m	kg/m²		dB	W/m²K
vorhanden	0,533	138,2	OK	0,120
erforderlich			± 43	± 0,35

d	m'	Speichermasse innen	Speichermasse außen	R' _T	R'' _T	Rw Schall	L'nT,w Schall	U
m²	kg/m²	kg/m²	kg/m²	m²K/W	m²K/W	dB	dB	W/m²K
vorhanden	0,533	138,2	35,4	32,7	8,391	8,209		0,120
erforderlich							± 43	± 0,35

Schichtaufbau Anteile Untere Grenzwert U-Wert Dampfdiffusion Schall Speichermasse Lasten ÖKO-Daten Rahmenwerte Gutachten LCA

Nr.	Bezeichnung	Öko berück.	Dicke	Alter	Lebensd	Δ OI3	Quelle kurz	Quelle lang	PEine	PEine	GWP100 Summe	GWP100	AP	AP	Dichte	Anteil
			m	a	a	a	Pkt/m²		MJ/kg	MJ/m²	kg CO2/kg	kg CO2/m²	kg SO2/kg	kg SO2/m²	kg/m³	%
1	RÖFIX Silikatputz	ab BG 0	0,0100	0	35	1512	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	1140	20529	0,531	9,56	0,002785	0,0501	1.8000	1,000
2	AGEPAN® THD N+F	ab BG 0	0,0400	0	50	8,09	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	1439	13243	-0,804	-7,39	0,004000	0,0368	2300	1,000
3	Nutzholz (475 kg/m³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, t	ab BG 0	0,0230	0	100	-0,44	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	2,51	27,48	-1,499	-16,38	0,000944	0,0103	4750	1,000
4.0	Nutzholz (475 kg/m³ - zB Fichte/Tanne) - gehobelt	ab BG 0	0,3600	0	100	0,97	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	3,58	68,17	-1,438	-27,33	0,001283	0,0243	4750	0,111
4.1	SonnenKlee Baustrohballen	ab BG 0	0,3600	0	50	-2,26	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	0,80	26,92	-1,245	-41,85	0,000852	0,0286	1050	0,888
5	Nutzholz (475 kg/m³ - zB Fichte/Tanne) - gehobelt	ab BG 0	0,1000	0	100	2,42	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	3,58	17042	-1,438	-68,32	0,001283	0,0609	4750	1,000

Ausstattungen:

Nr.	Bezeichnung	Öko berück.	Menge	Alter	Lebensd	Δ OI3	Quelle kurz	Quelle lang	PEine	PEine	GWP100 Prozess	GWP100 C-Gehalt	GWP100 Summe
			kn/m²	a	a	a	Pkt/m²		MJ/m²	MJ/m²	kg CO2/kg	kg CO2/kg	kg CO2/kg
vorhanden	0,533	138,2	baubook			-12	23,90	630,74	-151,74	0,21	1,32		

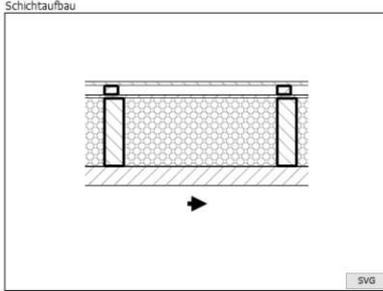
Kapitel 5.2 AW V1 + 3

AwH Außenwand hinterlüftet Ändern

Bd.Nr. Bezeichnung
 Beschreibung

Schichtaufbau Anteile Untere Grenzwert U-Wert Dampfdiffusion Schall Speichermasse Lasten ÖKO-Daten Rahmenwerte Gutachten LCA

Nr.	Bezeichnung	Dicke	Breite	Achse	Raumgew	λ	μ berück.	
1	Nutzholz (525 kg/m ³ - zB Lärche) - gehobelt, techn. getrock	0,0200			525	0,130	20	N
2.0	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, technisc	0,0500	V	0,070	0,900	475	0,120	20
2.1	Luftschichtstehend, Wärmefluss horizontal 45 < d <= 5<	0,0500			1	0,278	1	N
3	MDF-Platten mitteldichte Faserplatte (600 kg/m ³)	0,0150			600	0,120	12	J
4.0	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - gehobelt, tech	0,3600	V	0,100	0,900	475	0,120	20
4.1	SonnenKlee Baustrohballen	0,3600			105	0,050	2	J
5	MM crosslam (Brettsper Holz) Fichte	0,1000			475	0,120	60	J



d	m'	Dampf Diffusion	Rw Schall	U
m	kg/m ²		dB	W/m ² K
vorhanden	0,545	121,5	OK	0,133
erforderlich			± 43	± 0,35

d	m'	Speichermasse innen	Speichermasse außen	R' _T	R'' _T	Rw Schall	L'nT,w Schall	U
m ²	kg/m ²	kg/m ²	kg/m ²	m ² K/W	m ² K/W	dB	dB	W/m ² K
vorhanden	0,545	121,5	35,3	23,2	7,579	7,449		0,133
erforderlich							± 43	0,35

Schichtaufbau Anteile Untere Grenzwert U-Wert Dampfdiffusion Schall Speichermasse Lasten ÖKO-Daten Rahmenwerte Gutachten LCA

Nr.	Bezeichnung	Öko berück.	Dicke	Alter	Lebensd	ΔIO3	Quelle kurz	Quelle lang	PEine	PEine	GWP100	Summe	GWP100	AP	AP	Dichte	Anteil
			m	a	a	Pkt/m ²			MJ/kg	MJ/m ²	kg CO2/kg	kg CO2/m ²	kg CO2/kg	kg SO2/kg	kg SO2/m ²	kg/m ³	
1	Nutzholz (525 kg/m ³ - zB Lärche) - gehobelt, techn.	ab BG 1	0,0200	0	50	0,59	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	3,94	4,144	-1,582	-1,661	0,001411	0,0148	5250	1,000	
2.0	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, t	ab BG 1	0,0500	0	50	-0,07	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	2,51	4,64	-1,499	-2,77	0,000944	0,0017	4750	0,077	
2.1	Luftschichtstehend, Wärmefluss horizontal 45 <	Nicht ber	0,0500	0	0	0,00	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	0,00	0,00	0,000	0,00	0,000000	0,0000	1,2	0,922	
3	MDF-Platten mitteldichte Faserplatte (600 kg/m ³)	ab BG 0	0,0150	0	50	6,75	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	11,14	100,29	-1,035	-9,31	0,004132	0,0371	6000	1,000	
4.0	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - gehobel	ab BG 0	0,3600	0	100	0,97	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	3,58	68,17	-1,438	-27,33	0,001283	0,0243	4750	0,111	
4.1	SonnenKlee Baustrohballen	ab BG 0	0,3600	0	50	-2,26	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	0,80	26,92	-1,245	-41,85	0,000852	0,0286	1050	0,888	
5	MM crosslam (Brettsper Holz) Fichte	ab BG 0	0,1000	0	100	17,41	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	7,46	354,52	-1,103	-52,41	0,002263	0,1074	4750	1,000	

Ausstattungen:

Nr.	Bezeichnung	Öko berück.	Menge	Alter	Lebensd	ΔIO3	Quelle kurz	Quelle lang	PEine	PEine	GWP100	Prozess	GWP100	C-Gehalt	GWP100	Summe
			kn/m ²	a	a	Pkt/m ²			MJ/m ²	MJ/m ²	kg CO2/m ²					
vorhanden	0,545	121,5	baubook	-12	23,39	595,99	-150,30	0,21	1,07							

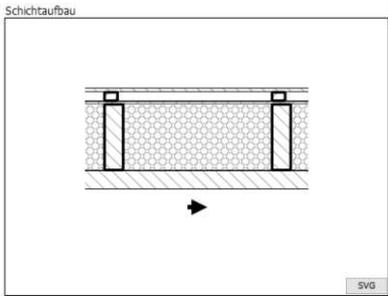
Kapitel 5.2 AW V1 + 3 (Massivholz, einstofflich)

AwH Außenwand hinterlüftet Ändern

Bd.Nr. V1.+3 Bezeichnung AW - Massiv + vivhouse-e
 Beschreibung Massivholzplatte, einstofflich

Schichtaufbau Anteile Untere Grenzwert U-Wert Dampfdiffusion Schall Speichermasse Lasten ÖKO-Daten Rahmenwerte Gutachten LCA

Nr.	Bezeichnung	Dicke	Breite	Achse	Raumgew	λ	μ berück.	
1	Nutzholz (525 kg/m ³ - zB Lärche) - gehobelt, techn. getrock	0,0200			525	0,130	20	N
2.0	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, technisc	0,0500	V	0,070	0,900	475	0,120	20
2.1	Luftschicht stehend, Wärmefluss horizontal 45 < d <= 50	0,0500			1	0,278	1	N
3	MDF-Platten mitteldichte Faserplatte (600 kg/m ³)	0,0150			600	0,120	12	J
4.0	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - gehobelt, tech	0,3600	V	0,100	0,900	475	0,120	20
4.1	SonnenKlee Baustrohballen	0,3600			105	0,050	2	J
5	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - gehobelt, tech	0,1000			475	0,120	20	J



d	m'	Dampf Diffusion	Rw Schall	U
m	kg/m ²		dB	W/m ² K
vorhanden	0,545	121,5	OK	0,133
erforderlich			± 43	± 0,35

d	m'	Speichermasse innen	Speichermasse außen	R' _T	R'' _T	Rw Schall	L'nT,w Schall	U
m	kg/m ²	kg/m ²	kg/m ²	m ² K/W	m ² K/W	dB	dB	W/m ² K
vorhanden	0,545	121,5	35,3	23,2	7,579	7,449		0,133
erforderlich							± 43	0,35

Schichtaufbau Anteile Untere Grenzwert U-Wert Dampfdiffusion Schall Speichermasse Lasten ÖKO-Daten Rahmenwerte Gutachten LCA

Nr.	Bezeichnung	Öko berück.	Dicke	Alter	Lebensd	$\Delta OI3$	Quelle kurz	Quelle lang	PEine	PEine	GWP100	Summe	GWP100	AP	AP	Dichte	Anteil
			m	a	a	Pkt/m ²			MJ/kg	MJ/m ²	kg CO2/kg	kg CO2/m ²	kg CO2/m ²	kg SO2/kg	kg SO2/m ²	kg/m ³	
1	Nutzholz (525 kg/m ³ - zB Lärche) - gehobelt, techn.	ab BG 1	0,0200	0	50	0,59	baubook	baubook_datan_20210913_V2_	3,94	4,144	-1,582	-16,61	0,001411	0,0148	5250	1,000	
2.0	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, t	ab BG 1	0,0500	0	50	-0,07	baubook	baubook_datan_20210913_V2_	2,51	4,64	-1,499	-2,77	0,000944	0,0017	4750	0,077	
2.1	Luftschicht stehend, Wärmefluss horizontal 45 <	Nicht ber	0,0500	0	0	0,00	baubook	baubook_datan_20210913_V2_	0,00	0,00	0,000	0,00	0,000000	0,0000	1,2	0,922	
3	MDF-Platten mitteldichte Faserplatte (600 kg/m ³)	ab BG 0	0,0150	0	50	6,75	baubook	baubook_datan_20210913_V2_	11,14	100,29	-1,035	-9,31	0,004132	0,0371	6000	1,000	
4.0	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - gehobel	ab BG 0	0,3600	0	100	0,97	baubook	baubook_datan_20210913_V2_	3,58	68,17	-1,438	-27,33	0,001283	0,0243	4750	0,111	
4.1	SonnenKlee Baustrohballen	ab BG 0	0,3600	0	50	-2,26	baubook	baubook_datan_20210913_V2_	0,80	26,92	-1,245	-41,85	0,000852	0,0286	1050	0,888	
5	Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - gehobel	ab BG 0	0,1000	0	100	2,42	baubook	baubook_datan_20210913_V2_	3,58	170,42	-1,438	-68,32	0,001283	0,0609	4750	1,000	

Ausstattungen:

Nr.	Bezeichnung	Öko	Menge	Alter	Lebensd	$\Delta OI3$	Quelle kurz	Quelle lang	PEine	PEine	GWP100	Prozess	GWP100	C-Gehalt	GWP100	Summe
		berück.	kn/m ²	a	a	Pkt/m ²			MJ/m ²	MJ/m ²	kg CO2/m ²	kg CO2/m ²	kg CO2/m ²	kn CO2/m ²	kn CO2/m ²	kn CO2/m ²
vorhanden	0,545	121,5	baubook	-27	8,40	411,90	-166,21	0,16	1,07							

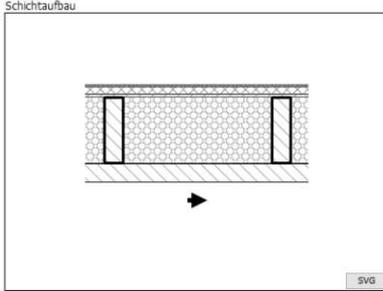
Kapitel 5.2 AW V1 + 3b (Massivholz, einstofflich)

AW Außenwand Ändern

Bd.Nr. V1.3b
 Bezeichnung AW - Massiv + StrohSolSan-e
 Beschreibung Massivholzplatte, einstofflich; überdämmt

Schichtaufbau Anteile Unterer Grenzwert U-Wert Dampfdiffusion Schall Speichermasse Lasten ÖKO-Daten Rahmenwerte Gutachten LCA

Nr.	Bezeichnung	Dicke	Breite	Achse	Raumgew	λ	μ berück.
1	RÖFIX Silikatputz	0,0100			1.800	0,700	30 J
2	AGEPAN® THD N+F	0,0400			230	0,052	3 J
3	MDF-Platten mitteldichte Faserplatte (600 kg/m³)	0,0150			600	0,120	12 J
4.0	Nutzholz (475 kg/m³ - zB Fichte/Tanne) - gehobelt, tech	0,3600	V	0,100	0,900	475	0,120 20 J
4.1	SonnenKlee Baustrohballen	0,3600			105	0,050	2 J
5	Nutzholz (475 kg/m³ - zB Fichte/Tanne) - gehobelt, tech	0,1000			475	0,120	20 J



d	m'	Dampf Diffusion	R _w Schall	U
m	kg/m²		dB	W/m²K
vorhanden	0,525	136,3	OK	0,121
erforderlich			± 43	± 0,35

d	m'	Speichermasse innen	Speichermasse außen	R' _T	R'' _T	R _w Schall	L'nT,w Schall	U
m²	kg/m²	kg/m²	kg/m²	m²K/W	m²K/W	dB	dB	W/m²K
vorhanden	0,525	136,3	35,4	32,9	8,320	8,143		0,121
erforderlich							± 43	0,35

Schichtaufbau Anteile Unterer Grenzwert U-Wert Dampfdiffusion Schall Speichermasse Lasten ÖKO-Daten Rahmenwerte Gutachten LCA

Nr.	Bezeichnung	Öko berück.	Dicke	Alter	Lebensd	Δ OI3	Quelle kurz	Quelle lang	PEine	PEine	GWP100 Summe	GWP100	AP	AP	Dichte	Anteil
			m	a	a	a	Pkt/m²		MJ/kg	MJ/m²	kg CO2/kg	kg CO2/m²	kg SO2/kg	kg SO2/m²	kg/m³	%
1	RÖFIX Silikatputz	ab BG 0	0,0100	0	35	1512	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	1140	20529	0,531	9,56	0,002785	0,0501	1.8000	1,000
2	AGEPAN® THD N+F	ab BG 0	0,0400	0	50	8,09	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	1439	13243	-0,804	-7,39	0,004000	0,0368	2300	1,000
3	MDF-Platten mitteldichte Faserplatte (600 kg/m³)	ab BG 0	0,0150	0	50	6,75	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	11,14	10029	-1,035	-9,31	0,004132	0,0371	6000	1,000
4.0	Nutzholz (475 kg/m³ - zB Fichte/Tanne) - gehobelt	ab BG 0	0,3600	0	100	0,97	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	3,58	68,17	-1,438	-27,33	0,001283	0,0243	4750	0,111
4.1	SonnenKlee Baustrohballen	ab BG 0	0,3600	0	50	-2,26	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	0,80	2692	-1,245	-41,85	0,000852	0,0286	1050	0,888
5	Nutzholz (475 kg/m³ - zB Fichte/Tanne) - gehobelt	ab BG 0	0,1000	0	100	2,42	baubook	baubook_daten_20210913_V2_	3,58	17042	-1,438	-68,32	0,001283	0,0609	4750	1,000

Ausstattungen:

Nr.	Bezeichnung	Öko berück.	Menge	Alter	Lebensd	Δ OI3	Quelle kurz	Quelle lang	PEine	PEine	GWP100 Prozess	GWP100 C-Gehalt	GWP100 Summe
			kn/m²	a	a	a	Pkt/m²		MJ/m²	MJ/m²	kn CO2/kn	kn CO2/kn	kn CO2/kn
vorhanden	0,525	136,3	baubook			-5	31,09	703,54	-144,67	0,23			1,38

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
 The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.